HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

CƠ SỞ KỸ THUẬT MẠNG TRUYỀN THÔNG

(***Bài giảng dùng cho hệ đào tạo Đại học, Cao đẳng khối Kỹ thuật***)

Biên soạn: PGS.TS. Nguyễn Tiến Ban

Hà Nội – 2016

MỤC LỤC

MỤC LỤC 1
DANH MỤC HÌNH VẼ 6
DANH MỤC BẢNG 12
LỜI NÓI ĐẦU 13
CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG 14
1.1 Các loại mạng truyền thông 14
1.1.1 Mạng cục bộ 14
1.1.2 Mạng đô thị 16
1.1.3 Mạng diện rộng 17
1.1.4 Mạng không dây 19
1.1.5 Kết nối liên mạng 21
1.2 Nguyên lí hoạt động chung của mạng truyền thông 22
1.2.1 Sự phân lớp giao thức 22
1.2.2 Thiết kế chức năng cho các lớp 23
1.2.3 Dịch vụ hướng kết nối và phi kết nối 23
1.2.4 Sự tương tác giữa dịch vụ và giao thức 25
1.3 Các mô hình phân lớp mạng 27
1.3.1 Mô hình OSI 27
1.3.2 Mô hình TCP/IP 32
1.3.3 So sánh OSI và TCP/IP 36
1.4 Mạng Internet 36
1.4.1 Sự ra đời và phát triển 36
1.4.2 Các thành phần của mạng 37
1.5 Tổng kết 38
1.6 Câu hỏi ôn tập 39
CHƯƠNG 2. LỚP VẬT LÍ VÀ LIÊN KẾT DỮ LIỆU 40
2.1 Lớp Vật lí 40

2.1.1 Truyền tín hiệu ở lớp Vật lí 40
2.1.2 Đồng bộ và định thời 47
2.1.3 Các giao thức và đặc tả lớp Vật lí.....50
2.2 Lớp Liên kết dữ liệu 53
2.2.1 Các chức năng của lớp liên kết dữ liệu.....53
2.2.2 Phân/tách khung 55
2.2.3 Kiểm soát lỗi.....58
2.2.4 Điều khiển luồng 59
2.2.5 Điều khiển truy nhập đường truyền.....60
2.2.6 Các chuẩn lớp liên kết dữ liệu 65
2.3 Công nghệ Ethernet 67
2.3.1 Giới thiệu 67
2.3.2 Mô hình phân lớp Ethernet 68
2.3.3 Cấu trúc khung Ethernet 69
2.3.4 Quá trình truyền và nhận khung 70
2.3.5 Các chuẩn Ethernet 71
2.4 Công nghệ WLAN và chuẩn 802.11 73
2.4.1 Giới thiệu về công nghệ WLAN.....73
2.4.2 Các thành phần của mạng WLAN 76
2.4.3 Các mô hình WLAN 79
2.4.4 Ưu nhược điểm của WLAN.....82
2.4.5 Các chuẩn WLAN 82
2.4.6 Chuẩn IEEE 802.11 84
2.4.7 Lớp vật lý IEEE 802.11 87
2.4.8 Lớp điều khiển truy nhập môi trường IEEE 802.11 91
2.5 Một số công nghệ lớp liên kết dữ liệu khác 105
2.5.1 Giới thiệu 105
2.5.2 Giao thức PPP.....106
2.6 Tổng kết.....107

2.7 Câu hỏi ôn tập 108
CHƯƠNG 3. LỚP MẠNG 110
3.1 Chức năng và hoạt động của lớp Mạng 110
3.1.1 Kĩ thuật lưu và chuyển gói 110
3.1.2 Thực thi dịch vụ hướng kết nối và phi kết nối 110
3.2 Định tuyến 111
3.2.1 Nguyên lí chung của định tuyến 111
3.2.2 Phân loại kĩ thuật định tuyến 115
3.2.3 Định tuyến tĩnh và định tuyến động 117
3.2.4 Định tuyến vectơ khoảng cách 120
3.2.5 Định tuyến trạng thái liên kết 126
3.2.6 Định tuyến lai ghép 131
3.3 Điều khiển tắc nghẽn 132
3.4 Các giao thức lớp mạng trong Internet 133
3.4.1 Giao thức IP 133
3.4.2 Giao thức ICMP 151
3.4.3 Giao thức ARP và RARP 153
3.4.4 Giao thức định tuyến RIP 156
3.4.5 Giao thức định tuyến OSPF 169
3.4.6 Giao thức định tuyến BGP 183
3.5 IPv6 197
3.5.1 Các đặc tính của IPv6 197
3.5.2 Biểu diễn địa chỉ IPv6 202
3.5.3 Phân loại địa chỉ IPv6 203
3.6 Công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS 212
3.6.1 Nhu cầu phát triển MPLS 212
3.6.2 Nguyên lí hoạt động của MPLS 212
3.6.3 Ứng dụng của MPLS 214
3.7 Tổng kết 215

3.8 Câu hỏi ôn tập....216
CHƯƠNG 4. LỚP GIAO VẬN....218
4.1 Các dịch vụ giao vận....218
4.2 Chức năng lớp giao vận....223
4.2.1 Đánh địa chỉ....223
4.2.2 Thiết lập kết nối....225
4.2.3 Giải phóng kết nối....226
4.2.4 Điều khiển luồng và bộ đệm....230
4.2.5 Khôi phục kết nối....233
4.3 Giao thức TCP....233
4.3.1 Truyền thông tiến trình-tới-tiến trình....234
4.3.2 Phân đoạn TCP....236
4.3.3 Điều khiển luồng (flow control)....238
4.3.4 Điều khiển lỗi....240
4.3.5 Các bộ định thời của TCP....241
4.3.6 Thiết lập và giải phóng kết nối....242
4.4 Giao thức UDP....244
4.4.1 Cổng UDP....244
4.4.2 Định dạng UDP datagram....245
4.4.3 Dịch vụ phi kết nối của UDP....246
4.5 Tổng kết....246
4.6 Câu hỏi ôn tập....246
CHƯƠNG 5. CÁC LỚP TRÊN....248
5.1 Lớp Phiên....248
5.1.1 Các dịch vụ....248
5.1.2 Giao thức....254
5.1.3 Các chuẩn....257
5.2 Lớp trình diễn....257
5.2.1 Các dịch vụ....257

5.2.2 Ký hiệu cú pháp trừu tượng ASN.1 260
5.2.3 Giao thức 262
5.2.4 Các chuẩn 263
5.3 Lớp ứng dụng 263
5.3.1 Giới thiệu 263
5.3.2 Kiến trúc Client/Server 263
5.3.3 Kiến trúc ngang hàng 264
5.3.4 Các dịch vụ lớp ứng dụng 265
5.4 Tổng kết 266
5.5 Câu hỏi ôn tập 266
CHƯƠNG 6. KĨ THUẬT VÀ THIẾT BỊ MẠNG IP 268
6.1 Kĩ thuật mạng cục bộ 268
6.1.1 Các kiểu kiến trúc mạng 268
6.1.2 Các thành phần mạng 269
6.2 Các thiết bị mạng cục bộ 269
6.2.1 Bộ lặp và Hub 270
6.2.2 Cầu nối và bộ chuyển mạch 271
6.3 Thiết bị định tuyến IP 272
6.3.1 Hoạt động của bộ định tuyến trong mạng 272
6.3.2 Các thành phần của bộ định tuyến 273
6.3.3 Các chế độ vận hành 275
6.4 Thiết bị Gateway 276
6.5 Tổng kết 277
6.6 Câu hỏi ôn tập 277
THUẬT NGỮ VIẾT TẮT 278
TÀI LIỆU THAM KHẢO 289

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Hai dạng cấu trúc của mạng LAN: Bus và Ring 14
Hình 1.2: Mạng đô thị xây dựng trên cơ sở mạng truyền hình cáp 16
Hình 1.3: Quan hệ giữa máy trạm, LAN và phân mạng 17
Hình 1.4: Dòng gói tin từ máy gửi truyền qua mạng tới máy nhận 18
Hình 1.5: (a) Kết nối Bluetooth. (b) LAN không dây 20
Hình 1.6: Quan hệ giữa dịch vụ và giao thức 25
Hình 1.7: Chồng giao thức truyền thông 26
Hình 1.8: Mô hình tham chiếu OSI 28
Hình 1.9: Các giao thức trong mô hình TCP/IP 35
Hình 1.10: Mô hình TCP/IP và OSI 36
Hình 2.1: Sóng hình sin 40
Hình 2.2: Biên độ, tần số và pha của sóng hình sin 41
Hình 2.3: Mã dịch pha 42
Hình 2.4: Sóng vuông 43
Hình 2.5: Cơ cấu truyền tín hiệu sóng số 43
Hình 2.6: Tín hiệu số và tương tự với tín hiệu tương tự và số 44
Hình 2.7: Các giao diện song song và nối tiếp 47
Hình 2.8: Khuôn dạng kí tự truyền dị bộ 48
Hình 2.9: Chuẩn lớp vật lí EIA-232-E 51
Hình 2.10: Khuyến nghị X.21 của ITU 52
Hình 2.11: Các gói được đóng khung ở lớp liên kết dữ liệu 53
Hình 2.12: Đường truyền thông ảo và đường truyền thực sự giữa hai trạm 54
Hình 2.13: Lớp liên kết dữ liệu truyền gói tin cho lớp mạng 54
Hình 2.14: Định khung bằng cách đếm kí tự 56
Hình 2.15: Định khung sử dụng byte cờ với kĩ thuật byte stuffing 57
Hình 2.16: Kĩ thuật bit stuffing 58
Hình 2.17: Thủ tục truyền khung trong CSMA/CD 62
Hình 2.18: Các chuẩn LAN phổ biến 66

Hình 2.19: Mô hình phân lớp Ethernet và quan hệ với OSI.....69
Hình 2.20: Cấu trúc khung Ethernet.....70
Hình 2.21: Kết nối giữa 2 trạm trong mạng 10Base-T.....72
Hình 2.22: Mạng 100Base-TX 72
Hình 2.23: Mạng WLAN điển hình.....74
Hình 2.24: Điểm truy nhập vô tuyến.....77
Hình 2.25: Kiến trúc giao thức của các thành phần WLAN 79
Hình 2.26: Mạng WLAN độc lập (mạng Ad-hoc) 80
Hình 2.27: Mạng WLAN cơ sở 80
Hình 2.28: Mạng WLAN mở rộng 81
Hình 2.29: Bộ dịch vụ cơ sở trong mạng độc lập.....85
Hình 2.30: Các bộ dịch vụ cơ sở trong mạng cơ sở 86
Hình 2.31: Mô hình tham chiếu cơ sở IEEE 802.11 87
Hình 2.32: Khuôn dạng gói PLCP DSSS 88
Hình 2.33: Khuôn dạng gói PLCP FHSS 90
Hình 2.34: Khuôn dạng đơn vị dữ liệu giao thức MAC tổng quát.....91
Hình 2.35: Các định nghĩa khoảng trống liên khung 92
Hình 2.36: Truyền dẫn một gói sử dụng CSMA/CA 95
Hình 2.37: Truyền dẫn nhiều gói sử dụng CSMA/CA (một nút).....96
Hình 2.38: Truyền dẫn nhiều gói sử dụng CSMA/CA (nhiều nút) 96
Hình 2.39: Truyền dẫn thành công gói dữ liệu unicast 97
Hình 2.40: Truyền dẫn gói sử dụng cảm nhận sóng mang.....98
Hình 2.41: Truyền dẫn gói RTS 99
Hình 2.42: Truyền dẫn gói CTS 100
Hình 2.43: PCF và DCF trong một siêu khung 101
Hình 2.44: Quá trình phân mảnh một gói dữ liệu unicast 105
Hình 2.45: Đóng gói dữ liệu PPP 106
Hình 3.1: Bộ định tuyến sử dụng phần địa chỉ mạng để định tuyến dữ liệu 112
Hình 3.2: Liên mạng được chia thành nhiều hệ tự trị.....114

Hình 3.3: Tuyến tĩnh tránh được cập nhật định tuyến qua liên kết WAN 118

Hình 3.4: Khả năng thay thế tuyến hỏng của định tuyến động 119

Hình 3.5: Các giao thức định tuyến duy trì và phân phối thông tin định tuyến 120

Hình 3.6: Giao thức véctơ khoảng cách gửi định kỳ các bản sao của bảng định tuyến và tích luỹ các véctơ khoảng cách 121

Hình 3.7: Các Bộ định tuyến véctơ khoảng cách khám phá đường đi tốt nhất đến đích từ các hàng xóm 121

Hình 3.8: Cập nhật định tuyến tiến hành từng bước, từ bộ định tuyến này tới bộ định tuyến khác 122

Hình 3.9: Bộ định tuyến A cập nhật bảng định tuyến để phản ánh số bước nhảy mới nhưng không đúng 122

Hình 3.10: Vòng lặp định tuyến tăng véctơ khoảng cách 123

Hình 3.11: Giới hạn khoảng cách tối đa 124

Hình 3.12: Khái niệm phân chia ranh giới (split horizon) 125

Hình 3.13: Giải thuật trạng thái liên kết cập nhật thông tin tôpô của tất cả các bộ định tuyến khác 126

Hình 3.14: Trong định tuyến trạng thái liên kết, tất cả các bộ định tuyến cùng tính toán đường đi ngắn nhất tới đích 127

Hình 3.15: Tiến trình cập nhật trạng thái liên kết 128

Hình 3.16: Cập nhật không đồng bộ và đường đi không nhất quán dẫn đến sự không thể tới được mạng 129

Hình 3.17: Giao thức định tuyến lai chia sẻ các thuộc tính của định tuyến véctơ khoảng cách và trạng thái liên kết 131

Hình 3.18: Tiêu đề IP datagram 133

Hình 3.19: Ví dụ về phân mảnh 138

Hình 3.20: Giá trị của các trường khi datagram được phân mảnh 139

Hình 3.21: Định dạng tổng quát của một tùy chọn trong tiêu đề IP 140

Hình 3.22: Biểu diễn thập phân dấu chấm 141

Hình 3.23: Các lớp địa chỉ IP 142

Hình 3.24: Mạng với hai mức phân cấp (chưa phân mạng con) 147

Hình 3.25: Mạng với ba mức phân cấp (phân mạng con) 147

Hình 3.26: Hoạt động của ARP 155
Hình 3.27: Hoạt động của RARP 156
Hình 3.28: Ví dụ các bảng định tuyến RIP ban đầu 158
Hình 3.29: Ví dụ các bảng định tuyến RIP cập nhật cuối cùng 159
Hình 3.30: Định dạng bản tin RIP 159
Hình 3.31: Bản tin RIP yêu cầu 160
Hình 3.32: Bản tin RIP trả lời 161
Hình 3.33: Bộ định tuyến đưa thông tin về các mạng kết nối trực tiếp vào bảng định tuyến, metric tới mạng mạng này là 0 163
Hình 3.34: Bộ định tuyến nhận thông tin từ hàng xóm và cập nhật bảng định tuyến.163
Hình 3.35: Định dạng gói RIPv2 164
Hình 3.36: Mục đầu tiên của gói RIPv2 được sử dụng cho chứng thực 167
Hình 3.37: Tuyến thay thế chỉ có khi cập nhật xong định tuyến.....167
Hình 3.38: Đếm vô hạn xảy ra nếu có vòng lặp định tuyến 168
Hình 3.39: Số bước nhảy tối đa là 15 168
Hình 3.40: Hệ thống thuật ngữ OSPF 171
Hình 3.41: Các kiểu mạng OSPF 174
Hình 3.42: Bộ định tuyến chỉ định và chỉ định dự phòng 174
Hình 3.43: Tiêu đề gói OSPF 176
Hình 3.44: Định dạng dạng gói Hello 177
Hình 3.45: Các bộ định tuyến thiết lập mối quan hệ gần kề 178
Hình 3.46: Quá trình bầu DR và BDR chỉ được thực hiện trên mạng đa truy nhập ...179
Hình 3.47: Các bước trao đổi để đến được trạng thái Full 180
Hình 3.48: Tuyến tốt nhất được chọn và đưa vào bảng định tuyến 181
Hình 3.49: Hệ tự trị.....183
Hình 3.50: Hệ tự trị đơn kết nối 184
Hình 3.51: Hệ tự trị đa kết nối không chuyển tiếp 185
Hình 3.52: Hệ tự trị đa kết nối chuyển tiếp 186
Hình 3.53: Chỉ sử dụng BGP khi chính sách định tuyến khác với ISP 187
Hình 3.54: Đường đi AS.....188

Hình 3.55: Thiết lập phiên hàng xóm 188
Hình 3.56: Cập nhật định tuyến chỉ chứa những thay đổi 189
Hình 3.57: Rút lại tuyến không hợp lệ 189
Hình 3.58: Tiêu đề BGP 190
Hình 3.59: Định dạng gói Open 190
Hình 3.60: Định dạng gói Update 191
Hình 3.61: Định dạng gói Keepalive 192
Hình 3.62: Định dạng gói Notification 193
Hình 3.63: Máy hữu hạn trạng thái BGP 193
Hình 3.64: Cấu trúc địa chỉ IPv6 199
Hình 3.65: Phương thức tạo Interface ID 199
Hình 3.66: Địa chỉ IP phiên bản 6 202
Hình 3.67: Kết nối Unicast tới các máy tính khách hàng 204
Hình 3.68: Cấu trúc địa chỉ định danh toàn cầu (GUA) 204
Hình 3.69: Cấu trúc địa chỉ Link-local 205
Hình 3.70: Cấu trúc địa chỉ Site-local 206
Hình 3.71: Cấu trúc địa chỉ Unique Local Unicast 206
Hình 3.72: Cấu trúc địa chỉ IPv4CA 207
Hình 3.73: Cấu trúc địa chỉ IPv4MA 208
Hình 3.74: Kết nối Multicast 209
Hình 3.75: Cấu trúc địa chỉ Multicast 209
Hình 3.76: Cấu trúc địa chỉ Anycast 211
Hình 4.1: Lớp mạng, giao vận và ứng dụng 218
Hình 4.2: Mô hình của TPDU, gói và khung 221
Hình 4.3 Sơ đồ chương trình quản lý kết nối đơn giản 223
Hình 4.4: (a) Môi trường của lớp liên kết dữ liệu (b) Môi trường lớp giao vận 223
Hình 4.5 TSAPs, NSAPs, và kết nối giao thông 224
Hình 4.6 thiết lập một kết nối với một máy chủ thời gian trong ngày trong máy trạm 2 225
Hình 4.7 Ngắt kết nối đột ngột với mất dữ liệu 227

Hình 4.8 Vấn đề hai đội quân 228
Hình 4.9 Bốn kịch bản giao thức cho giải phóng một kết nối.....229
Hình 4.10: (a) bộ đệm kích thước cố định. (b) bộ đệm kích thước thay đổi. (c) bộ đệm quay vòng cho mỗi kết nối 232
Hình 4.11: Cấu trúc tiêu đề TCP 237
Hình 4.12: Cửa sổ trượt 239
Hình 4.13: Quản lý cửa sổ 240
Hình 4.14: Thủ tục bắt tay ba bước 243
Hình 4.15: Thủ tục giải phóng kết nối bốn bước.....244
Hình 4.16: Định dạng của UDP datagram.....245
Hình 5.1: Kịch bản mẫu của các dịch vụ phiên.....252
Hình 5.2: Vai trò của lớp phiên 253
Hình 5.3: Bốn cách biểu diễn dữ liệu của một mầu RGB 258
Hình 5.4: Vai trò của các loại cú pháp khác nhau.....259
Hình 5.5: Kiến trúc khách chủ (client/server) 264
Hình 6.1: Các kiểu kiến trúc LAN.....268
Hình 6.2: Bộ lặp hoạt động tại tầng vật lý trong mô hình OSI 270
Hình 6.3: Cầu nối hoạt động tại hai tầng thấp nhất trong mô hình OSI.....271
Hình 6.4: Bộ định tuyến hoạt động tại 3 tầng thấp nhất trong mô hình OSI 273
Hình 6.5: Thông tin cấu hình bộ định tuyến có thể đến từ nhiều nguồn.....274
Hình 6.6: Các thành phần cấu hình bên trong bộ định tuyến 274
Hình 6.7: Gateway hoạt động ở cả 7 tầng trong mô hình OSI 276

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1: So sánh các công nghệ WLAN sử dụng các dải tần khác nhau.....76

Bảng 2.2: Tóm tắt một số tiêu chuẩn WLAN 83

Bảng 2.3: Định nghĩa pha của DBPSK và DQPSK 89

Bảng 2.4: Thông tin cho bởi các trường dữ liệu khác nhau trong phần tiêu đề MPDU92

Bảng 2.5: Các đặc tả khoảng trống liên khung 93

Bảng 2.6: Tỷ số giữa thời gian của một khe với các độ dài khác nhau của gói Ethernet (bỏ qua phần mào đầu vô tuyến) 94

Bảng 3.1: So sánh định tuyến trạng thái liên kết và véctơ khoảng cách.....130

Bảng 3.2: Giá trị MTU đối với các mạng khác nhau 135

Bảng 3.3: Các địa chỉ đặc biệt.....144

Bảng 3.4: Tiền tố CIDR và số lượng lớp C tương đương.....150

Bảng 3.5: Bảng định tuyến vectơ khoảng cách.....157

Bảng 3.6: 5 loại gói OSPF.....171

Bảng 3.7: Một số thuộc tính đường đi hiện đang sử dụng 196

Bảng 3.8: So sánh sự khác biệt giữa địa chỉ IPv4 và địa chỉ IPv6.....197

Bảng 3.9: So sánh giữa hai tiêu đề AH và ESP trong IPv6 201

Bảng 4.1: Các khái niệm cơ bản của dịch vụ giao vận đơn giản 221

Bảng 4.2: Các cổng TCP thông dụng.....235

Bảng 4.3: Các cổng UDP thông dụng 245

Bảng 5.1: Các dịch vụ nguyên thủy lớp Phiên.....248

Bảng 5.2: Các nhóm chức năng dịch vụ phiên.....253

Bảng 5.3: Cấu trúc tổng quát của SPDU.....256

Bảng 5.4: Các dịch vụ nguyên thủy lớp trình diễn.....259

Bảng 5.5: Các kiểu đơn giản trong ASN.1.....261

Bảng 5.6: Các kiểu có cấu trúc xây dựng sẵn trong ASN.1.....262

LỜI NÓI ĐẦU

Tài liệu trình bày những kiến thức cơ bản về kĩ thuật mạng truyền thông. Mỗi môi trường mạng có những đặc tính riêng với những yêu cầu khác nhau về thiết kế và vận hành. Mạng viễn thông có thể được phân loại theo nhiều quan điểm: phạm vi địa lí, công nghệ và phương thức chuyển giao thông tin, loại hình dịch vụ cung cấp, các giao thức sử dụng, ... Tùy vào đặc điểm và tính chất của dịch vụ cung cấp mà một mạng viễn thông có thể sử dụng công nghệ này hay công nghệ khác để thực hiện việc trao đổi thông tin. Song dù sử dụng công nghệ nào thì mục đích cuối cùng của mạng viễn thông là cung cấp dịch vụ viễn thông cho khách hàng với chất lượng cao nhất và giá thành rẻ nhất. Nội dung tài liệu được thiết kế gồm 6 chương với những nội dung chính như sau.

Chương 1 giới thiệu khái quát về các loại mạng truyền thông hiện nay như mạng cục bộ, mạng đô thị, mạng diện rộng, giải pháp mạng không dây và vấn đề kết nối liên mạng. Mô hình phân lớp và nguyên lí hoạt động chung của mạng truyền thông được giới thiệu để làm cơ sở cho các nội dung chi tiết tiếp theo. Chương 2 trình bày các vấn đề cơ bản của lớp Vật lí và lớp Liên kết dữ liệu. Các kĩ thuật truyền tín hiệu ở lớp Vật lí, kiểm soát lỗi, điều khiển luồng cũng như điều khiển truy nhập đã được đề cập. Một số công nghệ lớp liên kết dữ liệu điển hình cũng được giới thiệu. Chương 3 trình bày hoạt động của lớp Mạng, các kĩ thuật định tuyến, điều khiển tắc nghẽn cũng như các giao thức lớp mạng trong Internet đã được đề cập một cách chi tiết.

Chương 4 trình bày về chức năng, các thủ tục, dịch vụ và chuẩn của lớp Giao vận, sau đó đi sâu vào giới thiệu nguyên lí hoạt động và đặc điểm của hai giao thức giao vận điển hình là TCP và UDP. Chương 5 trình bày những nguyên lí hoạt động và đặc điểm kĩ thuật của các lớp trên trong mô hình giao thức, bao gồm lớp Phiên, Trình diễn và Ứng dụng. Chương 6 tập trung vào giới thiệu về các kĩ thuật và thiết bị của môi trường mạng phổ biến và nhiều triển vọng nhất hiện nay là mạng IP. Những vấn đề kĩ thuật liên quan đến bài toán thiết kế, vận hành và khai thác mạng đã được cung cấp để giúp người học liên hệ những kiến thức lí thuyết đề cập ở các chương trên với vấn đề triển khai mạng trong thực tế.

Tài liệu được biên soạn trong thời gian tương đối ngắn nên không tránh khỏi còn nhiều thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp từ phía độc giả và các đồng nghiệp.

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1 Các loại mạng truyền thông

1.1.1 Mạng cục bộ

Mạng cục bộ, thường được gọi là LAN (Local Area Network), là mạng riêng trong một tòa nhà hoặc khuôn viên có phạm vi lên đến vài km. Chúng được sử dụng rộng rãi để kết nối máy tính cá nhân và máy trạm trong văn phòng công ty hay tổ chức để chia sẻ tài nguyên (ví dụ như máy in) và trao đổi thông tin . LAN được phân biệt với các loại mạng khác bởi ba đặc điểm: (1) kích thước , (2) công nghệ truyền dẫn, và (3) cấu trúc liên kết. Mạng LAN bị hạn chế về kích thước, do vậy thời gian truyền dẫn được đảm bảo trong giới hạn. Điều này tạo ra những thuận lợi nhất định trong thiết kế và quản lí mạng .

Mạng LAN có thể sử dụng công nghệ truyền dẫn gồm một đường cáp mà tất cả các máy được nối tới. Mạng LAN truyền thống chạy ở tốc độ từ 10 Mbps đến 100Mbps , có độ trễ thấp (micro giây hoặc nano giây) , và rất ít lỗi . Gần đây mạng LAN có thể hoạt động với tốc độ lên đến 10 Gbps (ở đây qui ước 1 Mbps là 1,000,000 bit/giây và 1 Gbps là 1,000,000,000 bit/giây).

Hình 1.1: Hai dạng cấu trúc của mạng LAN: Bus và Ring

Có rất nhiều cấu trúc liên kết có thể được sử dụng cho mạng LAN. Hình 1.1 cho thấy hai cấu trúc trong số đó. Trong mạng dạng bus, tại một thời điểm cho phép nhiều nhất một máy tính truyền dữ liệu . Tất cả các máy khác không được gửi. Một cơ

chế điều khiển là cần thiết để giải quyết xung đột khi hai máy hoặc nhiều hơn muốn truyền dữ liệu đồng thời. Cơ chế điều khiển có thể tập trung hoặc phân tán. Ví dụ, chuẩn IEEE 802.3, thường được gọi là Ethernet, là một chuẩn mạng dựa trên bus với điều khiển không tập trung, thường hoạt động ở tốc độ từ 10 Mbps đến 10 Gbps. Máy tính trên một mạng Ethernet có thể truyền dữ liệu bất cứ khi nào muốn. Nếu có hai hay nhiều gói va chạm, mỗi máy tính chỉ chờ đợi một thời gian ngẫu nhiên và thử lại sau đó.

Dạng cấu trúc mạng thứ hai là vòng (ring). Trong mạng này , mỗi bit truyền xung quanh vòng mà không phải chờ phần còn lại của gói tin mà nó thuộc về. Thông thường, mỗi bit chạy hết một vòng trong khoảng thời gian có vài bit được đưa vào vòng, cho đến khi toàn bộ gói tin được truyền đi. Giống như với các hệ thống truyền khác, một số quy tắc cần được thiết lập để để điều khiển sự truy nhập đồng thời vào vòng. Có nhiều phương pháp khác nhau có thể được sử dụng , chẳng hạn như để các máy thay phiên nhau truyền dữ liệu . IEEE 802.5 (IBM Token Ring) là chuẩn LAN dựa trên cấu trúc vòng hoạt động ở tốc độ 4 và 16 Mbps. FDDI cũng là một ví dụ của mạng hoạt động theo cấu trúc vòng.

Mạng quảng bá có thể được chia thành tĩnh và động, tùy thuộc vào việc kênh được phân bổ như thế nào . Cơ chế phân bổ kênh tĩnh điển hình phân chia thời gian thành các khoảng thời gian rời rạc và sử dụng thuật toán quay vòng (round-robin), cho phép mỗi máy truyền khi đến lượt khe thời gian của mình. Cơ chế phân bổ kênh tĩnh không hiệu quả ở góc độ sử dụng băng thông khi một máy không có gì để truyền trong khe thời gian được phân bổ. Vì vậy hầu hết các hệ thống đều cố gắng để phân bổ kênh động (theo nhu cầu).

Phương pháp phân bổ kênh động có thể là tập trung hoặc phân tán. Trong phương pháp phân bổ kênh tập trung, có một thực thể duy nhất, ví dụ đơn vị điều khiển bus, xác định người truyền tiếp theo. Nó có thể làm điều này bằng cách chấp nhận các yêu cầu và đưa ra quyết định theo một số thuật toán nội bộ. Trong phương pháp phân bổ kênh phân tán, không có thực thể trung tâm, mỗi máy phải tự quyết định khi nào thực hiện truyền tải. Có thể nghĩ rằng điều này sẽ dẫn đến sự hỗn loạn, nhưng không phải như vậy. Chúng ta sẽ nghiên cứu các thuật toán được thiết kế để tránh sự hỗn loạn này sau.

1.1.2 Mạng đô thị

Một mạng khu vực đô thị, còn được gọi là MAN, có phạm vi trong một thành phố. Ví dụ nổi tiếng nhất của MAN là mạng truyền hình cáp có sẵn ở nhiều thành phố. Hệ thống này đã phát triển từ hệ thống ăng-ten công cộng trước đó. Trong các hệ thống này, một ăng-ten lớn được đặt trên đỉnh của một ngọn đồi gần đó và tín hiệu sau đó được truyền đến các thuê bao.

Ban đầu là những mạng được thiết kế nội bộ và riêng biệt. Sau đó, các công ty bắt đầu tham gia kinh doanh và nhận được hợp đồng từ chính quyền để xây lắp mạng cho toàn thành phố. Bước tiếp theo là thiết kế chương trình cho các kênh truyền hình. Thường thì những kênh này có nhiều nội dung, chẳng hạn như tin tức, thể thao, nấu ăn, ...

Bắt đầu từ khi Internet thu hút được một lượng quan tâm lớn, các nhà khai thác mạng cáp truyền hình đã bắt đầu nhận ra rằng với một số thay đổi đối với hệ thống, họ có thể cung cấp dịch vụ Internet hai chiều trong phần dải tần chưa sử dụng. Vào thời điểm đó, các hệ thống truyền hình cáp bắt đầu biến hình từ phân phối truyền hình cho một khu vực đô thị thành phân phối mạng đô thị. Trong Hình 1.2 chúng ta thấy cả hai tín hiệu truyền hình và Internet được đưa vào đầu cuối tập trung để phân phối tiếp đến hộ gia đình. Truyền hình cáp không phải là giải pháp MAN duy nhất. Sự phát triển của các công nghệ truyền dẫn quang và không dây tốc độ cao trong thời gian gần đây đã tạo ra nhiều giải pháp MAN khác và chúng ta sẽ xem xét chi tiết hơn những vấn đề này trong các phần sau.

Hình 1.2: Mạng đô thị xây dựng trên cơ sở mạng truyền hình cáp

1.1.3 Mạng diện rộng

Một mạng diện rộng, còn được gọi là WAN (Wide Area Network), có phạm vi trong một khu vực địa lý rộng lớn, thường là một quốc gia hay lục địa. Nó chứa một tập hợp các máy tính chạy các chương trình ứng dụng còn được gọi là máy trạm (host). Các máy trạm được nối với nhau bởi một phân mạng hay mạng con (subnet). Các máy trạm thuộc sở hữu của khách hàng (ví dụ, máy tính cá nhân của người dân), trong khi các phân mạng thường được sở hữu và điều hành bởi nhà cung cấp dịch vụ Internet. Chức năng của một mạng con là chuyển bản tin từ máy trạm đến máy trạm. Tách các khía cạnh truyền thông của mạng khỏi khía cạnh ứng dụng có thể giúp đơn giản hóa quá trình thiết kế mạng.

Trong hầu hết các mạng diện rộng, một mạng con bao gồm hai thành phần khác nhau: đường dây và phần tử chuyển mạch. Đường dây vận chuyển các bit giữa các máy. Chúng có thể được làm bằng dây đồng, cáp quang, hoặc thậm chí liên kết vô tuyến. Các phần tử chuyển mạch là các máy tính chuyên dụng kết nối ba hoặc nhiều đường truyền. Khi dữ liệu trên một đường gửi đến, các phần tử chuyển mạch phải chọn một đường đi trên đó để chuyển tiếp chúng. Những máy tính chuyển mạch được gọi bằng tên khác nhau trong quá khứ, hiện tại chúng thường được gọi là bộ định tuyến (router).

Hình 1.3: Quan hệ giữa máy trạm, LAN và phân mạng

Trên Hình 1.3, mỗi máy trạm được kết nối với một mạng LAN rồi từ đó kết nối tới một bộ định tuyến , tuy nhiên trong một số trường hợp máy trạm có thể được kết nối trực tiếp với một bộ định tuyến . Tập hợp các đường truyền và thiết bị định tuyến (nhưng không phải các máy chủ) hình thành nên các phân mạng.

Ban đầu, ý nghĩa duy nhất của thuật ngữ "phân mạng" là tập hợp các thiết bị định tuyến và đường truyền để vận chuyển các gói tin từ trạm nguồn đến trạm đích. Tuy nhiên, sau đó khái niệm "phân mạng" có một ý nghĩa thứ hai liên quan đến việc đánh địa chỉ mạng (chúng ta sẽ thảo luận sau).

Trong hầu hết các WAN, mạng có nhiều đường truyền, mỗi một đường kết nối một cặp bộ định tuyến. Nếu hai bộ định tuyến không có đường truyền trực tiếp muốn trao đổi thông tin với nhau, chúng phải làm điều này một cách gián tiếp thông qua các bộ định tuyến khác. Khi một gói tin được gửi từ một bộ định tuyến này đến bộ định tuyến khác thông qua một hoặc nhiều router trung gian, các gói tin sẽ được bộ định tuyến trung gian nhận, lưu tạm ở đó cho đến khi đầu ra theo yêu cầu rỗi, và sau đó được chuyển tiếp đi. Một phân mạng tổ chức theo nguyên tắc này được gọi là "lưu và chuyển tiếp" (store-and-forward) hay phân mạng chuyển mạch gói (packet-switched). Hầu như tất cả mạng diện rộng (trừ khi sử dụng các vệ tinh) có các mạng con lưu và chuyển tiếp. Khi các gói có kích thước nhỏ và đều nhau, chúng thường được gọi là các tế bào.

Nguyên tắc của WAN dựa trên chuyển mạch gói rất cần được nhấn mạnh. Một cách khái quát, khi một máy trạm có một bản tin cần gửi đến một số trạm khác, trạm gửi đầu tiên cắt bản tin thành các gói tin, mỗi gói mang số theo trình tự. Các gói dữ liệu sau đó được chuyển vào mạng liên tiếp nhau theo từng gói một . Các gói dữ liệu được vận chuyển qua mạng theo những cách riêng và tới các máy trạm tiếp nhận, nơi chúng được tập hợp lại thành bản tin ban đầu và chuyển cho quá trình tiếp nhận. Dòng gói tin thu được từ một số bản tin ban đầu được truyền qua mạng như minh họa trên Hình 1.4.

Hình 1.4: Dòng gói tin từ máy gửi truyền qua mạng tới máy nhận

Trong hình vẽ trên, tất cả các gói đi theo tuyến đường ACE, chứ không phải là ABDE hay ACDE. Trong một số mạng tất cả các gói từ một bản tin phải đi theo một con đường nhất định, còn trong những mạng khác các gói tin có thể được chuyển tiếp theo những tuyến riêng. Tất nhiên, nếu ACE là con đường tốt nhất, tất cả các gói dữ liệu có thể được gửi đi theo đường này ngay cả khi mỗi gói được định tuyến riêng.

Việc lựa chọn đường đi được thực hiện tại bộ định tuyến . Khi một gói tin đến bộ định tuyến A, A cần đưa ra một quyết định để chuyển gói này trên đường B hoặc đường C. A dùng giải thuật định tuyến để đưa ra quyết định này . Chúng ta sẽ nghiên cứu một số giải thuật định tuyến chi tiết hơn trong các phần sau.

Không phải tất cả WAN đều dựa trên chuyển mạch gói. Một giải pháp khác cho mạng WAN là hệ thống truyền dẫn vệ tinh. Mỗi bộ định tuyến có một ăng-ten để thông qua đó có thể gửi và nhận tín hiệu . Tất cả các bộ định tuyến có thể nhận dữ liệu từ các vệ tinh, và trong một số trường hợp, chúng cũng có thể nhận biết được việc truyền dữ liệu lên vệ tinh từ các bộ định tuyến đồng cấp với chúng. Đôi khi các bộ định tuyến được kết nối với một mạng con điểm-điểm , và chỉ có một số bộ định tuyến được trang bị ăng-ten vệ tinh. Mạng vệ tinh phù hợp với các trường hợp khi việc truyền thông tin mang tính quảng bá.

1.1.4 Mạng không dây

Thông tin liên lạc kỹ thuật số không dây không phải là một ý tưởng mới. Ngay từ năm 1901, nhà vật lý người Ý Guglielmo Marconi đã cho thấy một con tàu có thể gửi điện báo vào bờ không cần qua dây dẫn bằng cách sử dụng mã Morse (dấu chấm và dấu gạch ngang là nhị phân).

Hệ thống kỹ thuật số không dây hiện đại có hiệu suất tốt hơn, nhưng ý tưởng cơ bản là như nhau.

Một cách khái quát, các mạng không dây có thể được chia thành ba loại chính:

1. Hệ thống kết nối.

2. LAN không dây.

3. WAN không dây.

Hệ thống kết nối bao gồm tất cả các thành phần kết nối của một máy tính sử dụng sóng radio trong khoảng cách ngắn. Hầu hết các máy tính có màn hình, bàn phím, chuột, máy in và kết nối với khối xử lí chính bằng dây cáp. Nhiều người mới sử dụng gặp phải khó khăn khi muốn cắm tất cả các dây cáp vào đúng các lỗ cắm cần thiết. Do đó, một số công ty đã cùng nhau thiết kế một giải pháp mạng không dây tầm ngắn gọi là Bluetooth để kết nối các thành phần này mà không cần dây. Bluetooth cũng cho phép máy ảnh kỹ thuật số, tai nghe, máy quét và các thiết bị khác kết nối với một máy tính bằng cách chỉ được đưa trong phạm vi bắt sóng. Không có cáp, không cần cài đặt trình điều khiển, chỉ cần đặt và bật thiết bị lên, và chúng làm việc. Đối với nhiều người, khả năng hoạt động dễ dàng này là một lợi thế lớn.

Ở hình thức đơn giản nhất, hệ thống kết nối sử dụng mô hình master-slave (chủ/thợ) như trên Hình 1.5(a). Khối hệ thống thường là chủ, liên hệ với thiết bị chuột, bàn phím, … như thợ. Chủ nói với những người thợ sử dụng địa chỉ gì, khi nào có thể phát sóng, thời gian truyền tải là bao lâu, có thể sử dụng tần số nào? Chúng ta sẽ thảo luận về Bluetooth chi tiết hơn ở phần sau.

Hình 1.5: (a) Kết nối Bluetooth. (b) LAN không dây

Bước phát triển tiếp theo trong mạng không dây là WLAN (Wireless LAN). Đây là hệ thống trong đó mỗi máy tính có một modem không dây và ăng-ten mà nhờ đó nó có thể giao tiếp với các hệ thống khác. Thường có một ăng-ten đặt trên trần giúp các máy liên lạc với nhau, như thể hiện trên Hình 1.5(b). Tuy nhiên, nếu các máy đủ gần, chúng có thể giao tiếp trực tiếp với nhau trong một cấu hình peer-to-peer. Mạng LAN không dây đang trở nên ngày càng phổ biến trong các văn phòng nhỏ và gia

đình, cũng như trong các tòa nhà văn phòng, phòng hội nghị và những nơi khác. Có một tiêu chuẩn cho mạng LAN không dây là IEEE 802.11 đang trở nên rất phổ biến và được ứng dụng trong hầu hết các hệ thống thực tiễn. Chúng ta sẽ thảo luận về nó trong chương 2.

Loại thứ ba của mạng không dây được sử dụng trong các mạng diện rộng. Mạng vô tuyến dùng cho điện thoại di động là một ví dụ của hệ thống không dây băng thông thấp. Hệ thống này đã trải qua một vài thế hệ. Thế hệ đầu tiên là tương tự và chỉ truyền tiếng nói. Thế hệ thứ hai là kỹ thuật số và chỉ truyền tiếng nói. Từ thế hệ thứ ba trở đi là kỹ thuật số và cho phép truyền cả thoại và dữ liệu. Theo một nghĩa nào đó, các mạng di động cũng giống như là mạng LAN không dây, ngoại trừ các khoảng cách lớn hơn nhiều và tốc độ bit thấp hơn. Mạng LAN không dây có thể hoạt động ở tốc độ lên tới 50 Mbps với khoảng cách hàng chục mét. Hệ thống di động hoạt động với tốc độ thấp hơn, nhưng khoảng cách giữa trạm cơ sở và các máy tính hoặc điện thoại được đo bằng km chứ không phải là bằng mét.

Ngoài các mạng tốc độ thấp, mạng không dây diện rộng băng thông cao cũng đang được phát triển. Các hệ thống này tập trung hỗ trợ truy nhập Internet không dây tốc độ cao từ gia đình và doanh nghiệp thay vì điện thoại. Dịch vụ này thường được gọi là dịch vụ phân phối đa điểm. Một tiêu chuẩn cho nó là IEEE 802.16 (Wimax) cũng đã được phát triển.

Hầu như tất cả các mạng không dây đều kết nối với mạng có dây tại một số điểm để cung cấp khả năng truy nhập vào các tập tin, cơ sở dữ liệu, và Internet. Tùy theo hoàn cảnh, có rất nhiều cách để thực hiện những kết nối này. Hiện nay, rất nhiều người tin rằng không dây sẽ là làn sóng của tương lai.

1.1.5 Kết nối liên mạng

Nhiều mạng tồn tại trên thế giới, thường với phần cứng và phần mềm khác nhau. Người kết nối với một mạng thường muốn giao tiếp với mọi người kết nối với các mạng khác. Việc thực hiện mong muốn này đòi hỏi các mạng khác nhau (thường không tương thích cả về phần cứng và phần mềm) được kết nối với nhau, đôi khi thông qua phương tiện kĩ thuật được gọi là cổng kết nối (gateway) để tạo kết nối và cung cấp các sự tương thích phần cứng và phần mềm cần thiết. Một tập hợp các mạng

kết nối với nhau được gọi là một liên mạng hay internet. Thuật ngữ này được sử dụng trong nghĩa rộng, phân biệt với khái niệm mạng toàn cầu Internet (thường được viết hoa) để chỉ một liên mạng cụ thể.

Hình thức phổ biến của liên mạng là một tập hợp các LAN kết nối bởi một mạng WAN. Trong thực tế, nếu chúng ta thay thế các nhãn "phân mạng" trong Hình 1.3 bởi "WAN" thì sẽ không có gì khác phải thay đổi để minh họa cho kết nối liên mạng . Sự khác biệt kỹ thuật giữa một phân mạng và WAN trong trường hợp này là sự có mặt của các máy trạm. Nếu hệ thống chỉ chứa các bộ định tuyến thì nó là một phân mạng, còn nếu nó có chứa cả các bộ định tuyến và máy trạm thì nó là một WAN. Sự khác biệt thực tế ở đây liên quan đến quyền sở hữu và sử dụng.

Phân mạng , mạng, và liên mạng thường bị nhầm lẫn. Phân mạng thể hiện được hầu hết ý nghĩa trong ngữ cảnh của một mạng diện rộng, khi nó đề cập đến tập các bộ định tuyến và đường truyền thuộc sở hữu của nhà điều hành mạng . Sự kết hợp của một phân mạng và các máy trạm của nó tạo thành một mạng. Trong trường hợp LAN, các đường cáp nối và máy trạm tạo thành một mạng. Khi đó không có phân mạng.

Một liên mạng được hình thành khi các mạng khác nhau được kết nối với nhau. Theo quan điểm của chúng ta, kết nối mạng LAN và WAN hoặc kết nối hai mạng LAN tạo thành một liên mạng. Một nguyên tắc nhỏ là nếu các tổ chức khác nhau xây dựng và sở hữu các phần khác nhau của mạng, chúng ta có một liên mạng. Còn nếu các phần mạng khác nhau sử dụng các công nghệ khác nhau thì cũng có thể coi là chúng ta có hai mạng.

1.2 Nguyên lí hoạt động chung của mạng truyền thông

1.2.1 Sự phân lớp giao thức

Để giảm độ phức tạp trong thiết kế, hầu hết các mạng được tổ chức theo mô hình phân lớp . Số lượng các lớp, tên của mỗi lớp, nội dung và chức năng của mỗi lớp với các mạng là khác nhau. Mục đích của mỗi lớp là cung cấp các dịch vụ nhất định cho lớp cao hơn. Có thể hiểu, mỗi lớp là một loại máy ảo, cung cấp dịch vụ nhất định cho các lớp trên. Khái niệm này thực sự quen thuộc trong quá trình sử dụng máy tính, nơi nó được biết đến bởi nhiều cách gọi khác nhau như là ẩn thông tin, các loại dữ liệu trừu tượng, đóng gói dữ liệu, và lập trình hướng đối tượng. Ý tưởng cơ bản ở đây là

một thực thể (phần mềm hay phần cứng) cung cấp dịch vụ cho thực thể khác sử dụng nhưng ẩn đi các chi tiết về các trạng thái hay giải thuật sử dụng bên trong.

1.2.2 Thiết kế chức năng cho các lớp

Khi thiết kế chức năng cho các lớp mạng truyền thông thường người ta tuân thủ một số nguyên tắc sau đây:

- Số lượng các lớp không nhiều quá để đơn giản hóa việc thiết kế mạng, song cũng không được ít quá vì khi đó các bài toán cần giải quyết trên mỗi lớp lại trở nên quá phức tạp;
- Tạo ranh giới các lớp sao cho sự tương tác và mô tả các dịch vụ giữa chúng là tối thiểu;
- Chia các lớp sao cho các chức năng khác nhau được tách biệt với nhau; các lớp sử dụng các loại công nghệ khác nhau cũng được tách biệt;
- Các chức năng giống nhau được đặt vào cùng một lớp; các chức năng được định vị sao cho có thể thiết kế lại lớp mà ảnh hưởng ít nhất đến các lớp kề nó;
- Tạo ranh giới các lớp sao cho có thể chuẩn hóa các giao diện tương ứng và theo kinh nghiệm đã được chứng tỏ là thành công;
- Khi dữ liệu được xử lí một cách khác biệt thì cần phải tạo một lớp mới;
- Các thay đổi về chức năng hoặc giao thức trong một lớp không được ảnh hưởng đến các lớp khác (đảm bảo tính trong suốt giữa các lớp);
- Mỗi lớp chỉ có các ranh giới (giao diện) với các lớp kề trên và dưới nó.
- Có thể chia một lớp thành các lớp con khi cần thiết; nguyên tắc chia lớp con được áp dụng tương tự như trên; khi không cần thiết các lớp con có thể hủy bỏ.

1.2.3 Dịch vụ hướng kết nối và phi kết nối

Mỗi lớp có thể cung cấp hai loại hình dịch vụ cho các lớp phía trên chúng: hướng kết nối và phi kết nối.

Dịch vụ hướng kết nối được xây dựng theo ý tưởng của hệ thống điện thoại. Khi muốn nói chuyện với ai đó, bạn nhấc điện thoại, quay số, nói chuyện, và sau đó tắt máy. Tương tự như vậy, để sử dụng một dịch vụ hướng kết nối mạng, người sử dụng dịch vụ đầu tiên thiết lập một kết nối, sử dụng kết nối, và sau đó kết thúc kết nối. Một cách đơn giản, kết nối hoạt động như một cái ống: người gửi đẩy các đối tượng (bit)

vào một đầu ống, và người nhận lấy chúng ra ở đầu kia. Trong hầu hết các trường hợp, thứ tự các bit được giữ đúng như khi chúng được gửi.

Trong một vài trường hợp khi kết nối được thiết lập, bên gửi, bên nhận và phân mạng tiến hành đàm phán về các thông số được sử dụng, chẳng hạn như kích thước bản tin tối đa, chất lượng dịch vụ yêu cầu , và các vấn đề khác. Thông thường, một bên đưa ra đề nghị và bên kia có thể chấp nhận, từ chối, hoặc đưa ra một đề xuất thay thế.

Ngược lại, dịch vụ phi kết nối được phỏng theo hoạt động của hệ thống bưu chính. Mỗi bản tin (thư) mang đầy đủ địa chỉ đích và được chuyển tiếp thông qua hệ thống một cách độc lập. Thông thường, khi hai bản tin được gửi đến cùng một đích, bản tin được gửi trước sẽ đến nơi trước. Tuy nhiên, có thể xảy ra trường hợp bản tin đầu tiên bị trễ và để cho bản tin thứ hai đến trước.

Mỗi dịch vụ có thể được đặc trưng bởi chất lượng dịch vụ. Một số dịch vụ đáng tin cậy có nghĩa là chúng không bao giờ bị mất dữ liệu. Thông thường, dịch vụ tin cậy được đảm bảo bằng thủ tục máy thu xác nhận rằng gói tin đã đến. Quá trình xác nhận thường gây ra thời gian trễ, và đôi khi không như mong muốn.

Khi chủ sở hữu của tập tin muốn chắc chắn rằng tất cả các bit đến một cách chính xác và theo thứ tự chúng được gửi thì lựa chọn dịch vụ hướng kết nối tin cậy là thích hợp. Rất ít khách hàng muốn sử dụng một dịch vụ mà đôi khi những tập tin mất một vài bit, ngay cả khi nó là nhanh hơn nhiều.

Như đã đề cập ở trên, đối với một số ứng dụng, sự chậm trễ trong truyền tải là không thể chấp nhận. Một trong những ứng dụng như vậy hiện nay là thoại gói. Người sử dụng điện thoại có thể chấp nhận một chút tiếng ồn trên đường dây hơn là phải chờ một lúc lâu để nghe câu trả lời. Tương tự như vậy, trong một phiên hội nghị truyền hình, không có vấn đề gì lớn khi có một vài điểm ảnh bị sai, nhưng dừng hình ảnh do trễ là một lỗi rất khó chịu.

Không phải tất cả các ứng dụng đều cần phải thiết lập kết nối. Ví dụ, thư điện tử ngày nay đang trở nên phổ biến, kéo theo đó là thư điện tử rác cũng trở thành phổ biến hơn nữa. Người gửi thư rác có lẽ không muốn gặp phải sự phức tạp để thiết lập và sau đó giải phóng một kết nối chỉ để gửi một bức thư. Cũng không nhất thiết phải yêu cầu phương thức gửi tin cậy, đặc biệt là nếu chi phí bị nhiều lên. Tất cả những gì họ cần là

cách để gửi một tin nhắn với khả năng đến đích cao (nhưng không có bảo đảm). Dịch vụ phi kết nối không tin cậy (có nghĩa là không được xác nhận) thường được gọi là dịch vụ lược đồ dữ liệu (datagram), với tên gọi lấy tương tự như dịch vụ điện tín truyền thống, khi không cần gửi xác nhận cho người gửi.

1.2.4 Sự tương tác giữa dịch vụ và giao thức

Dịch vụ và giao thức là những khái niệm khác nhau, mặc dù chúng thường bị nhầm lẫn. Sự phân biệt này rất quan trọng. Dịch vụ là một tập hợp các hoạt động nguyên thủy mà một lớp cung cấp cho lớp trên. Dịch vụ xác định những hoạt động mà một lớp thực hiện nhưng không nói gì về việc các hoạt động này được thực hiện như thế nào . Một dịch vụ liên quan đến một giao diện giữa hai lớp, trong đó lớp thấp hơn là lớp cung cấp dịch vụ, lớp trên là lớp sử dụng dịch vụ.

Hình 1.6: Quan hệ giữa dịch vụ và giao thức

Giao thức, ngược lại, là một bộ các quy tắc quản lý định dạng và ý nghĩa của các gói tin hay bản tin được trao đổi bởi các thực thể ngang hàng trong một lớp. Các thực thể sử dụng giao thức để thực hiện các nghĩa vụ của chúng. Chúng có quyền thay đổi các giao thức theo ý muốn, miễn là chúng không làm thay đổi các dịch vụ mà các thực thể sử dụng chúng nhìn thấy. Theo cách này , dịch vụ và giao thức là hoàn toàn tách rời.

Nói cách khác, dịch vụ liên quan đến giao diện giữa các lớp, như minh họa trên Hình 1.6. Ngược lại, giao thức liên quan đến các gói tin gửi giữa các thực thể ngang

hàng trên các máy khác nhau. Điều quan trọng là không nhầm lẫn giữa hai khái niệm này.

Có một sự tương tự nếu so sánh với ngữ cảnh của các ngôn ngữ lập trình. Dịch vụ giống như một kiểu dữ liệu trừu tượng hay một đối tượng trong ngôn ngữ hướng đối tượng. Nó định nghĩa các hoạt động có thể được thực hiện trên một đối tượng nhưng không xác định bằng cách nào các hoạt động này được thực hiện. Giao thức liên quan đến việc thực hiện các dịch vụ và như vậy không hiển thị cho đối tượng sử dụng dịch vụ nhìn thấy.

Tập hợp các lớp và các giao thức của mỗi lớp gọi là chồng giao thức. Chồng giao thức này được tổ chức đủ để đảm bảo được việc giao tiếp giữa các nút trong mạng. Để truyền thông thành công, hai máy tính phải sử dụng chính xác cùng một chồng giao thức. Mỗi lớp sẽ tuân theo chồng giao thức này với cùng một tiêu chuẩn chi tiết.

Hình 1.7: Chồng giao thức truyền thông

Hình 1.7 minh họa các khái niệm về giao thức, giao diện và chồng giao thức của hệ thống mạng máy tính. Ở đây chồng giao thức gồm có n lớp, mỗi lớp trên một máy tính thực hiện một cuộc đối thoại với lớp tương ứng của máy tính khác. Các luật và các quy ước được sử dụng trong cuộc đối thoại này được biết đến như là giao thức của

lớp này. Chúng ta có thể nói rằng giao thức chỉ rõ ý nghĩa, định dạng của thông tin mà một lớp gửi xuống lớp dưới. Thông tin này được nhận và được hiểu bởi lớp tương ứng tại phía bên kia nếu như ở đó cũng sử dụng cùng giao thức này.

Nhờ có giao thức, mỗi lớp bên dưới cung cấp các dịch vụ cho lớp trên nó. Đôi khi các đặc tả dịch vụ được tách rời khỏi các đặc tả giao thức. Chúng ta có thể nói dịch vụ của một lớp xác định lớp đó như thế nào theo cách nhìn của lớp trên nó. Ví dụ, nếu một lớp cung cấp dịch vụ truyền dữ liệu có hoặc không có chế độ tìm lỗi, thì lớp trên có thể sử dụng dịch vụ đó ở chế độ có tìm lỗi hay không là tuỳ ý. Việc các dịch vụ được thực hiện như thế nào trong một lớp được chỉ rõ trong đặc tả giao thức.

Các giao diện giữa các lớp được định nghĩa càng đơn giản, càng rõ ràng càng tốt và mỗi lớp thực hiện một tập hợp cụ thể các chức năng.

1.3 Các mô hình phân lớp mạng

1.3.1 Mô hình OSI

Vào cuối thập niên 70 của thế kỷ 20, tổ chức tiêu chuẩn hoá quốc tế (ISO) đã lập ra một tiểu ban nhằm phát triển một khung chuẩn cho kiến trúc mạng máy tính, đó chính là mô hình tham chiếu cho việc kết nối các hệ thống mở (OSI). Mục đích của mô hình này là giảm thiểu sự không tương thích giữa các hệ thống máy tính. Năm 1982, ISO phát hành bản dự thảo các tiêu chuẩn quốc tế mang tên ISO 7498. Tài liệu này chỉ đưa ra khung chuẩn cho việc thiết kế các giao thức truyền thông chứ không đưa ra các đặc tính kỹ thuật chi tiết cần thiết cho tính tương thích. CCITT và ITU-T đã phát hành tài liệu này trên khuyến nghị X.200.

Ban đầu OSI được thiết kế cho truyền thông máy tính. Ngày nay dữ liệu và thoại không nhất thiết phải được tách ra thành các mạng khác nhau. Nhiều khi mạng không biết và không quan tâm tới việc dữ liệu đang truyền chứa thông tin gì. ISO và ITU-T định rõ tất cả các hệ thống và mạng mới theo nguyên lý phân lớp của OSI. Tuy nhiên có một vài hệ thống toàn cầu không được thiết kế theo OSI, tiêu biểu nhất là Internet. Internet dựa trên các chuẩn sẵn có, nhưng không được phê chuẩn bởi ISO hoặc ITU-T.

Tên OSI xuất phát từ mục đích làm cho các hệ thống trở thành "mở" với hệ thống khác trong việc truyền thông. Các nhà sản xuất được tự do sử dụng các đặc tính kỹ thuật "mở" này. Tuy nhiên vẫn tồn tại nhiều hệ thống truyền dữ liệu độc quyền, các đặc tính kỹ thuật của hệ thống này là độc quyền của nhà sản xuất. Do vậy chúng không thể sử dụng được cho các hệ thống khác.

Trong mô hình OSI, hệ thống truyền thông được chia thành 7 lớp (Hình 1.8). Khi chúng ta xem xét đến các chức năng mỗi lớp thực hiện, chúng ta sẽ nhận thấy ở

các lớp càng thấp càng có nhiều chức năng liên quan đến công nghệ mạng sử dụng cho truyền dữ liệu thực sự. Còn các lớp càng cao càng có nhiều chức năng phục vụ cho các ứng dụng phầm mềm chạy trên các máy chủ.

Trong mô hình OSI, tất cả các lớp từ 4 đến 7 được thực hiện chỉ trong truyền thông ở các máy trạm, chúng không thực hiện quá trình truyền dữ liệu đầu-cuối thực sự. Quá trình này thuộc về các lớp từ 1 đến 3. Mục đích của các lớp cao nhất là trợ giúp cho các ứng dụng phần mềm, và để thực hiện được điều này các lớp cao nhất cung cấp các dịch vụ phức tạp hơn chứ không chỉ đơn giản là một luồng dữ liệu. Luồng dữ liệu này được lớp mạng cung cấp và có thể chứa lỗi. Trong trường hợp dịch vụ phục hồi lỗi không được giao thức lớp giao vận cung cấp thì các nhà thiết kế phần mềm ứng dụng phải thiết kế một lược đồ phục hồi lỗi trong ứng dụng của mình.

Hình 1.8: Mô hình tham chiếu OSI

1.3.1.1 Lớp vật lý

Lớp vật lý liên quan đến quá trình truyền dẫn tín hiệu qua một kênh truyền thông. Vấn đề chính của việc thiết kế là đảm bảo khi một bên gửi bit "1" thì bên kia cũng phải nhận được bit "1" chứ không phải bit "0". Các đặc tính kỹ thuật điển hình của lớp vật lý gồm: tốc độ bit, giá trị điện áp (hay cường độ dòng điện) được sử dụng để biểu diễn bit "0" và bit "1", số chân cắm và loại bộ nối (connector) sử dụng. Lớp

vật lý trong các hệ thống được thiết kế để giảm thiểu lỗi khi hoạt động. Trong trường hợp có lỗi thì các lớp trên sẽ bị ảnh hưởng.

Các đặc tả của lớp vật lý liên quan đến các giao diện điện, cơ và phương tiện truyền dẫn vật lý. Phương tiện truyền dẫn được hiểu là ở dưới lớp vật lý, nhưng các đặc tính nó yêu cầu có chứa trong đặc tả của lớp vật lý.

1.3.1.2 Lớp liên kết dữ liệu

Lớp liên kết dữ liệu có nhiệm vụ tạo lập các khung, gửi chúng tới kênh truyền thông vật lý thông qua lớp vật lý; nhận khung, kiểm tra lỗi và chuyển khung không có lỗi lên lớp mạng. Lớp liên kết dữ liệu phía nhận gửi tín hiệu xác nhận cho lớp liên kết dữ liệu phía truyền. Phía truyền có thể truyền lại khung nếu trong một khoảng thời gian nhất định phía nhận không gửi tín hiệu xác nhận.

ISO định rõ lớp liên kết dữ liệu cho các mạng LAN và chia các đặc tả thành 2 lớp con:

- Lớp con điều khiển truy nhập phương tiện (MAC – Medium Access Control)
- Lớp con điều khiển liên kết logic (LLC – Logical Link Control)

Do tính chất phức tạp của lớp liên kết dữ liệu trong các mạng LAN mà sự phân chia này là cần thiết. Trong mạng LAN, các máy tính được nối tới cùng một dây cáp, chúng chia sẻ khả năng truyền dẫn của một kênh quảng bá (đa truy nhập hoặc truy nhập ngẫu nhiên). Lớp con MAC liên quan đến các chức năng phụ thuộc phần cứng mạng. Hai ví dụ phổ biến nhất của các công nghệ truy nhập mạng LAN là CSMA/CD (Ethernet) và Token Ring. Lớp con LLC quan tâm nhất đến khía cạnh toàn vẹn dữ liệu như: truyền lại dữ liệu, xác nhận việc nhận dữ liệu. Đối với các liên kết điểm-điểm đơn giản hơn thì không cần phải tách lớp MAC. Trong trường hợp này, chỉ một đặc tả giao thức lớp liên kết dữ liệu cũng có thể bao phủ toàn bộ lớp liên kết dữ liệu.

Trong mạng LAN, mỗi máy tính có riêng một địa chỉ MAC (địa chỉ phần cứng). Địa chỉ này được sử dụng để xác định nguồn và đích của mỗi khung trên kênh quảng bá. Nhờ có địa chỉ MAC, các máy tính có thể có một kết nối điểm-điểm thông qua một kênh quảng bá được chia sẻ bởi nhiều kết nối điểm-điểm. Cần chú ý rằng địa chỉ MAC chỉ được sử dụng ở bên trong mạng LAN chứ không được truyền tới các mạng khác.

1.3.1.3 Lớp mạng

Các lớp bên dưới lớp mạng chỉ quan tâm đến các kết nối điểm-điểm giữa 2 nút. Lớp mạng có những kiến thức về kiến trúc mạng và cùng với lớp mạng của các nút nó phục vụ, các gói dữ liệu được định tuyến thông qua mạng để tới đích. Mỗi nút có riêng một địa chỉ toàn cục (lớp mạng). Vấn đề chính yếu là xác định có bao nhiêu gói tin được định tuyến từ điểm nguồn tới điểm đích. Việc định tuyến có thể dựa trên các

bảng định tuyến cố định tại lớp mạng và chúng hiếm khi thay đổi, hoặc các tuyến có thể thay đổi để phản ánh tải trọng hiện thời của mạng.

Khi có nhu cầu, các máy chủ của mạng có thể tự do gửi các gói tin. Chúng thường không được biết gì về mật độ lưu lượng của các máy chủ khác hoặc của các kết nối trên mạng. Tình cờ, nếu có nhiều máy chủ cùng trao đổi thông tin tại một thời điểm và có quá nhiều gói được truyền thì sẽ tạo ra các khu vực dễ bị tắc nghẽn trên mạng. Việc điều khiển tắc nghẽn cũng thuộc về lớp mạng.

Trong các mạng dữ liệu công cộng, chức năng tính cước thường được xây dựng bên trong lớp mạng. Phần mềm trong lớp mạng phải đếm xem có bao nhiêu gói tin hoặc ký tự mà mỗi khách hàng đã gửi để đưa ra thông tin tính cước. Trong một mạng quảng bá biệt lập (chẳng hạn Ethernet) việc định tuyến đơn giản đến mức có thể không cần đến lớp mạng. Địa chỉ MAC có thể nhận dạng các máy chủ. Tuy nhiên nếu các mạng này được nối tới các mạng khác, thì bắt buộc phải có các địa chỉ mạng. Chú ý rằng các địa chỉ MAC sử dụng trong lớp liên kết dữ liệu là không quan trọng bên ngoài mạng LAN.

1.3.1.4 Lớp giao vận

Lớp giao vận là lớp đầu-cuối thực sự đầu tiên. Các giao thức từ lớp giao vận trở lên của các trạm sử dụng mạng như một kết nối điểm-điểm để truyền thông. Thông điệp nguồn trên đường đi có thể được lớp mạng tách ra và lớp phiên bên nhận sẽ là nơi đầu tiên các gói nhỏ thuộc cùng một thông điệp gặp lại nhau.

Lớp giao vận hoạt động như một lớp giao diện giữa các lớp thấp (dành cho việc kết nối mạng) và các lớp cao (dành cho các dịch vụ ứng dụng). Nhiệm vụ của lớp này là đảm bảo thường xuyên việc truyền dẫn từ đầu cuối đến đầu cuối không có lỗi và các gói tin không bị mất trong quá trình truyền thông. Để thực hiện điều này trong lớp giao vận có thể bao gồm các thủ tục truyền lại hoặc thủ tục xác nhận.

Lớp giao vận thường cung cấp 2 lớp dịch vụ cơ sở cho lớp phiên:

- Truyền các thông điệp và gói dữ liệu riêng biệt qua mạng. Các thông điệp được truyền có thể tới đích theo thứ tự khác nhau và lỗi có thể xuất hiện. Ví dụ giao thức UDP – User Datagram Protocol của Internet (không thuộc về các giao thức OSI) và giao thức giao vận, lớp 1 (TP1) của OSI (IS 9072).
- Kênh truyền điểm-điểm không lỗi sẽ chuyển các thông điệp theo cùng một thứ tự như khi chúng được gửi. Ví dụ giao thức điều khiển truyền thông (TCP) của Internet (không có trong chuẩn giao thức OSI) và TP4 của OSI (IS 8072/8073)

1.3.1.5 Lớp phiên

Lớp giao vận đảm bảo cho sự thành công trong truyền thông đầu-cuối giữa các máy tính. Thực tế, quá trình truyền thông được thực hiện bởi 4 lớp bên dưới lớp phiên. Ba lớp cao nhất không cần thiết cho quá trình truyền dữ liệu, nhưng chúng tạo sự

tương thích cho các ứng dụng và do vậy các chương trình ứng dụng chạy trên các máy có thể hiểu được nhau. Lớp phiên cho phép sử dụng trên các máy khác nhau thiết lập các phiên làm việc với nhau. Ví dụ, nó cho phép người sử dụng truy nhập vào một hệ thống chia sẻ thời gian ở xa hoặc cho phép truyền tệp giữa 2 máy tính.

Lớp phiên cho phép truyền thông các dữ liệu bình thường, giống như lớp giao vận thực hiện, nhưng nó còn cung cấp một số dịch vụ mở rộng hữu ích cho các ứng dụng. Chẳng hạn dịch vụ quản lí điều khiển đàm thoại. Các phiên làm việc có thể cho phép truyền thông 2 hướng hoặc 1 hướng tại một thời điểm. Nếu truyền thông một hướng được cho phép, lớp phiên có thể cho biết hướng nào đang sử dụng. Lớp phiên còn cung cấp chức năng quản lí thẻ bài, và với sự trợ giúp của chức năng này chỉ có máy nào nắm thẻ bài mới có thể thực hiện một thao tác nguy cấp.

Một dịch vụ khác của lớp phiên là dịch vụ truyền thành công các tệp kích thước lớn. Nếu không có dịch vụ này thì chỉ cần một lỗi đơn giản trong quá trình truyền thông cũng có thể phá hủy cả một tệp và do đó phải truyền lại cả tệp. Để hạn chế điều này, lớp phiên cung cấp cách chèn các điểm kiểm tra vào trong luồng dữ liệu, và do vậy nếu có lỗi thì chỉ cần truyền lại dữ liệu từ điểm kiểm tra cuối cùng.

1.3.1.6 Lớp trình diễn

Như chúng ta thấy, các lớp thấp chủ yếu liên quan tới quá trình truyền có thứ tự các bit hoặc dữ liệu từ nguồn đến đích. Thay vào đó, lớp trình diễn liên quan đến dạng thông tin được truyền đi. Mỗi máy tính có thể có cách biểu diễn dữ liệu nội tại riêng của nó, do vậy những thoả thuận và chuyển đổi là cần thiết để các máy tính có thể hiểu được nhau.

Nhiệm vụ của lớp trình diễn là mã hóa dữ liệu được cấu trúc theo các định dạng của máy tính thành luồng dữ liệu phù hợp cho truyền dẫn. Chẳng hạn như việc nén dữ liệu. Lớp trình diễn phía nhận giải mã dữ liệu đã được nén thành dạng biểu diễn được yêu cầu. Lớp trình diễn giúp cả 2 máy tính hiểu được ý nghĩa của luồng bit nhận được theo cùng một cách.

Các máy tính khác nhau có cách biểu diễn dữ liệu nội tại khác nhau. Tất cả các máy tính lớn IBM đều sử dụng mã trao đổi thập phân được mã hoá nhị phân mở rộng (EBCDIC – Extended Binary-Coded Decimal Interchange Code), mã ký tự 8 bit; trong khi thực tế tất cả các máy khác đều sử dụng mã ASCII 7 hoặc 8 bit. Các chíp Intel đánh số các byte của nó từ phải sang trái, trong khi các chíp Motorola thì lại đánh số từ trái qua phải. Do các hãng sản xuất máy tính hiếm khi thay đổi các quy ước của riêng mình nên các chuẩn toàn cầu cho việc biểu diễn dữ liệu nội tại sẽ không bao giờ được chấp nhận.

Một giải pháp đảm bảo tính tương thích là định nghĩa một chuẩn cho "dạng biểu diễn mạng" của dữ liệu. Như vậy bất kỳ máy tính nào cũng có thể truyền thông

được với các máy tính khác nếu nó chuyển đổi những biểu diễn dữ liệu nội tại thành dạng mạng được chuẩn hoá này.

1.3.1.7 Lớp ứng dụng

Lớp ứng dụng bao hàm các ứng dụng truyền thống sử dụng dịch vụ của các lớp thấp hơn. Các ứng dụng của người sử dụng thực hiện các công việc trên máy tính không thuộc vào lớp ứng dụng, nhưng chúng trao đổi thông tin nhờ sự trợ giúp của giao thức lớp ứng dụng. Chương trình xử lý văn bản là một ví dụ về ứng dụng của người sử dụng.

Để phục vụ các ứng dụng người sử dụng, các ứng dụng truyền thông cần thiết như truyền tệp hoặc một đầu cuối ASCII thường được định nghĩa như các giao thức lớp ứng dụng. Ứng dụng truyền thông cung cấp cho các ứng dụng người sử dụng những dịch vụ không phụ thuộc nhà sản xuất. Các dịch vụ lớp ứng dụng thường sẵn có đối với các lập trình viên giống như các dịch vụ khác cuả hệ điều hành. Với sự trợ giúp của các dịch vụ này, nhà lập trình phần mềm ứng dụng không phải lo lắng gì về quá trình truyền thông dữ liệu thực tế. Họ có thể sử dụng tất cả các dịch vụ của chồng giao thức được thực hiện trên môi trường phát triển phần mềm của họ.

Thư điện tử (Email) là một ví dụ về các giao thức ứng dụng. Trong ví dụ này, ngoài các chức năng giống với các chức năng của giao thức truyền tệp, nó còn cung cấp các chức năng viết sẵn như xoá, gửi và đọc thư. Ví dụ, những đặc tính kỹ thuật của lớp ứng dụng định nghĩa định dạng của trường địa chỉ và trường thông điệp.

Để phân biệt giữa chương trình ứng dụng và lớp ứng dụng được xác định bởi một giao thức, chúng ta hãy lấy thư điện tử làm ví dụ. Chúng ta có thể có một ứng dụng chạy bên trên lớp ứng dụng. Chương trình này có thể cung cấp một trình soạn thảo thân thiện người sử dụng, các cửa sổ để đánh địa chỉ và đánh nội dung thông điệp. Nó cũng có thể cung cấp một phương pháp đánh địa chỉ thân thiện người sử dụng, chẳng hạn như khi chúng ta đánh một địa chỉ đích là “kvt@ptit.edu.vn” thì địa chỉ này sẽ được phần mềm chuyển đổi thành dạng mà lớp ứng dụng hiểu được.

Cần chú ý rằng dịch vụ lớp ứng dụng cung cấp cho chúng ta các dịch vụ truyền thông nhưng chúng ta có thể phải nâng cao các dịch vụ này cùng với một phần mềm ứng dụng để sử dụng nó cho các mục đích của mình.

1.3.2 Mô hình TCP/IP

1.3.2.1 Giới thiệu

TCP/IP là một bộ giao thức được phát triển bởi cục các dự án nghiên cứu cấp cao (ARPA) của bộ quốc phòng Mỹ. Ban đầu nó được sử dụng trong mạng ARPANET.

Khi công nghệ mạng cục bộ phát triển, TCP/IP được tích hợp vào môi trường điều hành UNIX và sử dụng chuẩn Ethernet để kết nối các trạm làm việc với nhau. Đến khi xuất hiện các máy PC, TCP/IP lại được chuyển sang môi trường PC, cho phép các máy PC chạy DOS và các trạm làm việc chạy UNIX có thể tương tác trên cùng một mạng. Hiện nay, TCP/IP được sử dụng rất phổ biến trong mạng máy tính, mà điển hình là mạng Internet.

Chồng giao thức TCP/IP được chia thành bốn tầng: Truy nhập mạng (Network Access), Liên mạng (Internet), Giao vận (Transport) và Ứng dụng (Application). Vì TCP/IP ra đời và phát triển trước khi có mô hình tham chiếu OSI nên TCP/IP hoàn toàn không tuân theo mô hình OSI. Tuy nhiên, hai mô hình lại có những mục tiêu tương tự nhau, và có sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các nhà thiết kế các tiêu chuẩn này nên chúng được đưa ra với tính tương thích nào đó. Mô hình OSI rất có ảnh hưởng trong sự phát triển của các giao thức, và hiện nay thuật ngữ OSI áp dụng cho TCP/IP là khá phổ biến.

Hình 1.10 chỉ ra mối quan hệ giữa mô hình TCP/IP và mô hình OSI. Tầng ứng dụng trong mô hình TCP/IP tương ứng với ba tầng trong mô hình OSI là ứng dụng, trình diễn và phiên. Tầng này còn được gọi là tầng xử lý (process). Tầng giao vận tương ứng với tầng giao vận trong mô hình OSI và còn được gọi là tầng trạm-tới-trạm (host-to-host). Tầng liên mạng tương ứng với tầng mạng trong mô hình OSI. Tầng truy nhập mạng mạng tương ứng với tầng liên kết dữ liệu và vật lý trong mô hình OSI. Tuy nhiên, trên thực tế thì TCP/IP không hoàn toàn tương ứng với mô hình OSI như minh họa trên hình vẽ. Sự tương ứng hoàn hảo giữa hai mô hình là một vấn đề được tranh luận nhiều trong các cuộc thảo luận về công nghệ mạng.

1.3.2.2 Tầng Truy nhập mạng

Tầng Truy nhập mạng cung cấp một giao tiếp với mạng vật lý, khả năng kiểm soát lỗi cho dữ liệu phân bố trên mạng vật lý. Các định dạng dữ liệu cho môi trường truyền và các địa chỉ dữ liệu cho mạng con (subnet) được dựa trên các địa chỉ vật lý. Tầng này bao gồm cả các công nghệ LAN và WAN.

Các chức năng của tầng Truy nhập mạng bao gồm: ánh xạ địa chỉ IP sang địa chỉ vật lý và đóng gói dữ liệu IP vào khung. Dựa trên kiểu phần cứng và giao diện mạng, tầng giao diện mạng sẽ xác định kết nối với phương tiện vật lý của mạng.

1.3.2.3 Tầng Liên mạng

Mục đích của tầng Liên mạng là chọn đường đi tốt nhất qua mạng cho các gói tin. Công việc xác định đường đi tốt nhất và chuyển gói được thực hiện nhờ sự trợ giúp của các giao thức. Ví dụ một số giao thức hoạt động ở tầng này là:

- IP: cung cấp dịch vụ chuyển dữ liệu nỗ lực tối đa (best-effort) và phi kết nối. Chức năng chính của IP là đánh địa chỉ logic (địa chỉ IP) và định tuyến dữ liệu.
- ICMP: cung cấp khả năng thông báo lỗi và kiểm soát.
- ARP: xác định địa chỉ vật lý (địa chỉ MAC) tương ứng với một địa chỉ IP.
- RARP: xác định địa chỉ IP tương ứng với một địa chỉ MAC.

Giao thức chính hoạt động tại tầng này là giao thức IP.

1.3.2.4 Tầng giao vận

Tầng giao vận cung cấp dịch vụ truyền tải từ trạm nguồn đến trạm đích. Tầng này thiết lập một kết nối logic giữa hai điểm cuối của mạng là trạm gửi và trạm nhận. Các giao thức giao vận phân mảnh và ghép dữ liệu của các ứng dụng tầng trên vào trong một luồng dữ liệu giữa các điểm cuối.

Tại tầng giao vận có hai giao thức chính là TCP và UDP. TCP là giao thức hướng kết nối. Để kiểm soát luồng cuối-cuối, TCP sử dụng cơ chế cửa sổ trượt. Ngoài ra, nó còn sử dụng số xác nhận và số trình tự để cung cấp tính tin cậy. Khác với TCP, UDP là một giao thức phi kết nối và không tin cậy.

Một số dịch vụ tầng giao vận cung cấp gồm:

- **Cả TCP và UDP**
  - Phân mảnh dữ liệu của ứng dụng tầng trên.
  - Gửi các phân đoạn dữ liệu từ thiết bị đầu cuối này tới thiết bị đầu cuối kia.
- **Riêng TCP**
  - Thiết lập kết nối cuối-cuối.
  - Điều khiển luồng bằng cơ chế cửa sổ trượt.
  - Cung cấp tính tin cậy bằng cách sử dụng số trình tự và số xác nhận.

1.3.2.5 Tầng ứng dụng

Tầng ứng dụng cung cấp các dịch vụ dưới dạng các giao thức cho ứng dụng của người dùng. Một số giao thức tiêu biểu tại tầng này gồm:

- *FTP* (File Transfer Protocol): Đây là một dịch vụ hướng kết nối và tin cậy, sử dụng TCP để cung cấp truyền tệp giữa các hệ thống hỗ trợ FTP.
- *Telnet* (TERminaL NETwork): Cho phép các phiên đăng nhập từ xa giữa các

máy tính. Do Telnet hỗ trợ chế độ văn bản nên giao diện người dùng thường ở dạng dấu nhắc lệnh tương tác. Chúng ta có thể đánh lệnh và các thông báo trả lời sẽ được hiển thị.

- *HTTP* (Hyper Text Transfer Protocol): Trao đổi các tài liệu siêu văn bản để hỗ trợ WEB.
- *SMTP* (Simple Mail Transfer Protocol): Truyền thư điện tử giữa các máy tính. Đây là dạng đặc biệt của truyền tệp được sử dụng để gửi các thông báo tới một máy chủ thư hoặc giữa các máy chủ thư với nhau.
- *POP3* (Post Office Protocol): Cho phép lấy thư điện tử từ hộp thư trên máy chủ.
- *DNS (Domain Name System):* Chuyển đổi tên miền thành địa chỉ IP. Giao thức này thường được sử dụng khi người dùng sử dụng dùng tên chứ không dùng địa chỉ IP.
- *DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol):* Cung cấp các thông tin cấu hình động cho các trạm, chẳng hạn như gán địa chỉ IP.
- *SNMP (Simple Network Management Protocol):* Được sử dụng để quản trị từ xa các thiết bị mạng chạy TCP/IP. SNMP thường được thực thi trên các trạm của người quản lý, cho phép người quản lý tập trung nhiều chức năng giám sát và điều khiển trong mạng.

Hình 1.9 cho ta thông tin chi tiết hơn về mô hình TCP/IP với các giao thức thông dụng trên các lớp.

Hình 1.9: Các giao thức trong mô hình TCP/IP

1.3.3 So sánh OSI và TCP/IP

TCP/IP được phát triển trước mô hình OSI. Do đó, các lớp trong TCP/IP không tương ứng hoàn toàn với các lớp trong mô hình OSI. Chồng giao thức TCP/IP được chia thành bốn lớp: giao diện mạng (network interface), liên mạng (internet), giao vận (transport) và ứng dụng (application). Hình 1.10 cho thấy lớp ứng dụng trong mô hình TCP/IP tương ứng với ba lớp trong mô hình OSI là lớp ứng dụng, lớp trình diễn và lớp phiên. Lớp này còn được gọi là lớp xử lý (process). Lớp giao vận tương ứng với lớp giao vận trong mô hình OSI. Lớp này còn được gọi là lớp trạm-tới-trạm (host-to-host). Lớp liên mạng tương ứng với lớp mạng trong mô hình OSI. Lớp giao diện mạng tương ứng với lớp liên kết dữ liệu và vật lý trong mô hình OSI.

Hình 1.10: Mô hình TCP/IP và OSI

1.4 Mạng Internet

Internet là một mạng thông tin toàn cầu có thể được truy nhập công cộng gồm các mạng máy tính được liên kết với nhau. Mạng này truyền thông tin theo kiểu chuyển gói dữ liệu dựa trên một bộ giao thức đã được chuẩn hóa (TCP/IP). Môi trường liên mạng của Internet bao gồm hàng ngàn mạng máy tính nhỏ hơn của các doanh nghiệp, các viện nghiên cứu và trường đại học, các chính phủ cũng như là người dùng cá nhân trên toàn cầu.

1.4.1 Sự ra đời và phát triển

Năm 1969, mạng ARPAnet của bộ Quốc phòng Mỹ được thành lập. (ARPA là viết tắt của cụm từ Advanced Research Projects Agency - Cơ quan các dự án nghiên cứu cao cấp) với mục tiêu là:

- Là một mạng máy tính có khả năng chịu đựng các sự cố (ví dụ một số nút mạng bị tấn công và phá huỷ nhưng mạng vẫn tiếp tục hoạt động).
- Mạng cho phép một máy tính bất kỳ trên mạng liên lạc với mọi máy tính khác.

Năm 1982, bộ giao thức TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) được đưa ra. Đây là giao thức giúp cho các máy có thể dễ dàng truyền thông với nhau và cũng chính là giao thức chuẩn trên Internet cho đến ngày nay.

Năm 1983, ARPAnet sử dụng bộ giao thức TCP/IP và sau đó, Quĩ khoa học quốc gia của Mỹ (National Science Foundation - NSF) đã tài trợ cho việc xây dựng NSFnet thay thế cho ARPAnet.

Năm 1986 NSFnet liên kết 60 trường đại học Mỹ và 3 trường đại học Châu Âu. Điểm quan trọng của NSFnet là nó cho phép mọi người cùng sử dụng.

Năm 1991, tại trung tâm nghiên cứu nguyên tử Châu Âu CERN, Tim Berners Lee triển khai thành công dịch vụ World Wide Web (WWW). Chính nhờ dịch vụ này mà người sử dụng tìm thấy ở mạng máy tính toàn cầu có nhiều điều hấp dẫn.

Năm 1993 NSF lập InterNIC cung cấp nhiều dịch vụ mới, khái niệm Internet, mạng thông tin toàn cầu được hình thành.

Ngày nay Internet thực sự là mạng máy tính của toàn cầu với việc cho phép mỗi người đều tìm thấy ở đó dịch vụ mà mình cần đến

Tháng 12 năm 1997, Việt Nam chính thức tham gia kết nối vào mạng lưới toàn cầu Internet. Cho tới 2/2010 đã có trên 23 triệu người sử dụng Internet chiếm khoảng 27% dân số.

Internet được xây dựng trên nền kỹ thuật chuyển mạch gói, kỹ thuật này đang được phát triển để chấp nhận được mức chất lượng dịch vụ đối với các ứng dụng thời gian thực như video và thoại. Chúng ta mong đợi mạng Internet sẽ đáp ứng các ứng dụng thông tin thời gian thực với chất lượng tốt như các dịch vụ đang được thực hiện trên các mạng sử dụng công nghệ chuyển mạch kênh.

1.4.2 Các thành phần của mạng

Internet là mạng của các mạng, nó kết nối các mạng máy tính thông qua thiết bị kết nối sử dụng các giao thức kết nối. Các thành phần của Internet bao gồm:

- Các hệ thống đầu cuối (end system) kết nối với nhau tạo thành mạng, có thể là các máy tính cá nhân, máy chủ hoặc các thiết bị khác. Hiện nay ngày càng

nhiều các loại thiết bị có khả năng kết nối vào mạng máy tính như điện thoại di động, PDA, TV,...

- Môi trường truyền (media) mà các thao tác truyền thông được thực hiện qua đó. Môi trường truyền có thể là các loại dây dẫn (cáp đồng hoặc cáp quang), sóng điện từ (đối với các mạng không dây).
- Các thiết bị kết nối trong mạng: switch có chức năng phân cách các mạng máy tính thành các phân đoạn (segment) riêng biệt để giảm hiện tượng đụng độ, giảm truyền quảng bá (broadcast) hay thực hiện chức năng bảo mật; hub có chức năng như một bộ lặp có nhiều cổng, thông tin ở cổng vào sẽ được đưa tới tất cả các cổng ra, bộ định tuyến có chức năng kết nối các mạng máy tính hay kết nối các người sử dụng với mạng máy tính ở các khoảng cách xa với nhau thông qua các đường truyền thông như điện thoại, ISDN, T1, X.25, …
- Giao thức truyền thông (protocol) là các quy tắc quy định cách trao đổi dữ liệu giữa các thực thể.

1.5 Tổng kết

Mạng truyền thông cho phép trao đổi thông tin hay quảng bá thông tin giữa các đối tượng (người với người, người với máy móc hay với các hệ thống thông tin, …) ở các dạng khác nhau như tiếng nói, hình ảnh, dữ liệu và ở các vị trí không gian khác nhau. Việc trao đổi thông tin này được thực hiện nhờ vào các hệ thống truyền dẫn (cáp kim loại, cáp quang, vi ba, vệ tinh, không dây) thông qua các mạng công cộng như các mạng điện thoại, mạng phát thanh truyền hình hay mạng máy tính. Như vậy, có thể nói cơ sở hạ tầng thông tin đang được hình thành dựa trên các thiết bị được kết nối với nhau thông qua mạng truyền thông.

Chương 1 giới thiệu những kiến thức cơ bản về các loại mạng truyền thông như mạng cục bộ, mạng đô thị hay mạng diện rộng. Các giải pháp mạng không dây và vấn đề kết nối liên mạng cũng đã được giới thiệu một cách khái quát. Qua những nội dung trình bày trong chương này người đọc có thể nắm được nguyên lí hoạt động cơ bản của mạng truyền thông, các mô hình phân lớp điển hình như OSI và TCP/IP, phân tích những đặc điểm đặc trưng cho các mô hình này .

Chồng giao thức TCP/IP được chia thành bốn tầng: Truy nhập mạng, Liên mạng, Giao vận và Ứng dụng. Vì TCP/IP ra đời và phát triển trước khi có mô hình tham chiếu OSI nên TCP/IP không hoàn toàn tuân theo mô hình OSI. Tuy nhiên, hai mô hình lại có những mục tiêu tương tự nhau, và có sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các nhà thiết kế các tiêu chuẩn này nên chúng được đưa ra với tính tương thích nào đó. Mô

hình OSI rất có ảnh hưởng trong sự phát triển của các giao thức, và hiện nay thuật ngữ OSI áp dụng cho TCP/IP là khá phổ biến.

Chương này cũng giới thiệu ngắn gọn về Internet như là một mạng diện rộng điển hình với qui mô toàn cầu. Trong tương lai các mạng viễn thông có xu hướng hội tụ để có thể truyền được các loại hình thông tin trên một nền mạng duy nhất và để có thể dễ dàng cung cấp các dịch vụ viễn thông phong phú đa dạng đến người sử dụng. Trong nội dung chương cũng giới thiệu khái quát về xu hướng hội tụ này của các mạng viễn thông hiện tại và tương lai.

1.6 Câu hỏi ôn tập

1. Nêu và phân tích các khái niệm mạng cục bộ, đô thị và diện rộng.
2. Trình bày nguyên lí hoạt động chung của các mạng truyền thông.
3. Phân biệt và so sánh đặc điểm của các dịch vụ hướng kết nối và phi kết nối
4. Phân biệt các khái niệm dịch vụ và giao thức, phân tích sự tương tác giữa dịch vụ và giao thức.
5. Vẽ hình và nêu ý tưởng xây dựng mô hình kết nối các hệ thống mở (OSI).
6. Phân tích chức năng các tầng trong mô hình kết nối các hệ thống mở (OSI).
7. Vẽ hình và nêu khái quát về mô hình giao thức TCP/IP.
8. Phân tích chức năng các tầng trong mô hình TCP/IP.
9. Giới thiệu các thành phần cơ bản của mạng Internet .

CHƯƠNG 2. LỚP VẬT LÍ VÀ LIÊN KẾT DỮ LIỆU

2.1 Lớp Vật lí

Mỗi hệ thống truyền thông qua một mạng thì việc cần thiết đầu tiên là phải kết nối được hai điểm (ví dụ là điểm A và điểm B). Nhiệm vụ của lớp vật lí là cung cấp một kênh để truyền các bit thông tin giữa hai điểm (trường hợp truyền thông điểm-điểm) hoặc giữa nhiều điểm (trường hợp truyền thông điểm-đa điểm). Vì thế, lớp vật lí đóng một vai trò rất quan trọng trong việc chuẩn hóa các vấn đề đơn giản song lại là sống còn đó là lựa chọn môi trường vật lí cụ thể nào, đánh dấu và biểu diễn bit trên môi trường đó ra sao, chuẩn kết nối cho giao diện cụ thể đó và những vận hành cụ thể để các bit thông tin đó được truyền qua các giao diện.

2.1.1 Truyền tín hiệu ở lớp Vật lí

Truyền tín hiệu chỉ ra phương pháp chính xác để truyền thông tin trong môi trường vật lí. Các kĩ thuật truyền tín hiệu có thể được nhóm vào 2 loại chính: băng rộng (broadband) và băng cơ sở (baseband). Truyền tín hiệu băng rộng tương ứng với bản chất tín hiệu tương tự thông thường, còn truyền tín hiệu băng hẹp thì có thể coi là tương ứng với tín hiệu số.

2.1.1.1 Truyền tín hiệu tương tự

Truyền tín hiệu tương tự (hay tín hiệu analog) dựa trên việc sử dụng các sóng biến đổi liên tục để truyền thông tin trên kênh truyền thông. Những sóng thay đổi liên tục này thường được biểu diễn thông qua hàm sin và được gọi là sóng hình sin. Hình 2.1 minh họa sóng hình sin và cho thấy hai trong ba đặc điểm cơ bản của sóng này.

Hình 2.1: Sóng hình sin

Trên hình vẽ ta thấy sóng hình sin có thể coi là bắt đầu ở một điểm giữa nào đó trong hai cực (ví dụ là hai cực hiệu điện thế). Theo thời gian, sóng hình sin sẽ tiến tới giá trị cực đại rồi sẽ giảm dần đến điểm giữa và tiếp tục xuống điểm cực tiểu và quá trình cứ thế tiếp tục. Mỗi chu kỳ sóng hình sin bao gồm: điểm giữa → điểm cực đại → điểm giữa → điểm cực tiểu → điểm giữa. Số lượng chu kỳ (cycle) trong 1 giây được gọi là tần số (frequency) của sóng hình sin. Thứ nguyên (thang đo) tần số là chu kỳ trên giây hay Hz (Hertz).

Đặc điểm quan trọng thứ hai của sóng hình sin là biên độ (amplitude), nó liên quan tới khoảng cách giữa các điểm cực của sóng. Trong lĩnh vực âm thanh, tần số tương ứng với độ cao (pitch), còn biên độ ứng với độ lớn (loudness).

Đặc điểm thứ ba của sóng hình sin khó diễn tả hơn, đó là pha (phase). Pha của một sóng hình sin được đo tương quan với một sóng hình sin khác (tham chiếu) và được diễn tả là sự sai khác về góc giữa hai sóng. Hai sóng hình sin được coi là lệch 180 độ khi ở cùng thời điểm một sóng tiến tới điểm dương nhất trong khi sóng kia tiến tới điểm âm nhất.

Hình 2.2 minh họa mối quan hệ giữa cặp sóng hình sin theo từng đặc điểm: biên độ, tần số và pha. Cặp sóng hình sin đầu tiên có biên độ khác nhau. Cặp sóng ở giữa hình có tần số khác nhau. Cặp sóng cuối cùng bên phải hình có pha khác nhau (khác 180 độ), cặp sóng cuối chỉ khác nhau về pha, hai đặc điểm còn lại (tần số và biên độ) là giống nhau.

Hình 2.2: Biên độ, tần số và pha của sóng hình sin

Với sóng hình sin, chỉ có ba đặc điểm là được đo với mục đích truyền thông tin qua các kênh truyền thông. Vì thế, nếu kênh truyền thông yêu cầu sử dụng để truyền tín hiệu băng rộng và thông tin được chuyển dưới dạng số (0 và 1) thì cần thiết kế cơ cấu "gán" thông tin số vào sóng hình sin. Thiết bị thực hiện việc truyền thông tin số trên kênh truyền tương tự là modem. Modem lấy một trong ba (hoặc kết hợp) đặc điểm của sóng hình sin vào tín hiệu biểu diễn bởi 0 và 1. Trước đây, các modem biến đổi

biên độ (khóa dịch biên), tần số hay pha. Ngày nay hầu hết các modem biến đổi cả pha và biên độ bằng kỹ thuật điều biên cầu phương (Quadrature Amplitude Modulation - QAM).

Hình 2.3 minh họa tín hiệu điều chế khóa dịch tần. Kênh truyền thông tương tự trong ví dụ này là đường dây điện thoại. Đường dây này chỉ có thể chấp nhận dải tần xấp xỉ từ 300 đến 3400 Hz. Để truyền thông tin số trên kênh này, đầu tiên ta cần phải chọn hai tần số rời rạc nằm trong kênh (ví dụ 800 Hz và 2400 Hz). Sau đó ta gán một tần số (tần số thấp hơn trong hình) để biểu diễn tín hiệu số 0 và tần số còn lại (tần số cao hơn) để biểu diễn tín hiệu số 1.

Hình 2.3: Mã dịch pha

Bằng cách chuyển giữa hai tần số, tùy thuộc vào việc cần chuyển số 0 hay số 1 tới bên thu mà bên phát sẽ điều chế dòng bit đầu vào để tương thích với bản tính tương tự của kênh. Bên thu trong quá trình giải điều chế sẽ nhận tín hiệu dưới dạng hai tần số trên và chuyển tần số ngược về 0 hay 1 tương ứng. Về nguyên tắc điều chế bên phát và giải điều chế bên thu phải như nhau cho dù modem biến đổi tần số, biên độ hay pha. Kỹ thuật đặc biệt được sử dụng trong thực tế được xác định thông qua dải tần của kênh và tốc độ dữ liệu yêu cầu.

2.1.1.2 Truyền tín hiệu số

Truyền tín hiệu số (hay tín hiệu băng cơ sở) dựa trên việc sử dụng các trạng thái rời rạc để truyền thông tin trên kênh truyền thông. Những trạng thái rời rạc này thường được biểu diễn bằng các xung (ví dụ như hiệu điện thế) và vì thế thường được gọi là sóng vuông. Hình 2.4 cho thấy sóng hình vuông với hai trạng thái rời rạc (0 và 1) có thể biểu diễn bằng giá trị hiệu điện thế khác nhau (cộng và trừ 12 vôn).

Hình 2.4: Sóng vuông

Rất nhiều phương thức truyền tín hiệu số khác nhau đã được phát triển trong nhiều năm qua. Hình 2.5 cho thấy một số phương thức phổ biến. Trong hình, phần trên cùng là cơ cấu truyền tín hiệu đơn cực (unipolar) trong đó tín hiệu số 1 được biểu diễn bằng +5 vôn và tín hiệu số 0 được biểu diễn là trạng thái không có điện thế (nối đất). Cơ cấu này được sử dụng rộng rãi trong thời kì dùng mạch cổng logic transitor-transitor (TTL).

Hình 2.5: Cơ cấu truyền tín hiệu sóng số

Ở giữa hình là cơ cấu truyền tín hiệu lưỡng cực (bipolar) với tín hiệu số 1 được biểu diễn là trạng thái -12 vôn và tín hiệu số 0 được biểu diễn là trạng thái +12 vôn. Ngày nay, cơ cấu này được dùng rộng rãi trong giao thức lớp vật lí EIA-232-E. Phần dưới cùng là cơ cấu lưỡng cực trở về không (BPRZ) trong đó các tín hiệu số 0 biểu diễn bằng trạng thái không có hiệu điện thế (đất) và tín hiệu số 1 biểu diễn bằng các xung 3 vôn hoán đổi liên tục. Cơ cấu này được gọi là mã đảo dấu luân phiên (AMI), dựa trên các nhà cung cấp và khách hàng sử dụng các đường truyền T-1.

Một yếu tố quan trọng lựa chọn để sử dụng một cơ cấu băng cơ sở trên một cơ cấu khác đó là kĩ thuật này cho phép định thời dễ dàng và đồng bộ.

2.1.1.3 Băng rộng với băng cơ sở và tương tự với số

Tới giờ chúng ta đã sử dụng thuật ngữ băng rộng và băng cơ sở để đề cập tới kĩ thuật truyền tín hiệu tương tự và số trên kênh truyền thông. Vì vậy, một đường dây điện thoại có thể được coi là một kênh băng rộng và một đường truyền T-1 có thể được coi là kênh cơ sở. Nội dung thông tin truyền đi qua một kênh truyền thông cho trước có thể phân biệt theo các đường dây như nhau cho dù nó dựa trên tương tự hay số.

Sự phân biệt này tiến tới một khái niệm quan trọng trong lớp vật lí, được gọi là DTE vật lí hay DCE vật lí. Một DTE (thiết bị đầu cuối dữ liệu) tạo thông tin dưới dạng dữ liệu truyền trên kênh truyền thông. Nội dung thông tin do DTE tạo ra có thể là tương tự hoặc số. Mục đích của DCE (thiết bị kết cuối mạch dữ liệu) là nhận dữ liệu từ DTE theo dạng đã được tạo ra và chuyển đổi dữ liệu này thành khuôn dạng tương thích với kênh truyền thông.

Hình 2.6 là ma trận 4 ô khái quát về các thuật ngữ này. Trong một phần tư ô trái trên cùng, thông tin có dạng tương tự và phải chuyển trên kênh truyền băng rộng. Hiển nhiên là không thể chuyển đổi thông tin ngay trong trường hợp này mà đa phần cần có sự biến đổi thông tin trước khi truyền đi. Ví dụ, thông tin tương tự của giọng nói con người cần phải chuyển đi trên đường dây điện thoại (kênh băng rộng). Thông tin đến dưới dạng sóng âm thanh, song kênh lại yêu cầu biểu diễn bằng điện các sóng đó vì thế một chiếc microphone sẽ làm thiết bị chuyển đổi (transducer) giữa nguồn tin tương tự và kênh băng rộng.

Hình 2.6: Tín hiệu số và tương tự với tín hiệu tương tự và số

Trong một phần tư ô trái bên dưới, thông tin số cần truyền qua một kênh truyền băng rộng. Đây là ví dụ điển hình cho máy tính sử dụng đường dây điện thoại để truyền thông tin. Trong hình cần có một modem (DCE) để thực hiện việc chuyển đổi này. Trong một phần tư trên bên phải, dòng thông tin analog cần phải chuyển qua kênh băng cơ sở. Ví dụ điển hình cho trường hợp này là thiết bị T-1 (băng cơ sở) để mang tín hiệu video tương tự. Ở đây, thiết bị codec (viết tắt của coder-decoder) có chức năng như DCE.

Cuối cùng, phần tư bên phải dưới cùng là trường hợp thông tin số cần truyền trên kênh truyền thông băng cơ sở. Việc chuyển đổi ở đây là cần thiết vì cơ cấu truyền tín hiệu sử dụng DTE không tương thích trực tiếp với cơ cấu do kênh yêu cầu. Ví dụ nếu DTE sử dụng cơ cấu truyền tín hiệu phân cực như chuẩn EIA-232 và kênh lại yêu cầu một cơ cấu khác như BPRZ trên kênh T-1 thì bắt buộc phải có sự chuyển đổi. DCE loại này được gọi là đơn vị dịch vụ kênh /đơn vị dịch vụ dữ liệu (CSU/DSU).

Tóm lại, DCE đóng một vai trò sống còn trong việc thực hiện kênh vật lí. Mặc dù có nhiều dạng sử dụng DCE khác nhau, thông tin số hay tương tự có thể làm tương thích với kênh truyền thông băng cơ sở hoặc băng rộng.

2.1.1.4 Những giới hạn của việc truyền tín hiệu và dung lượng kênh

Một kênh truyền thông cho trước có dung lượng truyền tin giới hạn, mặc dù trong một vài trường hợp (như sợi quang đơn mốt), dung lượng đó vẫn còn chưa xác định. Dung lượng mang thông tin của kênh có mối liên hệ với băng tần (bandwidth) và tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N) trên kênh.

Yếu tố đầu tiên quyết định đến lượng thông tin mà một kênh cho trước có thể truyền đó là tốc độ truyền tín hiệu tối đa của kênh đó. Việc truyền tín hiệu có thể con là việc chuyển tín hiệu cho dù là tín hiệu băng rộng hay băng cơ sở. Với các hệ thống băng rộng, việc chuyển từ một tần số này sang tần số khác hoặc chuyển từ biên độ này tới biên độ khác đều được gọi là các sự kiện truyền tín hiệu (signaling event). Trong hệ thống băng cơ sở, việc chuyển từ một trạng thái rời rạc này tới một trạng thái khác (ví dụ từ +12 vôn đến -12 vôn) cũng là sự kiện truyền tín hiệu. Thực tế, mỗi sự kiện truyền tín hiệu như thế đều có một cái tên đặc biệt: baud. Vì thế, tốc độ truyền tín hiệu cực đại của một kênh tỉ lệ với tốc độ baud tối đa của kênh đó.

Năm 1924, Harold Nyquist, làm việc ở Phòng thí nghiệm điện thoại Bell-Mỹ, đã khám phá ra mối quan hệ cơ bản giữa băng thông của một kênh và tốc tộ baud tối đa mà kênh có thể cung ứng. Nyquist chỉ ra là tốc độ baud không thể vượt quá hai lần băng thông của kênh. Vì thế, với kênh thoại 3000 Hz, tốc độ baud không thể vượt quá

6000 baud. Với kênh truyền hình tương tự (6 MHz) thì tốc độ baud không thể vượt quá 12 Mbaud.

Trong nhiều cơ cấu truyền tín hiệu, mỗi lần chuyển tín hiệu trên kênh lại tương ứng với việc chuyển một bit thông tin từ bên phát đến bên nhận. Với các cơ cấu 1 bit/baud thì tốc độ bit và baud là bằng nhau. Rất nhiều cơ cấu truyền tín hiệu, cả băng rộng và băng cơ sở, đều có khả năng truyền nhiều bit trong một sự kiện truyền tín hiệu. Những cơ cấu truyền đa bit/baud có thể truyền tín hiệu với tốc độ vượt quá tốc độ baud. Các cơ cấu truyền tín hiệu như vậy được phân loại theo thuật ngữ có bao nhiêu bit thông tin được truyền trong một lần truyền tín hiệu. Vì thế thường hay gặp nhất là dibit (2 bit/baud), tribit (3 bit/baud) và quadbit (4 bit/baud). Chúng ta sẽ lấy ví dụ về cơ cấu mã hai bit thường gặp gọi là DPSK (Differential Phase Shift Keying).

Nếu một bộ giải điều chế (demodulator) có thể phân biệt được hai pha của sóng hình sin, thì nó chỉ có thể truyền 1 bit thông tin với mỗi lần chuyển dịch pha. Để tạo nên những modem như thế, chúng ta có thể gán các giá trị số tùy ý như số 0 vào một pha (ví dụ 0 độ) và giá trị số 1 vào pha còn lại (ví dụ 180 độ). Mỗi khi modem chuyển dịch giữa 0 độ và 180 độ, thì 1 bit thông tin được truyền đi. Giả sử cùng một bộ giải điều chế đủ nhạy để phân biệt pha ở vị trí trung gian (90 độ và 270 độ), để có thể phân biệt được 4 pha của sóng hình sin chúng ta cần gán cho mỗi pha một giá trị dibit (hai bit). Ví dụ, 0 độ dịch pha có thể dùng giá trị số là “00”, 90 độ dịch pha có thể sử dụng giá trị “01”, 180 độ sẽ sử dụng giá trị “10” và 270 độ sử dụng giá trị “11”.

Tương tự, có thể mở rộng ra là nếu một bộ giải điều chế có thể nhận ra 8 pha khác biệt thì ta có thể mã hóa thông tin số 3 bit với mỗi lần dịch pha hoặc nếu nhận ra 16 pha khác biệt thì số bit tương ứng cần cho mỗi pha là 4. Chú ý là bằng cách tăng cường độ nhạy của bộ giải điều chế, chúng ta có thể tăng tốc độ dữ liệu mà không phải tăng tốc độ baud. Dường như tiến trình này có thể tiếp tục gia tăng nếu như không có giới hạn ảnh hưởng rất lớn là nhiễu trên kênh.

Vào năm 1948, Claude Shannon, cũng làm việc ở Phòng thí nghiệm Bell, chỉ ra bước tiến tiếp theo của lí thuyết thông tin. Shannon giám sát thấy lí thuyết Nyquist chỉ được áp dụng với kênh không có nhiễu. Trong thực tế thì không thể có những kênh như vậy. Tất cả cá kênh đều có nhiễu, và nhiễu sẽ đưa ra một giới hạn, không phải lên tốc độ baud trên giây mà là số lượng bit có thể mã hóa cho một sự kiện truyền tín hiệu cụ thể.

Lí thuyết Shannon cho thấy, với một đường dây điện thoại điển hình (với tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu khoảng 30 dB) thì số lượng bit tối đa có thể mã hóa cho một sự kiện truyền tin là 5. Vì thế, số bit tối đa đạt được trong điều kiện này là 30 Kb/s (6000 baud

nhân với 5 bit/baud). Nhưng ngạc nhiêu là các modem có thể hoạt động ở tốc độ bit cao hơn (với modem V.90 là 56Kb/s) là những modem được coi là chống lại lí thuyết Shannon đầu tiên. Tuy nhiên, nhiều người khẳng định là những modem đó không phù hợp với công việc của Nyquist và Shannon. Hơn nữa, những modem này sử dụng công nghệ nén dữ liệu và sửa lỗi hướng đi để tăng tốc độ bit vượt qua những giới hạn mà hai nhà khoa học ở Phòng thí nghiệm Bell đã chỉ ra.

2.1.2 Đồng bộ và định thời

Ở phía phát tín hiệu, lớp vật lí nhận khung từ lớp trên và phát tín hiệu lên môi trường truyền dẫn để truyền dữ liệu. Ở phía nhận tín hiệu, lớp vật lí kiểm tra quá trình đồng bộ bit và đặt chuỗi bit nhận được vào vùng đệm. Sau đó thông báo cho lớp Data Link dữ liệu đã được nhận.

Với việc truyền thông chính xác thực hiện ở lớp vật lí, bên phát và bên thu phải đồng bộ với nhau, nghĩa là bên thu phải biết khi nào thì lấy mẫu kênh để phát hiện sự kiện tín hiệu chính xác. Nếu bên thu lấy mẫu quá sớm hoặc quá muộn thì sẽ dẫn đến việc nhận sai tín hiệu. Trong những trường hợp như vậy có thể nhận nhầm tín hiệu 0 là 1 và ngược lại. Phần tiếp theo sẽ thảo luận về vấn đề định thời trong cả môi trường vật lí song song và nối tiếp. Hình 2.7 cho thấy sự khác biệt trong kiểu truyền song song (parallel) và nối tiếp (serial) ở lớp vật lí.

Hình 2.7: Các giao diện song song và nối tiếp

2.1.2.1 Định thời trong các giao diện vật lí song song

Vấn đề đồng bộ trong môi trường lớp vật lí song song khá là đơn giản. Trong Hình 2.7, ta thấy là trong các đường truyền thông giữa bên phát và bên thu, đường mang thông tin đồng hồ định thời (clock) được dùng để đồng bộ hai bên truyền thông. Sử dụng mạch đồng hồ, bên phát chỉ rõ cho bên thu khi nào dữ liệu được truyền trên mạch. Nếu tốc độ dữ liệu và khoảng cách giao diện nằm trong giới hạn đảm bảo không

xảy ra méo thì thông tin do mạch đồng hồ cung cấp sẽ đủ để tránh việc lấy sai mẫu dữ liệu.

2.1.2.2 Định thời trong các giao diện vật lí nối tiếp

Khi chỉ có một đường truyền thông duy nhất giữa bên phát và bên thu, vấn đề đồng bộ sẽ trở nên phức tạp hơn. Có hai cách cơ bản để đồng bộ giữa bên phát và bên thu trong môi trường nối tiếp. Một cách là dựa vào định thời ngầm giữa hai bên truyền thông, được gọi là truyền thông dị bộ. Cách khác là dựa vào việc chuyển thông tin định thời ngầm giữa các bên truyền thông, được gọi là truyền thông đồng bộ.

2.1.2.3 Truyền thông dị bộ

Thuật ngữ "dị bộ" (asynchronous) để miêu tả sắp xếp định thời giữa bên phát và bên nhận mà không trao đổi thông tin định thời ngầm thì khá rủi ro. Để chuyển đổi thông tin chính xác, mỗi cặp phát-thu phải luôn được đồng bộ lẫn nhau. Thuật ngữ dị bộ đề cập tới khoảng thời gian liên quan mà hai bên bên phát và thu định thời với nhau, trong một môi trường dị bộ trong khoảng thời gian rất ngắn (thường là một kí tự trong một bảng mã như ASCII). Vì vậy, thuật ngữ định hướng kí tự (character-oriented) thì mô tả tố hơn trường hợp truyền thông dị bộ này.

Hình 2.8 cho thấy phương thức truyền một kí tự (chữ hoa Z trong bảng mã ASCII) trong môi trường dị bộ. Trong những môi trường này, được đặc tả bằng người gõ bàn phím. Định thời giữa việc truyền kí tự thành công (khoảng cách giữa các kí tự) là thay đổi, vì thế mới có thuật ngữ là dị bộ (không đồng bộ). Tuy nhiên, một khi đã nhấn phím thì dữ liệu phát từ bàn phím sẽ là một thực thể 10 bit (1 bit khởi động, 7 bit dữ liệu, 1 bit chẵn lẻ và khoảng ngừng). Để nhận mà không có lỗi 10 bit này phải được lấy mẫu chính xác ở bên thu. Nói cách khác, trên cơ sở kí tự mở rộng, bên phát và bên thu phải được đồng bộ. Lí tưởng nhất là bên thu sẽ lấy mẫu chính xác vào giữa các bit để đạt được dòng lớn nhất.

Hình 2.8: Khuôn dạng kí tự truyền dị bộ

Với tốc độ tín hiệu là 1200 b/s (tốc độ thông thường cho truyền dị bộ) thì mỗi bit xuất hiện trên kênh trong khoảng 830 micro giây (1/1200 b/s). Vì thế, để lấy mẫu bit chính xác, khoảng thời gian lấy mẫu phải vào khoảng 830 micro giây. Vấn đề lúc này là bao giờ bắt đầu tiến trình lấy mẫu. Bit khởi đầu (start bit) sẽ cung cấp thông tin này. Việc bắt đầu bit khởi đầu được báo hiệu thông qua việc thay đổi đường dây từ trạng thái điện áp dương song trạng thái không có điện áp (nối đất). Cách dễ nhất để suy nghĩ về bit khởi động là coi nó như cuộc gọi đánh thức đến bên thu. Khi bên thu thấy sự thay đổi này, nó hiểu là bit khởi động đang tới và nó chỉ đơn giản làm công việc đếm tới khoảng giữa bit (415 micro giây) và lấy mẫu đầu tiên. Để đọc được 9 bit còn lại, bên thu cứ đếm hết một khoảng 830 micro giây là lấy mẫu. Trong trường hợp này bên phát và thu được đồng bộ trong khoảng thời gian truyền kí tự mà không phải trao đổi thông tin định thời công khai.

Dĩ nhiên là phương pháp dị bộ phụ thuộc vào một mức độ chính xác vừa phải với mỗi đồng hộ chạy tự do ở bên thu và phát. Ngoài ra, truyền thông dị bộ chỉ hoạt động tốt với tốc độ dữ liệu thấp khi khoảng cách giữa các bit là lớn. Với tốc độ dữ liệu là 45 Mb/s thì mỗi bit chỉ xuất hiện trong 0,002 micro giây. Với khoảng cách bit nhỏ như thế thì kĩ thuật dị bộ với cơ cấu định thời ẩn sẽ làm truyền thông khó thể chính xác ở lớp vật lí.

2.1.2.4 Truyền thông đồng bộ

Khi số lượng bit được truyền dữ bên phát và thu đến một giá trị nào đó (ví dụ 10 bit) thì yêu cầu với các bên truyền thông là phải trao đổi thông tin định thời chính xác để đồng bộ. Trên liên kết nối tiếp, chỉ có một đường truyền thông tin, vì vậy thông tin định thời phải được "nhúng" trong dữ liệu. Truyền thông như vậy, trong khi phải duy trì mối quan hệ định thời trong thời gian dài (ví dụ với khoảng thời gian truyền nhiều bit) và khi bên phát cung cấp thông tin định thời nằm như một phần của dòng dữ liệu, được gọi là "đồng bộ".

Quay lại Hình 2.5, chúng ta có thể thấy là các cơ cấu truyền tín hiệu băng cơ sở có thể sử dụng để truyền không chỉ dữ liệu mà còn cả thông tin đồng bộ giữa bên gửi và bên nhận. Chìa khóa cho việc sử dụng các tín hiệu băng cơ sở với mục đích đồng bộ là đảm bảo rằng thường xuyên có sự chuyển dịch (1 thành 0 và ngược lại) xuất hiện trong dòng dữ liệu. Thực tế, mô hình đồng bộ tốt nhất đó là hoán đổi liên tục 1 và 0. Trong trường hợp này, mỗi bit trong dòng dữ liệu cung cấp thông tin đồng bộ cho bên thu.

Vấn đề nằm ở chỗ trạng thái chuyển dịch để duy trì đồng bộ là trong một vài trường hợp các chuỗi tín hiệu chỉ toàn 0 hoặc toàn 1. Nhìn vào cả hai cơ cấu truyền tín

hiệu đơn cực hoặc song cực trong Hình 2.5, chúng ta thấy là nếu chuỗi chỉ toàn 0 hoặc toàn 1 thì sẽ không có sự thay đổi để bên thu nhận biết đồng bộ. Chỉ có cơ cấu lưỡng cực trở về không là có ưu điểm trong vấn đề này. Trong BPRZ, bit 1 được luân phiên đảo cực nên nếu có nhiều bit 1 đi liền nhau thì vẫn có thể chấp nhận được. Nhưng nếu các bit 0 lại đi liền nhau thành chuỗi dài thì lại xảy ra việc không thể truyền được tín hiệu đồng bộ. Vì vậy cần phải tránh chuỗi 0 khi sử dụng cơ cấu truyền tín hiệu này.

Như đã đề cập trước đây, BPRZ được sử dụng trong các mạch T-1 và chuẩn T-1 chỉ rõ là không thể xảy ra trường hợp chuỗi có hơn 15 số 0 liên tiếp. Nếu vượt quá con số này, đường truyền sẽ dễ bị mất đồng bộ. Các cơ cấu đã được phát triển để đảm bảo là không xảy ra chuỗi có hơn 15 số 0 trên đường T-1.

2.1.3 Các giao thức và đặc tả lớp Vật lí

Lớp Vật lý định nghĩa các qui cách về điện, cơ, thủ tục và các đặc tả chức năng để kích hoạt, duy trì và dừng một liên kết vật lí giữa các hệ thống đầu cuối. Lớp vật lí trong các hệ thống được thiết kế để giảm thiểu lỗi khi hoạt động. Trong trường hợp có lỗi thì các lớp trên sẽ bị ảnh hưởng. Phương tiện truyền dẫn được hiểu là ở dưới lớp vật lí, nhưng các đặc tính nó yêu cầu có chứa trong đặc tả của lớp vật lí.

Một số các đặc điểm trong lớp vật lí này bao gồm:

- Mức điện thế.
- Khoảng thời gian thay đổi điện thế.
- Tốc độ dữ liệu vật lí.
- Khoảng đường truyền tối đa.
- Các đầu nối vật lí: chân cắm, số chân cắm, loại bộ nối và cáp nối.

Có hàng trăm chuẩn lớp vật lí đã được phát triển trong nhiều năm qua. Có thể kể đến như RS-232, X.21, V.35, V.34, Q.911, T1, E1, G.703, 10BASE-T, 100BASE-TX, ISDN, POTS, SONET, DSL, 802.11b, 802.11g …. Chúng có những đặc điểm chính sau:

- Một giao thức lớp vật lí phải đặc tả mối quan hệ cơ học giữa các bên tham gia truyền thông (từ DTE tới DCE hoặc ngược lại). Ví dụ: Loại kết nối được dùng và vị trí đầu dây.
- Các chuẩn phải đặc tả đặc tính điện của một giao diện. Thỏa thuận hiệu điện thế (hoặc tần số, biên độ và pha) được sử dụng để biểu diễn 0 và 1.
- Tốc độ chuyển đổi dữ liệu và khoảng cách hoạt động tối đa của giao diện được đặc tả đặc biệt ở một số phương thức.
- Các đặc tính chức năng của giao diện, như là định nghĩa đầu dây nào của bộ kết nối (connector) chịu trách nhiệm thực hiện chức năng.

Các đặc tính mang tính tiến trình của giao điện phải được đặc tả. Ví dụ, nếu một giao thức lớp vật lí được thiết kế để hỗ trợ hoạt động theo kiểu quay số (dial-up) thì phải đặc tả trình tự yêu cầu quay số điện thoại ở xa.

Thông tin chi tiết trên, thậm chí là một vài giao thức lớp vật lí thông dụng, cũng chiếm đến vài trang giấy. Vì thế, mục đích phần trao đổi tiếp theo đây về hai chuẩn lớp vật lí thông dụng nhất là để biểu diễn các đặc tính chung của các giao thức này.

2.1.3.1 EIA-232-E

Được biết đến như RS-232-C, chuẩn lớp vật lí EIA-232-E đã được công nhận là chuẩn phổ cập trong nhiều năm. EIA-232-E được dùng trong cả môi trường đồng bộ lẫn dị bộ với tốc độ dữ liệu không vượt quá 20 kb/s (chú ý là qua một khoảng cách ngắn, EIA-232-E có thể truyền tốc độ tới 56 kb/s). Một giao diện DTE-DCE thường được sử dụng giữa các đầu cuối dữ liệu tốc độ thấp (như cổng COM của máy tính cá nhân PC) và các modem cho truyền thông trên các đường dây điện thoại.

Mặc dù không được đặc tả theo thuật ngữ khoảng cách, song khoảng cách cho phép tối đa giữa DTE và DCE chỉ khoảng 15 mét sử dụng EIA-232-E (việc dùng cáp "dung lượng thấp" có thể kéo dài khoảng cách ra đáng kể). EIA-232-E đặc tả việc dùng bộ kết nối DB-25 (cổng kết nối 25 chân) và có thể hỗ trợ tới 25 dây trên giao diện, tuy nhiên rất hiếm khi cả 25 đầu dây đều được dùng trong các ứng dụng. Thực tế, IBM thường dùng cổng nối DB-9 (cổng nối 9 chân) để hỗ trợ EIA-232-E trong các sản phẩm PC của mình. Các đầu dây phổ biến và chức năng của nó có trong Hình 2.9.

Hình 2.9: Chuẩn lớp vật lí EIA-232-E

Chức năng của đầu dây truyền (transmit) và nhận (receive) là tùy ngữ cảnh. Chú ý là sử dụng thuật ngữ gửi (send) và nhận (receive) là từ khía cạnh của DTE. Đầu dây

"đầu cuối dữ liệu sẵn sàng" và "sẵn sàng thiết lập dữ liệu" dùng để chỉ ra theo hai hướng là thiết bị phía bên kia của giao diện đang hoạt động. Còn "yêu cầu gửi" và "xóa để gửi" được dùng với các đường dây trong môi trường bán song công (half-duplex). DTE báo hiệu chú ý bằng cách truyền lên đầu "yêu cầu gửi". Nếu phương tiện vật lí sẵn sàng cho việc truyền dẫn thì DCE chỉ ra điều kiện này bằng cách truyền trên đầu "xóa để gửi".

Chú ý là mỗi đầu trên giao diện EIA-232-E được tham khảo với một đầu nối đất chung (hiệu điện thế bằng không). Vì lí do này, EIA-232-E được gọi là giao diện không cân bằng. Một chuẩn lớp vật lí khác là EIA-422-A đặc tả việc vận hành cân bằng với mỗi đầu liên quan tới đầu dây "đất" tách biệt riêng. Vì thế, EIA-422-A có thể cung cấp tốc độ dữ liệu cao hơn với khoảng cách xa hơn EIA-232-E. Cấu hình EIA-232-E trong Hình 2.9 dùng cho truyền thông trên đường dây thuê dị bộ. Khi được sử dụng trong môi trường đồng bộ, những đầu khác được dùng để hỗ trợ đồng bộ giữa DTE và DCE.

Chú ý là EIA-232-E được gọi là giao diện lớp vật lí ngoài băng (out-of-band) vì chỉ có tín hiệu chạy trên đầu gửi và nhận là tín hiệu số. Các tín hiệu điều khiển được đưa trong đầu riêng của chúng, các tín hiệu điều khiển không bao giờ đi lên đầu gửi và nhận dữ liệu.

2.1.3.2 ITU Recommendation X.21

Chuẩn vật lí X.21 thông dụng ở khắp nơi ngoại trừ Bắc Mỹ trong các mạng CSDN (mạng dữ liệu chuyển mạch kênh). Chuẩn X.21 đặc tả giao diện song song đồng bộ giữa DTE và DCE với 8 đầu nối. Việc kết nối DTE và DCE qua giao diện X.21 được thể hiện trong Hình 2.10.

Hình 2.10: Khuyến nghị X.21 của ITU

X.21 được thực thi sử dụng bộ nối 15 chân. Nó được coi là giao diện lớp vật lí trong băng (in band) vì các đầu truyền và nhận có thể mang cả thông tin điều khiển và tín hiệu dữ liệu người sử dụng. Trạng thái của đầu điều khiển và chỉ dẫn xác định tín hiệu trên đầu truyền và nhận sẽ được phiên dịch là thông tin điều khiển hay dữ liệu của người sử dụng. Ví dụ, khi đầu điều khiển trong trạng thái hoạt động, thông tin trên đầu truyền là thông tin quay số (như số điện thoại). Khi đầu điều khiển ở trạng thái đối lập (không hoạt động) thì thông tin trên đầu dây truyền là dữ liệu của người sử dụng.

2.2 Lớp Liên kết dữ liệu

2.2.1 Các chức năng của lớp liên kết dữ liệu

Lớp liên kết dữ liệu có một số chức năng cần thực hiện, cụ thể là:

- Cung cấp một giao diện dịch vụ được định nghĩa rõ với lớp mạng;
- Kiểm soát và xử lí các lỗi đường truyền;
- Điều khiển luồng dữ liệu để tương thích được tốc độ của máy phát và máy thu.

Để thực hiện được các chức năng này, lớp liên kết dữ liệu nhận các gói tin gửi xuống từ lớp mạng và đóng chúng và các khung (frame) để truyền đi. Mỗi khung chứa phần tiêu đề (header), tải trọng (payload) và phần đuôi (trailer) như trên Hình 2.11. Việc quản lí và điều khiển truyền khung thực chất là những việc mà lớp liên kết dữ liệu phải làm.

Hình 2.11: Các gói được đóng khung ở lớp liên kết dữ liệu

Chức năng của lớp liên kết dữ liệu là cung cấp dịch vụ cho lớp mạng. Về nguyên tắc, dịch vụ được truyền từ lớp mạng của máy phát đến lớp mạng của máy thu. Tuy nhiên đường truyền thực sự sẽ phải được thực hiện thông qua lớp liên kết dữ liệu (Hình 2.12).

Hình 2.12: Đường truyền thông ảo và đường truyền thực sự giữa hai trạm

Lớp liên kết dữ liệu có thể được thiết kế để cung cấp một số loại dịch vụ như:

- Dịch vụ phi kết nối không báo nhận
- Dịch vụ phi kết nối có báo nhận
- Dịch vụ hướng kết nối có báo nhận

Ví dụ về việc lớp liên kết dữ liệu cung cấp dịch vụ truyền gói tin cho lớp mạng có thể được minh họa như trên Hình 2.13.

Hình 2.13: Lớp liên kết dữ liệu truyền gói tin cho lớp mạng

2.2.2 Phân/tách khung

Để cung cấp dịch vụ cho lớp mạng, lớp liên kết dữ liệu phải sử dụng dịch vụ được cung cấp bởi lớp vật lí. Điều một lớp vật lí cần làm là nhận dòng bit từ lớp liên kết dữ liệu và truyền các bit này đến máy đích. Dòng bit này có thể bị lỗi trong quá trình truyền dẫn đến giá trị nhận được bị sai, thậm chí số bit nhận được có thể nhiều hơn hay ít hơn so với số bit truyền đi. Lớp liên kết dữ liệu có trách nhiệm phát hiện và, nếu cần, sửa các lỗi này.

Phương pháp thường dùng nhất là lớp liên kết dữ liệu sẽ chia dòng bit thành các khung rời rạc và tính tổng kiểm tra (checksum) cho mỗi khung. Khi một khung đến đích, tổng kiểm tra sẽ được tính lại. Nếu kết quả tính tổng kiểm tra khác với giá trị tổng kiểm tra chứa trong khung nhận được thì lớp liên kết dữ liệu sẽ cho rằng có lỗi xảy ra và thực hiện các bước xử lí lỗi (loại bỏ khung lỗi và có thể truyền ngược cho máy phát một thông báo lỗi).

Việc chia dòng bit thành các khung có thể được thực hiện theo một số cách như sau:

- Đếm kí tự
- Sử dụng các byte cờ với kĩ thuật byte stuffing
- Sử dụng cờ bắt đầu va kết thúc với kĩ thuật bit stuffing
- Sử dụng các đặc điểm mã hóa ở lớp vật lí

Phương pháp định khung đầu tiên (đếm kí tự) sử dụng một trường trong tiêu đề để chỉ ra số kí tự trong khung. Khi lớp liên kết dữ liệu ở máy thu nhìn thấy số đếm kí tự này, nó sẽ biết được có bao nhiêu kí tự của khung theo sau và sẽ xác định được vị trí kết thúc khung. Kĩ thuật này được minh họa trên Hình 2.14.

Hình 2.14: Định khung bằng cách đếm kí tự

Một vấn đề của giải thuật này là số đếm kí tự có thể bị sai do lỗi trên đường truyền. Khi đó máy thu sẽ mất đồng bộ và không có khả năng xác định được vị trí bắt đầu của khung kế tiếp. Việc gửi một khung ngược trở về máy phát để yêu cầu truyền lại khung cũng không thực hiện được vì máy thu không biết cần phải bỏ qua bao nhiêu kí tự để đến vị trí bắt đầu truyền lại. Vì những lí do này mà phương pháp đếm kí tự ngày nay ít khi được sử dụng nữa.

Phương pháp định khung thứ hai liên quan đến kĩ thuật tái đồng bộ khung bằng cách sử dụng các byte có cấu trúc đặc biệt đặt ở đầu và cuối khung. Trước đây các byte bắt đầu và kết thúc này khác nhau, nhưng ngày nay đa số các giao thức sử dụng cùng một byte, gọi là byte cờ (flag), cho cả hai mục đích: định vị bắt đầu (starting delimiter) và định vị kết thúc (ending delimiter) khung như trên Hình 2.15.

Hình 2.15: Định khung sử dụng byte cờ với kĩ thuật byte stuffing

Một vấn đề đặt ra đối với phương pháp này là khi trong dòng bit truyền đi xuất hiện tổ hợp bit có cấu trúc giống hệt như byte cờ. Khi đó máy thu có thể lầm tưởng rằng đây là dấu hiệu cờ và sẽ định khung sai. Biện pháp để khắc phục vấn đề này là lớp liên kết dữ liệu của máy phát sẽ chèn một byte ESC ngay trước mỗi byte dữ liệu có cấu trúc giống byte cờ trong dòng dữ liệu. Tại đầu thu, lớp liên kết dữ liệu của máy thu sẽ loại bỏ byte ESC này trước khi chuyển dữ liệu lên trên cho lớp mạng. Kĩ thuật này được gọi là "độn byte" (byte stuffing). Với kĩ thuật độn byte này byte cờ định khung có thể được phân biệt với byte dữ liệu có cấu trúc giống byte cờ bởi sự vắng mặt hay hiện diện của byte ESC ngay trước.

Một tình huống có thể xảy ra là trong dòng bit truyền đi xuất hiện byte dữ liệu có cấu trúc giống byte ESC. Khi đó cách giải quyết là ta cũng độn một byte ESC đằng trước byte này. Một số trường hợp độn byte được minh họa trên Hình 2.15. Trong mọi trường hợp, chuỗi dữ liệu nhận được sau khi "giải độn" sẽ giống chính xác như chuỗi ban đầu.

Sơ đồ độn byte nói trên là sự đơn giản hóa một phần của sơ đồ được sử dụng trong giao thức PPP mà hầu hết các máy tính gia đình sử dụng để truyền thông với nhà cung cấp dịch vụ Internet (ISP). Bất lợi chủ yếu của phương pháp này là nó ràng buộc ta phải sử dụng các kí tự 8 bit. Không phải tất cả các bộ mã kí tự đều sử dụng kí tự 8 bit (ví dụ Unicode sử dụng kí tự 16 bit). Hạn chế trong việc sử dụng mã kí tự với chiều dài cứng nhắc đã thúc đẩy sự phát triển một sơ đồ mới cho phép các kí tự có kích thước thay đổi.

Kĩ thuật mới này cho phép các khung dữ liệu chứa một số ngẫu nhiên các bit và các mã kí tự có kích thước bất kì. Nguyên tắc làm việc của nó như sau: mỗi khung sẽ bắt đầu và kết thúc bởi một tổ hợp bit có cấu trúc đặc biệt là 01111110 (thực chất đây cũng là byte cờ). Mỗi khi máy phát nhìn thấy năm bit 1 liên tiếp theo sau bit 0 trong dòng dữ liệu thì lớp liên kết dữ liệu của nó sẽ tự động độn thêm một bit 0 vào. Việc "độn bit" (bit stuffing) này nhằm để tránh sự xuất hiện của tổ hợp sáu bit 1 liên tiếp trong dòng dữ liệu có thể gây nhầm lẫn với tổ hợp cờ.

Khi máy thu nhìn thấy năm bit 1 liên tiếp và theo sau đó là một bit 0 thì nó sẽ tự động "giải độn" bằng cách xóa bỏ bit 0 này. Cũng giống như kĩ thuật độn byte, kĩ thuật độn bit là hoàn toàn trong suốt đối với lớp mạng ở cả hai đầu thu/phát. Hình 2.16 minh họa một số ví dụ về kĩ thuật độn bit.

Hình 2.16: Kĩ thuật bit stuffing

Phương pháp định khung cuối cùng dựa trên đặc điểm mã hóa của môi trường vật lí. Ví dụ, một số mạng LAN mã hóa một bit dữ liệu bằng cách sử dụng hai bit vật lí. Bình thường bit 1 được mã hóa bởi cặp cao-thấp (high-low), còn bit 0 được mã hóa bởi cặp thấp-cao (low-high). Các tổ hợp cao-cao (high-high) và thấp-thấp (low-low) không xuất hiện trong dữ liệu nên có thể được sử dụng để xác định giới hạn các khung trong một số giao thức.

2.2.3 Kiểm soát lỗi

Sau khi giải quyết được vấn đề đánh dấu vị trí bắt đầu và kết thúc của khung, bài toán tiếp theo là làm thế nào để đảm bảo rằng tất cả các khung cuối cùng phải đến được lớp mạng của máy thu theo đúng thứ tự.

Phương pháp thường dùng để đảm bảo việc truyền khung tin cậy là báo lại cho máy gửi một thông tin phản hồi về kết quả nhận được ở đầu kia của đường truyền. Điển hình là, giao thức có thể yêu cầu máy thu gửi trả về máy phát các khung điều khiển đặc biệt phản ánh về kết quả nhận khung ở máy thu. Các phản ánh này có thể là dương (positive) hay âm (negative). Nếu máy phát nhận được một phản hồi dương về

một khung, nó hiểu rằng khung này đã đến đích an toàn. Ngược lại, một phản hồi âm có nghĩa là điều gì đó đã xảy ra và khung cần được truyền lại một lần nữa.

Một tình huống xấu có thể xảy ra là vì lí do gì đó khung bị mất hoàn toàn. Khi đó máy thu sẽ không có phản ứng gì và máy phát cứ chờ phản hồi mãi dẫn đến sự cố bị treo. Tình huống này được xử lí bằng cách đưa các bộ định thời (timer) vào lớp liên kết dữ liệu. Khi máy phát gửi đi một khung nó cũng khởi động bộ định thời. Bộ định thời được thiết lập sao cho sẽ kết thúc hoạt động sau một khoảng thời gian đủ lâu để khung này đi đến đích, được xử lí ở đó và có một phản hồi truyền ngược trở về máy phát.

Trong trường hợp bình thường, khung sẽ được nhận đúng và thông tin phản hồi sẽ về đến máy phát trước khi hết thời gian định thời, khi đó bộ định thời được bỏ qua. Còn trong trường hợp khung hoặc phản hồi bị mất thì khi hết thời gian định thời máy phát sẽ cho rằng có sự cố xảy ra. Giải pháp cho trường hợp này là truyền lại khung một lần nữa. Tuy nhiên, khi các khung được truyền lại nhiều lần có thể xảy ra nguy cơ là máy thu sẽ nhận được lặp lại cùng một khung hai hay nhiều lần và chuyển lên lớp mạng. Để ngăn chặn điều này, người ta có thể gán các số trình tự (thứ tự) cho các khung, sao cho máy thu có thể nhận biết được các khung truyền lần đầu và khung truyền lại.

Toàn bộ vấn đề quản lí các bộ định thời và các số trình tự với mục đích đảm bảo rằng các khung được chuyển đến lớp mạng của máy đích một cách đầy đủ và chính xác là nhiệm vụ quan trọng của lớp liên kết dữ liệu.

2.2.4 Điều khiển luồng

Một chức năng quan trọng khác của lớp liên kết dữ liệu là điều khiển luồng. Vấn đề điều khiển luồng đặt ra khi tốc độ truyền khung của máy phát nhanh hơn tốc độ nhận khung của máy thu. Máy phát có thể duy trì việc đẩy các khung ra với tốc độ cao cho đến khi máy thu hoàn toàn bị quá tải. Rõ ràng phải có một cơ chế nào đó để khắc phục hiện tượng này.

Có hai phương pháp có thể được sử dụng. Trong phương pháp thứ nhất, điều khiển luồng được thực hiện dựa trên thông tin phản hồi (feedback-based flow control). Máy thu gửi trả thông tin đến máy phát để cho phép máy phát truyền tiếp dữ liệu hoặc báo cho máy phát biết tính trạng nhận dữ liệu ra sao. Trong phương pháp thứ hai, sử dụng kĩ thuật điều khiển luồng dựa trên tốc độ (rate-based flow control), có một cơ chế để giới hạn tốc độ máy phát có thể gửi mà không cần phải sử dụng thông tin phản hồi từ máy thu.

Ở lớp liên kết dữ liệu thường sử dụng các sơ đồ điều khiển luồng dựa trên thông tin phản hồi. Có nhiều sơ đồ điều khiển luồng dựa trên thông tin phản hồi được biết đến, song hầu hết các sơ đồ này cùng sử dụng một nguyên tắc cơ bản. Trong giao thức có các qui luật rõ ràng về thời điểm máy phát có thể truyền khung kế tiếp. Máy phát sẽ bị cấm truyền khung cho đến khi nhận được sự cho phép từ phía máy thu.

2.2.5 Điều khiển truy nhập đường truyền

2.2.5.1 Các loại đường truyền

Tín hiệu giữa các máy tính trong mạng được truyền thông qua phương tiện truyền dẫn. Các tín hiệu đó biểu thị giá trị dữ liệu dưới dạng các xung nhị phân. Tất cả các tín hiệu được truyền giữa các máy tính đều thuộc một dạng sóng điện từ nào đó, trải từ các tần số radio tới sóng vi ba và tia hồng ngoại. Tuỳ theo tần số của sóng điện từ mà có thể dùng các phương tiện truyền dẫn khác nhau để truyền tín hiệu.

Hiện nay trong mạng cục bộ cả hai loại đường truyền hữu tuyến (dùng cáp) và vô tuyến (không dùng cáp) đều được sử dụng.

Đường truyền hữu tuyến gồm:

- Cáp đồng trục (coaxial cable)
- Cáp xoắn đôi (Twisted-pair cable)
- Cáp sợi quang

Đường truyền vô tuyến gồm:

- Radio
- Sóng vi ba
- Tia hồng ngoại

Đối với các cấu trúc liên kết dạng BUS và vòng Ring, chỉ có một đường truyền duy nhất nối tất cả các trạm với nhau, do đó cần có các qui tắc chung cho tất cả các trạm nối vào mạng để đảm bảo rằng đường truyền được truy nhập và sử dụng một cách tốt đẹp. Có nhiều phương pháp truy nhập đường truyền vật lý, được phân thành hai loại: có điều khiển và ngẫu nhiên.

Truy nhập có điều khiển:

- Chuyển thẻ bài (Token Passing)
- Ưu tiên theo yêu cầu (Demand priority)

Truy nhập ngẫu nhiên:

- Đa truy nhập cảm nhận sóng mang (CSMA)
- Đa truy nhập cảm nhận sóng mang có tránh xung đột (CSMA/CA)
- Đa truy nhập cảm nhận sóng mạng có phát hiện xung đột (CSMA/CD)

2.2.5.2 Đa truy nhập cảm nhận sóng mang có phát hiện xung đột (CSMA/CD)

Phương pháp truy nhập ngẫu nhiên này được sử dụng cho các mạng có cấu trúc dạng BUS, trong đó tất cả các trạm của mạng nối trực tiếp vào BUS. Mọi trạm đều có thể truy nhập vào BUS dùng chung (đa truy nhập) một cách ngẫu nhiên do đó có thể dẫn đến xung đột (hai máy cùng truyền tại một thời điểm).

Ở phương pháp truy nhập này, mỗi máy tính trên mạng kiểm tra lưu lượng mạng trên cáp (cảm nhận sóng mang). Khi một máy tính "cảm thấy" cáp đang thông, nghĩa là không có dữ liệu nào đang truyền trên cáp, nó có thể gửi dữ liệu. Nếu có dữ liệu truyền trên cáp thì không một máy tính nào được truyền cho đến khi dữ liệu đang truyền đến được đích và cáp thông trở lại. Nếu hai máy tính tình cờ gửi dữ liệu tại cùng thời điểm thì xung đột sẽ xảy ra. Khi xung đột xảy ra, các máy tính liên quan ngừng truyền trong một khoảng thời gian ngẫu nhiên rồi sẽ thử truyền lại.

Nếu tất cả các nút đều truyền lại ngay lập tức khi xung đột kết thúc, thì chắc chắn sẽ tiếp tục xảy ra xung đột. Do vậy cần có một thủ tục đảm bảo chỉ có một khả năng rất nhỏ sự truyền lại cùng lúc. Phương pháp CSMA/CD sử dụng khoảng thời gian lùi ngẫu nhiên, mỗi nút chọn một số ngẫu nhiên và đợi trong khoảng thời gian bằng số ngẫu nhiên này nhân với khe thời gian (51.2 μs) trước khi truyền lại.

Quá trình truyền một khung được minh hoạ ở Hình 2.17.

Hình 2.17: Thủ tục truyền khung trong CSMA/CD

2.2.5.3 Chuyển thẻ bài

Trong phương pháp chuyển thẻ bài (Token passing) có một loại gói đặc biệt gọi là thẻ bài (Token) luân chuyển trên vòng cáp, từ trạm này sang trạm khác. Thẻ bài có một bit biểu diễn trạng thái sử dụng của nó (*bận* hoặc *rỗi*). Khi trạm bất kỳ trên vòng cáp cần gửi dữ liệu lên mạng, nó phải chờ để có được một thẻ bài "rỗi". Khi đó máy tính sẽ đổi bit trạng thái của thẻ bài thành "bận" và truyền một đơn vị dữ liệu cùng với thẻ bài theo chiều của vòng. Lúc này không còn thẻ bài "rỗi" trên vòng nữa nên các trạm có dữ liệu truyền phải đợi. Dữ liệu đến trạm đích sẽ được sao chép, sau đó cùng với thẻ bài đi tiếp cho tới khi quay về trạm nguồn. Trạm nguồn sẽ xoá bỏ dữ liệu, đổi bit trạng thái trở về "rỗi" và cho thẻ bài luân chuyển tiếp trên vòng để các trạm khác có thể nhận được quyền truyền dữ liệu.

Sự quay về lại trạm nguồn của dữ liệu và thẻ bài nhằm tạo một cơ chế xác nhận tự nhiên: trạm đích có thể gửi thông tin về kết quả tiếp nhận dữ liệu của mình vào phần tiêu đề của khung. Trong phương pháp này, có hai vấn đề có thể dẫn đến phá vỡ hệ thống. Một là việc mất thẻ bài làm cho trên vòng không còn thẻ bài luân chuyển nữa. Hai là thẻ bài bận (dữ liệu) luân chuyển không ngừng trên vòng. Để giải quyết các vấn đề này, các phương pháp chuyển thẻ bài sử dụng giải pháp:

Đối với việc mất thẻ bài, có thể qui định trước một trạm điều khiển chủ động (active monitor). Trạm này sẽ phát hiện tình trạng mất thẻ bài bằng cách sử dụng cơ

chế ngưỡng thời gian và khôi phục bằng cách gửi lại một thẻ bài "rỗi" mới. Đối với vấn đề thẻ bài bận luân chuyển không ngừng, trạm điều khiển chủ động sử dụng một bit trên thẻ bài (bit monitor) để đánh dấu (đặt giá trị là 1) khi gặp một thẻ bài "bận" đi qua nó. Nếu gặp lại một thẻ bài "bận" với bit monitor đã đánh dấu thì có nghĩa trạm nguồn đã không nhận lại được dữ liệu của mình đã gửi và thẻ bài "bận" này sẽ luân chuyển không ngừng trên vòng. Khi đó, trạm điều khiển chủ động sẽ gỡ bỏ dữ liệu, chuyển thẻ bài về trạng thái "rỗi" và chuyển tiếp nó trên vòng.

2.2.5.4 Phương thức truy nhập ngẫu nhiên ALOHA/Slotted-ALOHA

Ý tưởng của ALOHA là trong mạng mỗi khi nút gửi có gói dữ liệu cần gửi thì ngay lập tức nó gửi toàn bộ gói tin vào kênh truyền dùng chung. Nếu gói tin được truyền xung đột với gói tin từ nút khác thì ngay lập tức nút đó sẽ truyền lại gói tin đó với xác suất p. Nếu việc tính xác suất xác định nó không được truyền thì nút đợi trong khoảng thời gian truyền một gói tin và lại truyền tiếp gói tin vào kênh truyền dùng chung với xác suất p. Lợi điểm của ALOHA là không cần đồng bộ thời gian tại các nút gửi.

SLOTTED-ALOHA: Ý tưởng chính của Slotted-Aloha là chia thời gian thành các khoảng có độ dài bằng thời gian để truyền một gói tin. Tất cả các nút có gói tin cần truyền đều chỉ truyền gói tin tại đầu mỗi khoảng thời gian. Nếu có xung đột thì tất cả các nút sẽ phát hiện xung đột ngay trong khoảng thời gian đó và mỗi nút sẽ truyền lại gói tin với xác suất p hoặc chờ cho tới đầu khoảng thời gian sau. Với phương thức này cần phải đồng bộ thời gian giữa các nút trong mạng.

2.2.5.5 DAMA (Demand Assigned Multiple Access) - Đa truy nhập theo nhu cầu

Phương pháp này dựa trên ý tưởng chính là Aloha nhưng có khắc phục nhược điểm gửi gói tin bất kỳ lúc nào có gói tin cần gửi của một nút bằng cách yêu cầu một nút muốn gửi dữ liệu đi thì phải đặt chỗ trước (reservation time slot). Mỗi nút trong mạng sẽ đăng ký với hệ thống DAMA một time-slot trong tương lai mà nó muốn gửi gói tin của nó tại thời điểm đó. Khi hệ thống cấp time-slot cho nút tương ứng (nếu có nhiều nút cùng đặt một time-slot thì có thể dựa vào độ ưu tiên để cấp quyền sử dụng, ví dụ First Come First Serve) thì tại time-slot đó xác suất để nút tương ứng gửi thành công gói tin của nó rất cao với băng thông gần như lớn nhất của kênh truyền. Do đặc điểm là mỗi nút chỉ được truyền trong khoảng thời gian đã đặt trước nên cho dù tại khoảng thời gian a nào đó nút có quyền sử dụng khoảng thời gian đó không có gói tin gửi đi nhưng nó vẫn được cấp quyền, trong khi đó một nút có gói tin muốn gửi đi không có quyền sử dụng khoảng thời gian đó. Đặc điểm này làm tăng độ trễ trong mạng. Hệ thống DAMA thường sử dụng cho liên kết với vệ tinh (satellite links).

2.2.5.6 Các phương thức truy nhập không dây

Trên mạng không dây sẽ có những phương thức truy nhập đường truyền khác như SDMA, FDMA, TDMA, CDMA,... và các phương thức kết hợp.

FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Đa truy nhập phân chia theo tần số. Trong phương pháp truy nhập đường truyền này mỗi người sử dụng trong một cell sẽ được phân cho một dải tần số (băng tần) nhất định. Các băng tần sử dụng của các người dùng khác nhau (tại một thời điểm) sẽ không chồng lên nhau (non-overlap). Người sử dụng chỉ sử dụng băng tần đã được cấp phép vì thế nhiều người trong cùng một cell có thể cùng truyền một lúc mà không gây nhiễu cho nhau.

Tuy nhiên vì số lượng người sử dụng mạng nhiều nên việc sử dụng lại băng tần có thể diễn ra tại các cell khác nhau. Nếu 2 cell A và B ở gần nhau thì việc sử dụng lại băng tần có thể gây nhiễu.

TDMA (Time Division Multiple Access)

Đa truy nhập phân chia theo thời gian. Với cách truy nhập đường truyền này mỗi người dùng được phân chia cho một khoảng thời gian trong băng tần được gọi là các time-slot. Tức là trong mỗi khoảng thời gian (rất ngắn) một người dùng sẽ được sử dụng toàn bộ băng tần đường truyền.

CDMA (Code Division Multiple Access)

Đa truy nhập phân chia theo mã. Trong phương thức truy nhập này thì các người dùng đều được truyền trong cùng một thời gian và có thể trên cùng một tần số. Mỗi người sử dụng được gán cho một mã (code) riêng biệt và không có người dùng nào trong cùng tế bào dùng chung mã đó. Mã này được dùng để mã hóa dữ liệu trước khi gửi vào kênh truyền dùng chung. Tại nơi thu tín hiệu sẽ sử dụng mã của người dùng tương ứng để lọc bớt (không hoàn toàn) những tín hiệu từ người dùng khác. Điều này cũng làm tăng thêm độ phức tạp của bộ lọc tín hiệu tại các thiết bị thu tín hiệu.

SDMA (Space Division Multiple Access)

Đa truy nhập phân chia theo không gian. Phương pháp này sử dụng các khoảng không gian giữa nhiều người sử dụng trong một cell. Trạm gốc (Base Station) không truyền tín hiệu đến toàn bộ cell mà nó sẽ tập trung hướng tín hiệu vào vùng không gian của người dùng cần phục vụ và giảm công suất tín hiệu tới các vùng của thuê bao khác. Để làm được việc này thì yêu cầu BS phải có hệ thống Antenna lớn và có khả năng khử nhiễu.

2.2.6 Các chuẩn lớp liên kết dữ liệu

Bên cạnh việc chuẩn hoá cho các mạng nói chung, dẫn đến sự ra đời của mô hình tham chiếu OSI, việc chuẩn hoá mạng cục bộ nói riêng cũng đã được thực hiện từ rất sớm để đáp ứng sự phát triển không ngừng của mạng cục bộ. Do đặc trưng riêng, việc chuẩn hoá mạng cục bộ chỉ dành cho hai tầng thấp nhất là tầng vật lý và tầng liên kết dữ liệu.

Các chuẩn định nghĩa phương tiện vật lý và các bộ nối được sử dụng để kết nối các thiết bị tới phương tiện. Các chuẩn cũng định nghĩa cách liên lạc tại tầng liên kết dữ liệu của các thiết bị. Tầng liên kết dữ liệu định nghĩa cách dữ liệu được truyền tải qua phương tiện vật lý. Để cung cấp các chức năng này, Viện kỹ thuật điện và điện tử (IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers) chia tầng liên kết dữ liệu thành hai tầng con.

Tầng con MAC (Media Access Control) định nghĩa cách truyền các khung trên phương tiện vật lý. Tầng con này điều khiển đánh địa chỉ vật lý gắn với mỗi thiết bị, định nghĩa tôpô mạng và cấu hình đường dây.

Tầng con LLC (Logical Link Control) có trách nhiệm nhận dạng lôgíc các loại giao thức khác nhau và sau đó đóng gói chúng. Số hiệu điểm truy nhập dịch vụ hoặc một mã loại sẽ thực hiện việc định danh lôgíc.

Các chuẩn LAN phổ biến gồm (Hình 2.18):

- IEEE 802.3: Mạng cục bộ Ethernet;
- IEEE 802.5: Mạng cục bộ Token Ring;
- IEEE 802.11: Mạng vô tuyến (Wireless LAN);
- IEEE 802.12: Mạng cục bộ truy nhập ưu tiên theo yêu cầu (100VG-AnyLAN);
- ANSI X3T9.5: Mạng cục bộ FDDI.

Hình 2.18: Các chuẩn LAN phổ biến

2.2.6.1 Chuẩn Ethernet

Ethernet là công nghệ mạng LAN băng cơ sở được phát triển bởi trung tâm nghiên cứu Palo Alto của hãng Xerox. Ethernet ban đầu hoạt động ở tốc độ 10 Mb/s, phương tiện truyền dẫn là cáp đồng trục và phương pháp truy nhập đường truyền là CSMA/CD.

Đến năm 1980 thì chuẩn IEEE 802.3 được phát triển dựa trên công nghệ Ethernet. IEEE 802.3 đặc tả các chuẩn 10Base5, 10Base2 sử dụng cáp đồng trục, 10BaseT sử dụng cáp xoắn đôi và chuẩn 10BaseFL sử dụng cáp quang. Ban đầu cáp đồng trục là cáp được sử dụng phổ biến nhất trong Ethernet, nhưng dần dần cáp xoắn đôi đã thay thế cáp đồng trục trong Ethernet, và chuẩn Ethernet thông dụng nhất chính là 10BaseT. Tốc độ chuẩn ban đầu của Ethernet là 10 Mb/s, tuy nhiên các cải tiến về công nghệ sau này đã cho phép Ethernet có tốc độ lên tới 100 Mb/s, 1000 Mb/s và thậm chí hơn nữa. Phần sau sẽ trình bày chi tiết hơn về công nghệ mạng cục bộ thông dụng nhất này.

2.2.6.2 Chuẩn Token Ring

Mạng Token Ring đầu tiên được IBM phát triển vào những năm 1970. Nó là công nghệ LAN chính của IBM và về tính phổ biến thì nó chỉ đứng sau Ethernet và IEEE 802.3. Chuẩn IEEE 802.5 gần như giống hệt và hoàn toàn tương thích với IBM Token Ring.

Trong Token Ring, tất cả các trạm cuối được gắn với một thiết bị có tên MSAU (*MultiStation Access Unit*), nghĩa là có cấu trúc hình sao. Tuy nhiên, thực chất Token Ring lại có cấu trúc Ring vì bên trong MSAU các cổng được đấu nối để tạo thành một Ring. Phương pháp truy nhập đường truyền sử dụng trong Token Ring là chuyển thẻ bài (Token passing).

2.2.6.3 Chuẩn FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

FDDI là kỹ thuật dùng trong các mạng cấu trúc vòng, chuyển thẻ bài tốc độ cao (100 Mb/s) bằng phương tiện cáp sợi quang. Kỹ thuật này do Uỷ ban ANSI X3T9.5 phát triển và ban hành năm 1986. FDDI được thiết kế cho các máy tính cỡ lớn không thoả mãn với băng thông trong kiến trúc Ethernet 10 Mb/s hoặc Token Ring 4 Mb/s.

FDDI sử dụng hệ thống chuyển thẻ bài trong cơ chế vòng kép (dual ring), hỗ trợ 500 nút qua khoảng cách 100 Km. Phương pháp truy nhập đường truyền sử dụng trong FDDI cũng là chuyển thẻ bài, nhưng có cải tiến so với chuyển thẻ bài của Token Ring. Lưu thông trên mạng FDDI bao gồm 2 luồng giống nhau theo hai hướng ngược nhau.

Với Token Ring, khi một nút đang có quyền gửi dữ liệu, nó sẽ không giải phóng thẻ bài khi chưa có xác nhận dữ liệu đã đến đích an toàn và như vậy các nút khác không thể gửi dữ liệu vì thẻ đang bận. Tuy nhiên, với FDDI, một nút sẽ giải phóng thẻ bài ngay sau khi truyền khung dữ liệu cuối cùng. Do vậy, các nút khác trên vòng Ring có thể truyền dữ liệu khi nhận được thẻ bài. Điều này có nghĩa là tại một thời điểm có thể có nhiều khung được truyền trên vòng Ring.

FDDI cung cấp kết nối tốc độ cao cho nhiều loại mạng khác nhau. FDDI có thể sử dụng cho mạng đô thị (MAN) để kết nối các mạng trong cùng thành phố bằng cáp quang tốc độ cao. Các mạng LAN đòi hỏi tốc độ truyền dữ liệu cao và dải thông lớn cũng có thể sử dụng FDDI.

2.3 Công nghệ Ethernet

2.3.1 Giới thiệu

Như đã trình bày ở trên, Ethernet là một công nghệ mạng LAN sử dụng phương pháp truy nhập đường truyền CSMA/CD ra đời từ rất sớm từ một thử nghiệm kết nối mạng bằng cáp đồng trục của hãng Xerox. Thành công của thử nghiệm này đã dẫn đến sự ra đời của Ethernet 1.0 với tốc độ 10 Mb/s. Tiếp theo, chuẩn mạng cục bộ IEEE 802.3 ra đời dựa trên công nghệ này. Chuẩn này đưa ra 3 loại tốc độ truyền dữ liệu trên cáp quang và cáp xoắn đôi, đó là:

- 10 Mb/s: 10Base-T Ethernet.
- 100 Mb/s: Fast Ethernet.
- 1000 Mb/s: Gigabit Ethernet.

Hiện nay, có một số công nghệ mạng LAN khác đã được nghiên cứu và ra đời nhằm thay thế cho Ethernet. Tuy nhiên, Ethernet vẫn tồn tại như một công nghệ mạng

LAN chính (chiếm khoảng 85% các mạng LAN trên toàn thế giới) nhờ một số ưu điểm sau:

- Dễ xây dựng, quản lý, và bảo trì.
- Chi phí xây dựng và bảo trì thấp.
- Cấu trúc mạng mềm dẻo.
- Dễ kết nối và tích hợp với các hệ thống chuẩn khác.

Một mạng Ethernet bao gồm các nút mạng và các phương tiện kết nối. Các nút mạng được chia làm 2 loại:

- Thiết bị đầu cuối dữ liệu (DTE – Data Terminal Equipment): Là các thiết bị đóng vai trò là nguồn hoặc đích của các khung dữ liệu. DTE thường là máy tính, máy trạm, máy chủ, v.v., thường được gọi là trạm cuối.
- Thiết bị truyền thông dữ liệu (DCE – Data Communication Equipment): Là các thiết bị mạng trung gian có nhiệm vụ nhận và chuyển tiếp các gói tin trong mạng. DCE có thể là các thiết bị độc lập như hub, switch, bộ định tuyến hoặc các giao diện truyền thông như card mạng, modem, v.v.

Các phương tiện kết nối thông dụng trong Ethernet là cáp xoắn đôi (bọc hoặc không bọc) và một số loại cáp quang.

2.3.2 Mô hình phân lớp Ethernet

Hình 2.19 cho thấy mô hình phân lớp của Ethernet và quan hệ của nó với mô hình tham chiếu OSI. Trong mối quan hệ này, tầng liên kết dữ liệu của mô hình OSI tương ứng với 2 tầng con của Ethernet là MAC và MAC-client. Tầng vật lý của Ethernet tương ứng với tầng vật lý của mô hình OSI.

Hình 2.19: Mô hình phân lớp Ethernet và quan hệ với OSI

Tầng con MAC-client có thể là:

- Điều khiển liên kết logic (LLC – Logical Link Control), nếu nút là DTE. Tầng con này cung cấp giao diện giữa tầng con MAC của Ethernet và các tầng cao hơn trong chồng giao thức của nút.
- Thực thể cầu nối (Bridge entity), nếu nút là DCE. Tầng con này cung cấp các giao diện LAN - LAN giữa các mạng LAN (cùng hoặc khác giao thức, ví dụ Ethernet – Ethernet hoặc Ethernet – Token Ring).

Tầng con MAC có nhiệm vụ:

- Đóng gói dữ liệu, bao gồm đóng khung dữ liệu, phân tích khung, phát hiện lỗi, v.v.
- Điều khiển truy nhập phương tiện, bao gồm khởi tạo quá trình truyền khung, khôi phục nếu gặp sự cố truyền dẫn.

2.3.3 Cấu trúc khung Ethernet

Chuẩn Ethernet định nghĩa cấu trúc khung cơ bản cho các hoạt động ở tầng MAC cùng với một số lựa chọn mở rộng bao gồm 7 trường như trên Hình 2.20.

Hình 2.20: Cấu trúc khung Ethernet

Ý nghĩa của các trường trong cấu trúc khung như sau:

- PRE (Preamable): Gồm 7 bytes, là 1 chuỗi các bit 0 và 1 để đánh dấu điểm đầu khung và đồng bộ khung.
- SFD (Start-of-Frame Delimiter): Gồm 1 byte, là 1 chuỗi các bit 0 và 1, kết thúc bằng 2 bit 1 liên tiếp, cho biết bit tiếp theo là bit ngoài cùng bên trái trong byte ngòai cùng bên trái của trường địa chỉ.
- DA/SA (Destination Address/Source Address): Địa chỉ đích và địa chỉ nguồn. Mỗi trường có độ rộng 6 bytes.
- Length/Type: Gồm 2 bytes. Nếu giá trị của trường này lớn hơn hoặc bằng 1500 thì đó là số byte dữ liệu trong phần Data. Nếu giá trị đó lớn hơn 1536 thì nó là 1 giá trị cho biết kiểu của khung.
- Data: Chứa dữ liệu của khung (<= 1500 bytes). Nếu số byte dữ liệu nhỏ hơn 46, một phần bù sẽ được thêm vào để kích thước tăng lên thành 46 bytes.
- Frame Check Sequence (FCS): Gồm 4 bytes. Trường này chứa 1 mã kiểm tra lỗi CRC được tạo bởi bên gửi. Giá trị này sẽ được tính lại bởi bên nhận và khớp với giá trị trên xem các khung có bị lỗi trong quá trình truyền hay không. Giá trị này được tạo ra từ các trường DA, SA, Length/Type, và Data.

2.3.4 Quá trình truyền và nhận khung

2.3.4.1 Truyền khung

Khi tầng con MAC của một trạm cuối nhận được yêu cầu truyền khung cùng với các thông tin về địa chỉ và dữ liệu cần truyền từ tầng con LLC, tầng con MAC bắt đầu quá trình truyền bằng cách chuyển đổi các thông tin từ LLC vào vùng đệm khung MAC.

- Giá trị của các trường PRE và SOF được chèn vào vị trí tương ứng.
- Địa chỉ đích và nguồn được đưa vào các trường DA, SA.
- Số byte dữ liệu LLC được tính toán và đưa vào trường Length/Type.
- Dữ liệu LLC được chèn vào trường Data. Nếu số byte dữ liệu <46, phần bù được thêm vào để số byte thành 46.
- Giá trị kiểm lỗi CRC được tính toán dựa trên các trường DA, SA, Length/Type, Data và được chèn vào trường FCS ngay sau trường Data.

Sau khi khung được đóng gói, nó sẽ được truyền đi theo phương thức như đã nói ở phần trước (thường là sử dụng phương pháp truy nhập đường truyền CSMA/CD).

2.3.4.2 Nhận khung

Khi trạm đích nhận được khung gửi tới cho nó, đầu tiên nó sẽ kiểm tra xem địa chỉ đích của gói tin có trùng với địa chỉ của nó không (hoặc có thể trùng với địa chỉ nhóm hay địa chỉ quảng bá) để xác định xem nó có nhận gói tin đó không. Nếu trùng một trong các địa chỉ đó, nó sẽ kiểm tra độ dài khung, tiến hành tính toán mã kiểm lỗi CRC và khớp với mã thu được từ khung. Nếu độ dài khung là đúng và 2 giá trị kiểm lỗi khớp với nhau, nó sẽ xác định kiểu của khung dựa trên kích thước trường Length/Type. Cuối cùng, khung được phân tách và chuyển cho giao thức phù hợp ở tầng trên.

2.3.5 Các chuẩn Ethernet

Các đặc tả tầng vật lý của Ethernet bao gồm:

- **10Base-T**

10Base-T là chuẩn Ethernet băng cơ sở, sử dụng cáp xoắn đôi CAT3 hoặc CAT5, tốc độ tối đa là 10 Mb/s. Hình 2.21 minh họa một kết nối giữa 2 trạm trong mạng 10Base-T.

Hình 2.21: Kết nối giữa 2 trạm trong mạng 10Base-T

10 Base-T là phiên bản đầu tiên của Ethernet và đến nay có thể coi là đã lỗi thời. Tuy nhiên, trong các tài liệu về Ethernet đều nhắc đến chuẩn này vì nó là nền tảng cho các phiên bản tiếp theo. Ngoài ra, hiện tại cũng vẫn còn nhiều mạng 10 Base-T đang hoạt động.

- **100 Mb/s – Fast Ethernet**

Tốc độ 10 Mb/s của 10Base-T không đáp ứng được các yêu cầu truyền dữ liệu tốc độ cao. Fast Ethernet ra đời nhằm giải quyết vấn đề này. Fast Ethernet bao gồm một số chuẩn riêng biệt lại tầng vật lý, trong đó có một số chuẩn đáng chú ý, bao gồm: 100Base-TX, 100Base-T4, và 100Base-FX.

100 Base-TX là chuẩn thông dụng nhất của Fast Ethernet, hoạt động trên 2 đôi dây của cáp xoắn đôi CAT5. Phân đoạn mạng của 100 Base-TX có độ dài tối đa là 100m. Để tạo thành một mạng LAN 100 Base-TX, các trạm cuối (máy tính, máy in, v.v.) sẽ được nối tới các switch hoặc hub để tạo thành một mạng hình sao (Hình 2.22). Ngoài ra, hai trạm cũng có thể kết nối trực tiếp thông qua cáp chéo.

Hình 2.22: Mạng 100Base-TX

100 Base-T4 là một chuẩn cũ hơn so với 100 Base-TX. Chuẩn này sử dụng cả 4 đôi dây cáp, tuy nhiên chỉ cần loại cáp CAT3 là đủ, không yêu cầu CAT5 như TX. Điều này cho phép các mạng 10 Base-T có thể nâng cấp lên thành 100 Base-T mà không cần phải thay cáp xoắn đôi CAT3 bằng CAT5.

100 Base-FX là một chuẩn của Fast Ethernet chạy trên cáp quang. Phân đoạn FX có độ dài tối đa lên tới 400m.

- **1000 Mb/s – Gigabit Ethernet**

Gigabit Ethernet là một phiên bản của Ethernet có tốc độ truyền dẫn lên tới 1000 Mb/s, bao gồm 2 chuẩn là 1000 Base-T và 1000 Base-X.

1000 Base-T sử dụng cả 4 đôi dây cáp xoắn đôi CAT5, khoảng cách phân đoạn mạng tối đa 100m. Mạng này thực hiện truyền dẫn song công trực tiếp 2 chiều trên cả 4 đôi, do đó tốc độ có thể lên tới 1000Mpbs.

1000 Base-X là chuẩn sử dụng cáp quang (hoặc cáp đồng STP). Chuẩn này lại gồm 3 chuẩn nhỏ là 1000 Base-SX, 1000 Base-LX, và 1000Base-CX. 1000 Base-SX sử dụng cáp quang, khoảng cách mạng tối đa từ 220 đến 500m tùy thuộc loại cáp. 1000 Base-LX cũng sử dụng cáp quang với khoảng cách có thể lên tới 2km (một số nhà sản xuất còn cho biết có thể đảm bảo khoảng cách lên tới từ 10 đến 20km). 1000 Base-CX là chuẩn chạy trên cáp STP, có khoảng cách tối đa 25m.

2.4 Công nghệ WLAN và chuẩn 802.11

2.4.1 Giới thiệu về công nghệ WLAN

2.4.1.1 Khái niệm WLAN

Các mạng LAN sử dụng cáp để kết nối các máy tính, máy in và các thiết bị mạng khác, cho phép người sử dụng trao đổi thông tin với nhau qua thư điện tử và truy nhập các chương trình ứng dụng đa người sử dụng và các cơ sở dữ liệu dùng chung. Để kết nối tới một mạng LAN, thiết bị người sử dụng phải được kết nối vật lý tới một lối ra hay một khe cắm cố định, vì thế mà tạo ra một mạng có ít hoặc nhiều nút cố định. Việc di chuyển từ một vị trí này đến một vị trí khác cần phải ngắt kết nối khỏi mạng LAN và thực hiện tái kết nối ở một vị trí mới. Việc mở rộng mạng LAN bắt buộc phải lắp đặt thêm cáp, quá trình này tốn nhiều thời gian, chiếm nhiều không gian hơn và làm tăng đáng kể chi phí ban đầu. Các yếu tố này làm cho mạng LAN hữu tuyến có chi phí cao và khó khăn khi lắp đặt, bảo dưỡng và nhất là khi sửa chữa.

Một mạng cục bộ không dây (Wireless Local Area Network – WLAN) là một nhóm các nút (điểm) mạng không dây bên trong một khu vực địa lý giới hạn, chẳng

hạn như là một tòa nhà làm việc hay một khuôn viên đại học, và thường được xây dựng như là phần mở rộng cho những mạng hữu tuyến đã có sẵn để cung cấp tính di động cho người dùng. Môi trường truyền thông giữa các thành phần trong mạng là vô tuyến. Các thành phần trong mạng sử dụng sóng điện từ để truyền thông với nhau.

Các mạng WLAN đem lại lợi ích cho người sử dụng di động và cho quá trình triển khai mạng linh hoạt trong các mạng tính toán nội hạt. Khi di động, người sử dụng di chuyển giữa các vị trí khác nhau trong môi trường mạng LAN mà không làm mất kết nối. Một điểm thuận lợi của WLAN là khả năng linh hoạt trong việc cấu hình lại hoặc bổ sung nút mới vào mạng mà không phải quy hoạch lại mạng và không mất chi phí cho việc tái lắp đặt cáp, vì vậy mà làm cho việc nâng cấp trong tương lai trở nên đơn giản và không tốn kém. Khả năng đối phó với các thành phần của một mạng LAN động được tạo ra bởi các người sử dụng di động và các thiết bị tính toán cầm tay là một yếu tố quan trọng khác cần xem xét đến khi lựa chọn một mạng WLAN. Vì thế, việc sử dụng rộng rãi các máy tính xách tay và các thiết bị kỹ thuật số cá nhân cầm tay đã dẫn tới mức độ phụ thuộc càng tăng lên vào các mạng WLAN trong những năm gần đây.

Các mạng WLAN cho phép tốc độ dữ liệu cao và thường được sử dụng để truyền dữ liệu giữa các máy tính trong một toà nhà. Với khả năng quảng bá, các mạng WLAN cũng cho phép thực hiện các dịch vụ phát quảng bá và dịch vụ truyền từ điểm tới đa điểm mặc dù các dịch vụ này phải được bảo vệ để tránh khỏi các truy nhập trái phép.

Trong cấu hình của một mạng WLAN điển hình (Hình 2.23), một thiết bị phát/thu (bộ thu phát) gọi là điểm truy nhập kết nối tới một mạng hữu tuyến từ một vị trí cố định. Điểm truy nhập thực hiện thu, lưu đệm và phát các gói số liệu giữa mạng WLAN và cơ sở hạ tầng mạng hữu tuyến.

Hình 2.23: Mạng WLAN điển hình

Một điểm truy nhập riêng lẻ có thể hỗ trợ một nhóm các nút di động và có thể thực hiện chức năng trong phạm vi vài trăm mét. Anten gắn với điểm truy nhập thường được đặt cao nhưng cũng có thể được đặt bất cứ chỗ nào có thể được miễn là đảm bảo được vùng phủ sóng theo yêu cầu. Các thiết bị đầu cuối người sử dụng trao đổi thông tin với điểm truy nhập qua các bộ thích ứng WLAN, các bộ thích ứng này được thực hiện như là các card PC trong các máy tính xách tay, các card PCI hoặc các card ISA trong các máy tính để bàn hoặc các thiết bị tích hợp toàn bộ trong các máy tính cầm tay (các thiết bị hỗ trợ cá nhân kỹ thuật số, các máy tính cá nhân cầm tay dùng bút điều khiển) và các máy in. Các bộ thích ứng WLAN cung cấp một giao diện giữa hệ điều hành mạng khách và đường kết nối vô tuyến thông qua một anten. Điều này cho phép các đặc tính vật lý của kết nối vô tuyến trở nên trong suốt đối với hệ điều hành mạng. Các mạng sử dụng các thiết bị máy tính di động như vậy được gọi là các mạng LAN không dây. Thuật ngữ 'không dây' nhấn mạnh thực tế rằng các mạng này bỏ đi việc sử dụng cáp mạng.

2.4.1.2 Quá trình phát triển của WLAN

WLAN đã được phát triển từ cách đây nhiều năm nhưng vì giá thành của chúng quá cao nên chưa được sử dụng rộng rãi. Thời gian gần đây với sự phát triển của công nghệ, sự hoàn thiện của các chuẩn làm cho giá thành của thiết bị WLAN giảm đồng thời nhu cầu sử dụng Internet càng tăng, nên các dịch vụ truy nhập Internet không dây đã trở nên phổ biến trong các tổ chức, doanh nghiệp và cá nhân. Bạn có thể ngồi trong tiền sảnh của một khách sạn và truy nhập Internet từ máy tính xách tay của mình một cách dễ dàng thông qua kết nối không dây. Chính vì sự tiện lợi của mạng không dây nên nó dần thay thế một phần hệ thống mạng có dây truyền thống hiện tại.

Lịch sử phát triển của các mạng WLAN được sơ lược qua 3 thế hệ:

- Thế hệ đầu: Hoạt động tại các băng tần 900 - 928 MHz (băng tần ISM), với tốc độ thấp hơn 860Kbps. Do hạn chế về băng tần (nhiều ứng dụng vô tuyến khác từng chạy trên băng tần này) nên các công nghệ ở giai đoạn này không phát triển mạnh.
- Thế hệ thứ hai: Hoạt động tại băng tần 2,4 - 2,483 GHz, tốc độ đạt 2 Mbps, sử dụng kỹ thuật trải phổ và ghép kênh nhưng cũng bị hạn chế về băng tần.
- Thế hệ thứ ba: Hoạt động tại các băng tần 2,4 GHz (sử dụng các phương pháp điều chế phức tạp hơn, đạt tốc độ 11 Mbps), 5 GHz và 17 GHz (tốc độ lên tới 54 Mbps).

Trong Bảng 2.1 đưa ra một số so sánh ưu nhược điểm của các thế hệ công nghệ WLAN. Các tổ chức tiêu chuẩn lớn như IEEE và ETSI liên tục đưa ra và cập nhật các tiêu chuẩn cho WLAN với rất nhiều cải tiến về công nghệ và không ngừng nâng cao các chỉ tiêu kĩ thuật.

Bảng 2.1: So sánh các công nghệ WLAN sử dụng các dải tần khác nhau

Dải tần	900 MHz	2.4 GHz	5 GHz
Ưu điểm	Vùng phủ sóng rộng hơn, sử dụng cho các mạng LAN trong nhà	- Đã được sử dụng rộng rãi - Theo chuẩn IEEE 802.11 - Tốc độ dữ liệu cao hơn (khoảng 10 Mbps)	- Được sử dụng rộng rãi hiện nay - Theo chuẩn IEEE 802.11 - Tốc độ dữ liệu cao (hơn 20 Mbps)
Nhược điểm	- Tốc độ dữ liệu tối đa là 1 Mbps - Băng thông hẹp - Dải băng tần 'đông đúc'	- Vùng phủ sóng gần hơn - Dải băng tần ngày càng 'đông đúc'	- Vùng phủ sóng gần nhất - Chi phí cho các thiết bị vô tuyến cao hơn

2.4.2 Các thành phần của mạng WLAN

Thành phần của mạng WLAN bao gồm các card giao diện mạng vô tuyến, các điểm truy nhập vô tuyến, và các cầu nối vô tuyến từ xa.

2.4.2.1 Các card mạng vô tuyến

Các card giao diện mạng vô tuyến không khác nhiều so với các card thích ứng sử dụng cho mạng LAN hữu tuyến. Giống như các card thích ứng mạng hữu tuyến, card giao diện mạng vô tuyến trao đổi thông tin với hệ điều hành mạng thông qua một trình điều khiển dành riêng vì thế mà cho phép các ứng dụng sử dụng mạng vô tuyến cho quá trình truyền dữ liệu. Tuy nhiên, không giống như các card thích ứng của mạng hữu tuyến, các card này không cần bất kỳ dây cáp nào kết nối chúng tới mạng và điều này cho phép tái lắp đặt các nút mạng mà không cần chuyển đổi cáp mạng hoặc thay đổi các kết nối tới các bảng mạch hoặc các bộ tập trung (Hub).

2.4.2.2 Các điểm truy nhập vô tuyến

Các điểm truy nhập tạo ra các vùng phủ vô tuyến, các vùng này kết nối các nút di động tới các cơ sở hạ tầng mạng hữu tuyến hiện có (Hình 2.24). Điều này cho phép một mạng WLAN trở thành một phần mở rộng của mạng hữu tuyến. Bởi vì các điểm truy nhập cho phép khả năng mở rộng một vùng phủ sóng vô tuyến, các mạng WLAN là rất ổn định và các điểm truy nhập bổ sung có thể được triển khai trong một toà nhà hay khuôn viên trường đại học nhằm tạo ra các vùng truy nhập vô tuyến rộng lớn.

Hình 2.24: Điểm truy nhập vô tuyến

Các điểm truy nhập không những cho phép quá trình truyền thông với mạng hữu tuyến mà còn thực hiện lọc lưu lượng và thực hiện các chức năng cầu nối tiêu chuẩn. Chức năng lọc giúp cho việc đảo băng thông trên liên kết vô tuyến bằng cách xoá bỏ lưu lượng dư thừa. Do băng thông không đối xứng giữa phương tiện truyền thông vô tuyến và hữu tuyến, nên điều quan trọng đối với điểm truy nhập là cần có các tài nguyên bộ nhớ và một bộ đệm thích hợp. Các bộ đệm cần thiết cho việc lưu trữ các gói dữ liệu tại điểm truy nhập khi một nút di động tạm thời di chuyển ra khỏi một vùng phủ vô tuyến hoặc khi một nút di động hoạt động ở chế độ công suất thấp.

Các điểm truy nhập truyền thông với nhau qua mạng hữu tuyến để quản lý các nút di động. Một điểm truy nhập không cần phải điều khiển truy nhập từ các nút di động khác (tức là nó có thể hoạt động với một giao thức truy nhập ngẫu nhiên phân bố như là CDMA chẳng hạn). Tuy nhiên, sẽ thuận lợi hơn khi sử dụng một giao thức đa truy nhập tập trung hoá được điều khiển bởi một điểm truy nhập. Các tuỳ chọn giao diện mạng hữu tuyến nói chung tới một điểm truy nhập bao gồm 100BaseT, modem cáp hay modem ADSL. Một số card giao diện mạng vô tuyến có thể sử dụng kết hợp với các điểm truy nhập vô tuyến.

2.4.2.3 Các cầu nối vô tuyến từ xa

Các cầu nối vô tuyến từ xa tương tự như các điểm truy nhập ngoại trừ việc chúng được sử dụng chủ yếu cho các kết nối bên ngoài. Tuỳ thuộc vào khoảng cách và vùng phủ có thể có thêm các anten ngoài. Các cầu như vậy được thiết kế để liên kết các mạng với nhau, đặc biệt là trong các toà nhà và ở khoảng cách xa khoảng 32 km. Chúng cho phép khả năng lựa chọn nhanh chóng và kinh tế so với việc lắp đặt cáp hoặc triển khai các đường điện thoại dùng riêng và thường được sử dụng khi các kết nối hữu tuyến truyền thống là không khả thi (chẳng hạn khi triển khai qua sông suối, qua địa hình gồ ghề, qua các khu vực riêng, qua đường cao tốc). Không giống như các kết nối bằng cáp và các mạch điện thoại dành riêng, các cầu nối vô tuyến có khả năng lọc lưu lượng và đảm bảo rằng các mạng được kết nối không bị chồng lấp bởi các lưu lượng không cần thiết. Các cầu nối này cũng có thể làm việc như là các thiết bị an ninh nội bộ bởi vì chúng chỉ đọc các địa chỉ đã được mã hoá vào trong các bộ thích ứng LAN (tức là các địa chỉ MAC), vì vậy mà ngăn chặn thành công các quá trình truyền thông giả mạo.

2.4.2.4 Kiến trúc giao thức WLAN

Mạng WLAN khác với các mạng hữu tuyến truyền thống cơ bản ở lớp vật lý và ở phân lớp điều khiển truy nhập môi trường (MAC) trong mô hình OSI. Những khác biệt này cho phép sử dụng hai phương pháp cung cấp điểm giao diện vật lý cho các mạng WLAN. Nếu điểm giao diện vật lý ở lớp điều khiển liên kết logic LLC thì phương pháp này thường yêu cầu một trình điều khiển người dùng để hỗ trợ các phần mềm mức cao hơn như là hệ điều hành mạng chẳng hạn. Một giao diện như vậy cho phép các nút di động truyền thông trực tiếp với một nút khác sử dụng các card giao diện mạng vô tuyến. Điểm giao diện logic khác ở phân lớp MAC và được sử dụng bởi các kết nối vô tuyến. Vì lý do này, các điểm truy nhập vô tuyến thực hiện các chức năng cầu nối và các chức năng không định tuyến. Mặc dù giao diện MAC đòi hỏi kết nối hữu tuyến, nó vẫn cho phép bất cứ một hệ điều hành mạng nào hoặc một trình điều khiển nào làm việc với mạng WLAN. Một giao diện như vậy cho phép một mạng LAN hữu tuyến hiện có có thể được mở rộng dễ dàng bằng việc cho phép truy nhập đối với các thiết bị mạng vô tuyến mới.

Kiến trúc giao thức của một giao diện mạng WLAN điển hình được cho trên Hình 2.25. Các lớp thấp hơn của một card giao diện vô tuyến thường được thực hiện bằng phần mềm chạy trên các bộ xử lý nhúng. Các lớp cao hơn của ngăn xếp giao thức mạng được cung cấp bởi hệ điều hành và các chương trình ứng dụng. Một trình điều khiển mạng cho phép hệ điều hành giao tiếp với phần mềm lớp thấp hơn được nhúng trong các card giao diện mạng vô tuyến. Ngoài ra nó còn thực thi các chức năng LLC

chuẩn. Đối với hệ điều hành Window, trình điều khiển nói chung chỉ tương thích với một số phiên bản của của giao diện trình điều khiển mạng (NDIS).

Hình 2.25: Kiến trúc giao thức của các thành phần WLAN

Trong Hình 2.25 chỉ ra các lớp gồm: lớp ứng dụng, lớp vận hành mạng/ hệ thống truyền tải (TCP/IP), lớp điều khiển liên kết logic thuộc về hệ điều hành và trình điều khiển; các lớp điều khiển truy nhập môi trường, lớp vật lý logic thuộc về phần mềm máy tính.

2.4.3 Các mô hình WLAN

Các mạng WLAN thường có ba kiểu mô hình hay kiểu topo mạng:

- Mô hình mạng độc lập (IBSS) hay còn gọi là mạng Ad-hoc;
- Mô hình mạng cơ sở (BSS);
- Mô hình mạng mở rộng (ESS).

2.4.3.1 Mô hình mạng độc lập

Trong mô hình mạng độc lập (IBSS – Independent Basic Service Set) hay còn gọi là mạng Ad-hoc, các nút máy tính di động có hỗ trợ card mạng không dây tập trung lại trong một không gian nhỏ để hình thành nên kết nối ngang cấp (peer-to-peer) giữa chúng (Hình 2.26). Các nút mạng có thể trao đổi thông tin trực tiếp với nhau mà không cần phải quản trị mạng. Vì các mạng Ad-hoc này có thể thực hiện nhanh và dễ

dàng nên chúng thường được thiết lập mà không cần một công cụ hay kỹ năng đặc biệt nào, và rất thích hợp để sử dụng trong các hội nghị thương mại hoặc trong các nhóm làm việc tạm thời. Tuy nhiên chúng có những nhược điểm về giới hạn vùng phủ sóng, và mọi người sử dụng đều phải "nghe được" lẫn nhau.

Hình 2.26: Mạng WLAN độc lập (mạng Ad-hoc)

2.4.3.2 Mô hình mạng cơ sở

Trong mô hình mạng cơ sở (BSS - Basic Service Set) có các điểm truy nhập (AP - Access Point) gắn với mạng đường trục hữu tuyến và giao tiếp với các thiết bị di động trong vùng phủ sóng của một cell (Hình 2.27). AP đóng vai trò điều khiển cell và điều khiển lưu lượng tới mạng. Các thiết bị di động không giao tiếp trực tiếp với nhau mà giao tiếp với các AP. Các cell có thể chồng lấn lên nhau khoảng 10-15% cho phép các trạm di động có thể di chuyển mà không bị mất kết nối vô tuyến và cung cấp vùng phủ sóng với chi phí thấp nhất.

Hình 2.27: Mạng WLAN cơ sở

Các trạm di động sẽ chọn AP tốt nhất để kết nối. Một điểm truy nhập nằm ở trung tâm có thể điều khiển và phân phối truy nhập cho các nút tranh chấp, cung cấp truy nhập phù hợp với mạng đường trục, ấn định các địa chỉ và các mức ưu tiên, giám sát lưu lượng mạng, quản lý chuyển đi các gói và duy trì theo dõi cấu hình mạng. Tuy nhiên giao thức đa truy nhập tập trung không cho phép các nút di động truyền trực tiếp tới nút khác nằm trong cùng vùng với điểm truy nhập như trong cấu hình mạng WLAN độc lập. Trong trường hợp này, mỗi gói sẽ phải được phát đi 2 lần (từ nút phát gốc và sau đó là điểm truy nhập) trước khi nó tới nút đích, quá trình này sẽ làm giảm hiệu quả truyền dẫn và tăng trễ truyền dẫn.

2.4.3.3 Mô hình mạng mở rộng

Trong mô hình mạng mở rộng (ESS - Extended Service Set), WLAN có thể mở rộng tới một phạm vi bất kì thông qua mạng có dây (Hình 2.28). Một ESS là tập hợp các mạng cơ sở BSS khi mà các Access Point giao tiếp với nhau để chuyển lưu lượng từ một BSS này đến một BSS khác để làm cho việc di chuyển dễ dàng của các trạm giữa các BSS.

Hình 2.28: Mạng WLAN mở rộng

Access Point thực hiện việc giao tiếp thông qua hệ thống phân phối (DS - Distribution System). Hệ thống phân phối xác định đích đến cho lưu lượng nhận được từ một BSS. Hệ thống phân phối có thể tiếp sóng trở lại một đích trong cùng một BSS, chuyển tiếp trên hệ thống phân phối tới một Access Point khác, hoặc gửi tới một mạng có dây tới đích không nằm trong ESS. Các thông tin nhận bởi Access Point từ hệ thống phân phối truyền tới BSS sẽ được nhận bởi trạm đích.

2.4.4 Ưu nhược điểm của WLAN

Sự thuận lợi đầu tiên của mạng WLAN là tính linh hoạt. WLAN cung cấp tất cả các tính năng của công nghệ mạng LAN như là Ethernet và Token Ring mà không bị giới hạn về kết nối vật lý. Mạng WLAN tạo ra sự thoải mái trong việc truyền tải dữ liệu giữa các thiết bị mà không có sự ràng buộc về khoảng cách và không gian như mạng có dây thông thường. Người dùng có thể kết nối vào mạng trong khi di chuyển ở bất cứ nơi nào trong phạm vi phủ sóng của thiết bị tập trung AP. Tính dễ dàng kết nối và thuận tiện trong sử dụng đã làm cho mạng WLAN nhanh chóng phổ biến trong cuộc sống và ngày càng hỗ trợ tích cực trong công việc.

Mặc dù có những ưu thế không thể phủ nhận của mạng không dây như tính linh hoạt và sự tiện lợi thì WLAN vẫn không thể thay thế hoàn toàn được mạng có dây truyền thống. Các máy chủ là những thiết bị thường xuyên phải truy xuất dữ liệu nên cần một tốc độ truy xuất cao, song lại không phải là những thiết bị có nhu cầu thường xuyên di chuyển. Tốc độ mạng không dây phụ thuộc vào băng tần vô tuyến. Ngoài ra, tốc độ của mạng không dây luôn thấp hơn mạng cố định vì mạng không dây phải xác nhận cẩn thận những khung dữ liệu đã nhận để tránh tình trạng mất dữ liệu.

Bên cạnh hạn chế về tốc độ thì vấn đề bảo mật trong mạng không dây cũng là mối quan tâm hàng đầu hiện nay. Trong mạng cố định truyền thống thì tín hiệu truyền trong dây dẫn nên có thể được bảo mật an toàn hơn. Còn trong mạng không dây thì việc "đánh hơi" rất dễ dàng vì mạng sử dụng sóng Radio có thể bị bắt và xử lí bởi bất kỳ thiết bị nhận nào nằm trong phạm vi cho phép. Ngoài ra mạng không dây có ranh giới không rõ ràng nên rất khó quản lý.

2.4.5 Các chuẩn WLAN

Năm 1990, Viện các kỹ sư điện và điện tử IEEE đã thành lập một uỷ ban để phát triển tiêu chuẩn cho các mạng WLAN hoạt động ở tốc độ từ 1 đến 2 Mbps. Năm 1992, Viện tiêu chuẩn viễn thông châu Âu thành lập một hiệp hội để xây dựng tiêu chuẩn WLAN dùng cho các mạng LAN vô tuyến (HIPERLAN) hoạt động trong phạm vi tốc độ khoảng 20 Mbps. Sau đó các chuẩn xây dựng cho mạng WLAN phục vụ cho các ứng dụng đặc biệt trong phạm vi một toà nhà đã và đang được phát triển. Khác với các chuẩn trước đây, quá trình phát triển chuẩn IEEE 802.11 đã bị ảnh hưởng mạnh bởi các sản phẩm của mạng WLAN có mặt trên thị trường. Vì vậy, mặc dù cần khá nhiều thời gian để hoàn thiện các tiêu chuẩn (do có khá nhiều đề xuất mang nặng tính cạnh tranh từ phía các nhà cung cấp thiết bị), nó vẫn là tiêu chuẩn phổ biến nhất cho đến nay. Phần này trình bày về các chuẩn của mạng WLAN trong đó tập trung vào chuẩn 802.11.

Họ tiêu chuẩn 802.11 do IEEE phát triển định nghĩa giao diện vô tuyến giữa trạm vô tuyến và trạm gốc hay giữa hai trạm vô tuyến với nhau. Tiêu chuẩn IEEE 802.11 nguyên bản cung cấp tốc độ truyền dẫn 2 Mbps. Họ tiêu chuẩn 802.11 có nhiều phần mở rộng trong đó ba tiêu chuẩn 802.11b, 802.11a, 802.11g là quan trọng nhất. Tiêu chuẩn IEEE 802.11b hay Wi-Fi là phần mở rộng của tiêu chuẩn 802.11 cho phép tốc độ truyền dẫn 11 Mbps (cũng có thể là 1,2 và 5,5 Mbps) trong băng tần 2,4 GHz. IEEE 802.11b sử dụng phương pháp trải phổ trực tiếp DSSS.

IEEE 802.11g cung cấp tốc độ lớn hơn 20 Mbps trong băng tần 2,4 GHz. Chuẩn này có thể mở rộng tốc độ của 802.11b lên tối đa 54 Mbps trong cùng băng tần nhưng chỉ truyền trong khoảng cách ngắn. Với khả năng tương thích giữa các phiên bản, các card vô tuyến 802.11 giao tiếp trực tiếp với một điểm truy nhập 802.11g (và ngược lại) với tốc độ 11 Mbps hoặc thấp hơn tuỳ thuộc vào dải truyền sóng.

Chuẩn IEEE 802.11a áp dụng cho các mạng LAN vô tuyến và cung cấp tốc độ lên tới 54 Mbps trong băng tần 5 GHz. Chuẩn 802.11a không tương thích với các mạng sử dụng 802.11b hoặc 802.11g, như vậy một người sử dụng được trang bị card giao diện vô tuyến 802.11b hoặc 802.11g không thể giao tiếp được với điểm truy nhập sử dụng chuẩn 802.11a.

Chuẩn HIPERLAN Type I giống như chuẩn 802.11, chuẩn này phục vụ cho cả các mạng độc lập và các mạng có cấu hình cơ sở. HIPERLAN Type I hoạt động ở băng tần 5,15 đến 5,3 GHz (băng tần được chia thành 5 kênh tần số) với mức công suất đỉnh thấp khoảng 1W. Tốc độ dữ liệu vô tuyến tối đa có thể hỗ trợ là khoảng 23,5 Mbps và chuẩn này cũng hỗ trợ cho các người dùng di động ở tốc độ thấp (khoảng 1,4 m/s). Ngoài HIPERLAN Type I còn có chuẩn HIPERLAN Type II với một số đặc tính cải thiện thích hợp dùng cho thoại và video.

Chuẩn OpenAir được phát triển và hoàn thiện vào năm 1996 bởi diễn đàn tương hỗ các mạng WLAN WLIF (Wireless LAN Interoperability Forum), chuẩn này cho phép tốc độ dữ liệu vô tuyến 1,6 Mbps đối với mỗi mẫu nhảy tần. Với 15 mẫu độc lập, tốc độ dữ liệu tổng cộng lên đến 24 Mbps (15x1,6 Mbps).

So sánh đặc tính của các chuẩn nêu trên được trình bày trong Bảng 2.2.

Bảng 2.2: Tóm tắt một số tiêu chuẩn WLAN

Chuẩn	Tần số	Tốc độ	Ghép kênh	Ghi chú
IEEE 802.11	900 MHz	2 Mbps	FHSS, DSSS	

IEEE 802.11b	2,4 GHz 900 MHz	11 Mbps	FHSS DSSS	
IEEE 802.11a	5 GHz	54 Mbps	OFDM	Mới hơn, nhanh hơn, sử dụng tần số cao hơn
IEEE 802.11e	5 GHz UNII	54 Mbps	OFDM	
IEEE 802.11g	2,4 GHz ISM	54 Mbps	DSSS FHSS	Nhanh hơn và tương thích với 802.11b
IEEE 802.11h	5 GHz UNII	54 Mbps	OFDM	
IEEE 802.11i			OFDM	
IEEE/ETSI 802.11j			OFDM GMSK	
ETSI HIPERLAN	5,15-5,3 GHz	23,5 Mbps	GMSK	
ETSI HIPERLAN 2	17,1-17,3 GHz	54 Mbps		Dùng cho voice/video
SIG Bluetooth	2,4 GHz	1 Mbps	FHSS	Dùng cho mạng cá nhân (PAN)
Home RF	2,4 GHz	10 Mbps	FHSS	QoS, mật mã tốt
OpenAir		1,6 Mbps	FHSS	
LAN hồng ngoại	350.000 GHz	4 Mbps		Chỉ dùng trong phòng, không ảnh hưởng tới sức khoẻ

2.4.6 Chuẩn IEEE 802.11

Tiêu chuẩn IEEE 802.11 cho các mạng WLAN do Uỷ ban 802 các tiêu chuẩn cho các mạng LAN và MAN (LMSC – 802 Local and Metropolitan Area Networks Standards Comittee) trực thuộc Hội đồng chuyên ban về máy tính trong IEEE đưa ra. Chuẩn này phát triển từ 6 phiên bản phác thảo và bản cuối cùng được phê chuẩn vào năm 1997. Chuẩn 802.11 cho phép nhiều nhà cung cấp phát triển các sản phẩm mạng

LAN tương hỗ với nhau sử dụng trong băng tần ISM 2,4 GHz. Quá trình tiêu chuẩn hoá vẫn đang được tiếp tục phát triển.

Tiêu chuẩn IEEE 802.11 xác định kết nối vô tuyến cho các nút cố định, cầm tay, và các nút di động trong một khu vực địa lý nhất định. Đặc biệt, chuẩn này xác định một giao diện giữa người dùng vô tuyến và điểm truy nhập vô tuyến cũng như giữa các người dùng vô tuyến. Như ở bất cứ tiêu chuẩn IEEE 802.x nào như 802.3 (CSMA) và 802.5 (token ring), chuẩn 802.11 định nghĩa cả lớp vật lý (PHY) và lớp điều khiển truy nhập môi trường (MAC). Tuy nhiên, lớp MAC 802.11 còn thực hiện các chức năng liên quan đến các giao thức lớp cao hơn (ví dụ như quá trình phân mảnh, sửa lỗi, quản lý di động, và bảo vệ công suất). Các chức năng này cho phép lớp MAC 802.11 che khuất các đặc tính của lớp vật lý vô tuyến PHY đối với các lớp cao hơn.

2.4.6.1 Kiến trúc mạng IEEE 802.11

Như trên đã trình bày, bộ dịch vụ cơ sở BSS là một khối cơ sở của mạng WLAN và bao gồm 2 hay nhiều nút di động (gọi là các trạm hoặc STA). Hình 2.29 và Hình 2.30 minh hoạ khái niệm của một BSS khi áp dụng vào các mạng WLAN độc lập và cơ sở.

Hình 2.29: Bộ dịch vụ cơ sở trong mạng độc lập

Hình 2.30: Các bộ dịch vụ cơ sở trong mạng cơ sở

Mỗi BSS có một nhận dạng gọi là BSSID thường ứng với địa chỉ MAC của thành phần vô tuyến của card giao diện mạng. Vùng phủ vô tuyến giữa các thành phần của một BSS có thể truyền thông với nhau được gọi là vùng dịch vụ cơ sở BSA. Một mạng WLAN độc lập chỉ bao gồm một BSS và được gọi là BSS độc lập (IBSS). Hệ thống phân phối (DS) kết nối hai hay nhiều BSS với nhau thường sử dụng một mạng đường trục hữu tuyến, vì thế nó cho phép các nút di động có thể truy nhập vào các tài nguyên mạng cố định. Một mạng WLAN bao gồm một tập hợp các BSS và DS được gọi là tập dịch vụ mở rộng ESS. Giống như BSS, ESS cũng có một nhận dạng duy nhất gọi là ESSID. Việc xác định một ESSID chung cho phép nút di động được chuyển mạng từ BSS này tới BSS khác.

2.4.6.2 Mô hình tham chiếu IEEE 802.11 cơ sở

Như ở trong Hình 2.31, lớp vật lý PHY được chia thành hai phân lớp. Phân lớp phụ thuộc môi trường vật lý PMD xử lý các thuộc tính của môi trường vô tuyến (tức là các phương pháp trải phổ DSSS, FHSS, hoặc DFIR), xác định cách phát và thu dữ liệu thông qua môi trường (ví dụ như điều chế và mã hoá). Phân lớp chức năng hội tụ lớp vật lý PLCP xác định phương pháp chuyển đổi các đơn vị dữ liệu giao thức phân lớp MAC vào một khuôn dạng gói thích hợp cho phân lớp PMD. Nó cũng có thể thực hiện cảm nhận sóng mang (ấn định kênh) cho phân lớp MAC.

Hình 2.31: Mô hình tham chiếu cơ sở IEEE 802.11

Phân lớp MAC xác định cơ chế truy nhập cơ sở (dựa trên CSMA) cho các nút di động để truy nhập vào môi trường vô tuyến. Nó cũng có thể thực hiện quá trình phân mảnh và mã hoá gói dữ liệu.

Việc quản lý phân lớp vật lý PHY liên quan đến quá trình nhận các điều kiện liên kết khác nhau và duy trì thông tin quản lý lớp vật lý cơ sở MIB. Việc quản lý phân lớp MAC giải quyết các vấn đề như đồng bộ hoá, quản lý công suất, kết hợp và tái kết hợp. Ngoài ra, nó duy trì phân lớp MAC MIB. Việc quản lý trạm xác định các phân lớp quản lý lớp vật lý PHY và lớp MAC tương tác với nhau như thế nào.

2.4.7 Lớp vật lý IEEE 802.11

Lớp vật lý PHY cho phép ba tuỳ chọn truyền dẫn đảm bảo các mạng WLAN có thể được triển khai trong các vùng phủ khác nhau từ phạm vi một căn phòng cho đến phạm vi toàn khuôn viên của một trường đại học. Các tuỳ chọn này bao gồm trải phổ chuỗi trực tiếp DSSS, trải phổ nhảy tần FHSS, và hồng ngoại khuếch tán DFIR. Tuy nhiên, để các thiết bị vô tuyến 802.11 tương thích với nhau thì chúng phải có cùng một lớp vật lý PHY. Trong khi lớp vật lý PHY DFIR hoạt động ở băng tần gốc, hai tuỳ chọn tần số vô tuyến (tức là DSSS và FHSS) hoạt động ở băng tần ISM 2,4 GHz. Băng tần này không yêu cầu người sử dụng phải được cấp phép mặc dù các nhà cung cấp thiết bị cần phải được cấp phép khi bán các sản phẩm của họ ở một quốc gia. DSSS 802.11 hỗ trợ tốc độ dữ liệu bắt buộc 1 Mbps và 2 Mbps. Đối với FHSS và DFIR, tốc độ dữ liệu 1 Mbps là bắt buộc trong khi tốc độ 2 Mbps là tuỳ chọn. Mỗi lớp vật lý PHY thường được miêu tả bằng các sơ đồ trạng thái.

2.4.7.1 Các khuôn dạng gói dữ liệu chung

Thông tin người dùng được phân mảnh vào trong các gói dữ liệu (802.11 dùng thuật ngữ ‘khung’) với phần mào đầu và phần tiêu đề được ghép vào đầu mỗi gói. Sau khi nút đích đồng bộ với phần mào đầu PLCP, nó thu được các thông tin về độ dài của gói dữ liệu, tốc độ số liệu (1 hay 2 Mbps) và các thông tin khác từ phần tiêu đề PLCP.

Điểm quan trọng ở đây là các phần mào đầu và phần tiêu đề PLCP được phát đi ở tốc độ 1 Mbps (có ngoại lệ khi áp dụng cho một một số phần của tiêu đề PLCP DFIR). Điều này cho phép mạng WLAN hoạt động ở tốc độ thấp hơn (nhưng vùng phủ lại lớn hơn) nhằm tương thích với hoạt động của các phần tương ứng khác có tốc độ cao hơn (nhưng vùng phủ hẹp hơn). Trong khi đó, tốc độ dữ liệu thấp 1 Mbps cho phép các phần mào đầu và phần tiêu đề PLCP có thể được giải mã mà không cần sử dụng các bộ cân bằng công suất thấp. Các bộ cân bằng này thường phải giải quyết các vấn đề đa đường truyền ở tốc độ cao. Điểm bất lợi của tốc độ 1 Mbps là ở chỗ nó làm giảm hiệu quả truyền dẫn khi MPDU được phát đi ở tốc độ cao.

2.4.7.2 Lớp vật lý DSSS

Hình 2.32 minh hoạ khuôn dạng gói DSSS 802.11. Một vài giới hạn của các trường khác nhau trong phần tiêu đề PLCP được mở rộng để dễ sử dụng hơn. Bên cạnh việc cho phép nút thu phát hiện các đỉnh cực trị tự tương quan của mã giả ngẫu nhiên và cố định việc định thời một gói số liệu đến, các bit đồng bộ hoá cũng cho phép khả năng lựa chọn anten thích hợp (nếu có sử dụng phân tập anten). Trường tín hiệu xác định hoặc là MPDU được điều chế sử dụng DBPSK (1 Mbps) và DQPSK (2 Mbps) hoặc là được sử dụng để xác định các quá trình mở rộng tốc độ dữ liệu. Bộ xác định khung khởi đầu cho biết phần bắt đầu của gói dữ liệu. Truờng độ dài xác định độ dài của MPDU trong khi phần kiểm tra lỗi tiêu đề bảo vệ ba trường nằm trong phần tiêu đề PLCP.

Hình 2.32: Khuôn dạng gói PLCP DSSS

Tốc độ dữ liệu cơ sở sử dụng phương pháp điều chế khoá chuyển pha nhị phân vi sai DBPSK trong đó mỗi bit dữ liệu được biến đổi vào 1 trong 2 pha. Tốc độ 2 Mbps nâng cao tốc độ số liệu bằng cách sử dụng khoá chuyển pha cầu phương trực giao DQPSK. Trong trường hợp này 2 bit số liệu được biến đổi vào 1 trong 4 pha của mã trải phổ.

Bảng 2.3 đưa ra các định nghĩa về pha của DBPSK và DQPSK. Với trường hợp của khoá chuyển pha vi sai thông tin được mã hoá dựa trên sự khác biệt về pha giữa các ký tự kề nhau. Nói cách khác, pha được phát đi (ϕ_n) của ký tự là hàm của pha trước đó (ϕ_{n-1}) và độ lệch pha ($\Delta\phi$) theo công thức sau: $\phi_n = \Delta\phi + \phi_{n-1}$. Việc lưu độ lệch pha vi sai làm giảm đến mức thấp nhất thời gian thu. Đặc điểm kỹ thuật của DSSS 802.11 cho phép đáp ứng cả hai tốc độ 1 Mbps và 2 Mbps. Mức tín hiệu đầu vào máy thu được xác định là -80 dBm đối với gói dữ liệu có tỷ số lỗi $8x10^{-2}$. Tỷ số lỗi gói là xác suất không giải mã được tất cả các bit trong gói dữ liệu một cách chính xác. Nó được xác định bằng tích số của tỷ số lỗi bit và độ dài gói dữ liệu.

Bảng 2.3: Định nghĩa pha của DBPSK và DQPSK

Điều chế	Dữ liệu	Thay đổi pha
DBPSK	0	0^0
	1	180^0
DQPSK	00	0^0
	01	90^0
	11	180^0
	10	270^0

Mã Baker 11-chip được chọn làm mã giả tạp âm vì nhiều lý do. Trước tiên, nó có tính tự tương quan tốt. Thứ hai, vì mã Baker là khá ngắn nên cho phép đồng bộ hoá nhanh. Thứ ba, các đường bao sóng bị giới hạn đơn nhất, nó độc lập với cực tính và thời gian trễ của tín hiệu vào và đường bao sóng thấp ngụ ý rằng công suất tín hiệu bị tổn thất chỉ khi đường bao chính được chấp nhận. Khi mỗi ký tự dữ liệu được truyền đi mã Baker 11-chip thay đổi pha 6 lần. Điều này là không đối xứng bởi vì số lượng các xung âm và xung dương khác nhau một xung (mã đối xứng có số xung dương bằng số xung âm). Vì vậy, MPDU được trộn để giới hạn sự thay đổi độ lệch dòng điện một chiều do mã Baker không đối xứng. Tốc độ chip 11 Mchip/s tương ứng với chu kỳ chip 90,9 ns. Điều này ngầm định rằng quá trình truyền sóng đa đường vẫn sẽ là vấn đề nếu độ trải trễ trung bình bình phương bậc hai nhỏ hơn 90,9 ns. Vì thế, phân tập anten vẫn có thể được sử dụng để chống lại các ảnh hưởng của hiệu ứng đa đường. Quy tắc chung đối với các hệ thống DSSS là độ rộng băng thông ít nhất bằng hai lần tốc độ chip. Vì thế, tốc độ chip 11 Mchip/s yêu cầu độ rộng băng thông nhỏ nhất là 22 MHz.

2.4.7.3 Lớp vật lý FSSS

Hình 2.33 minh hoạ khuôn dạng gói dữ liệu FHSS 802.11. Khi so sánh các khuôn dạng gói tin PLCP DSSS và FHSS, có thể thấy rằng FHSS yêu cầu số bit ít hơn để đồng bộ hoá. Tuy nhiên, độ dài lớn nhất của MPDU đối với FHSS ngắn hơn so với DSSS.

Tốc độ dữ liệu cơ sở 1 Mbps sử dụng phương pháp điều chế khoá dịch tần số Gausse (GFSK) 2 mức trong đó mỗi bit dữ liệu được biến đổi vào 1 trong 2 tần số. Tốc độ nâng cao 2 Mbps sử dụng điều chế GFSK 4 mức. Trong trường hợp này, 2 bit dữ liệu được biến đổi vào 1 trong 4 tần số. Sau đó số liệu đã lọc được điều chế sử dụng độ lệch tần số tiêu chuẩn. Giá trị BT=0,5 được chọn trên cơ sở 2 yếu tố đó là yêu cầu sử dụng băng thông hiệu quả và khả năng tránh được nhiễu chồng lấn ký hiệu. Các giá trị lớn của BT sẽ dẫn đến xuyên nhiễu chồng lấn ký hiệu mức thấp trong khi yêu cầu chi phí cho độ rộng băng thông cao. Cả GFSK 2 mức và GFSK 4 mức đều có chung độ lệch tần số sóng mang trung bình bình phương. Trước hết số liệu nhị phân được lọc trong dải băng gốc sử dụng bộ lọc Gausse thông thấp (độ rộng băng 500 KHz) với tích số băng thông-thời gian BT=0,5.

Hình 2.33: Khuôn dạng gói PLCP FHSS

Mỗi kênh tần số trong một mẫu nhảy tần chiếm giữ băng thông rộng khoảng 1 MHz và phải thực hiện nhảy tần ở tốc độ tối thiểu quy định bởi các cơ quan chuyên trách. Chẳng hạn, ở Mỹ tốc độ nhảy tối thiểu là 2,5 bước nhảy/s (tương ứng với thời gian cư trú lớn nhất là 400 ms). Thời gian cư trú có thể được điều chỉnh thông qua các điểm truy nhập cho phù hợp với các điều kiện truyền sóng nhất định. Khi được thiết lập, thời gian cư trú giữ nguyên không đổi. Nút di động thu thập thông tin về thời gian nhảy tần khi nó đến kết hợp với điểm truy nhập. Điều này cho phép nút di động đảm bảo đồng bộ với điểm truy nhập trong khi thực hiện nhảy tần giữa các kênh tần số. Các mẫu nhảy tần đặc tả trong chuẩn 802.11 tối thiểu hoá xác suất BSS hoạt động ở cùng một kênh tần số tại cùng một thời điểm với một BSS khác. Tính trung bình, các chuỗi

của cùng một tập xung đột với nhau 3 lần (trong trường hợp xấu nhất có tới 5 lần xảy ra xung đột) trong một chu kỳ của mẫu nhảy tần. Ngoài ra, các mẫu nhảy tần được thiết kế để đảm bảo sự tách biệt là nhỏ nhất trong các kênh tần số giữa các mẫu nhảy kề nhau. Sự tách biệt gây ra một vài mức phân tập chống lại hiệu ứng fading đa đường lựa chọn tần số. Khoảng cách nhảy nhỏ nhất là 6 MHz ở Mỹ và Châu Âu (bao gồm Tây Ban Nha và Pháp) và là 5 MHz ở Nhật Bản.

MPDU được trộn và định dạng nhằm làm hạn chế các thay đổi về độ lệch dòng điện một chiều. Quá trình tăng cấp (ramp-up) và giảm cấp (ramp-down) công suất máy phát làm giảm những thay đổi trong các kênh tần số lân cận ở các điểm bắt đầu và kết thúc của mỗi gói. Có thể cần đến 8 μs để làm cho công suất tín hiệu tăng đến mức mong muốn. Ở đây có chú ý rằng đối với truyền dẫn DSSS cần ít thời gian hơn (2 μs) để làm tăng công suất tới mức mong muốn do công suất phát thấp hơn.

2.4.8 Lớp điều khiển truy nhập môi trường IEEE 802.11

Lớp MAC 802.11 liên quan chủ yếu đến các quy tắc để truy nhập vào môi trường vô tuyến dùng chung. Có hai phương pháp truy nhập khác nhau đã được xác định. Chức năng của giao thức MAC là chung cho cả ba tuỳ chọn của lớp vật lý (bao gồm DSSS, FHSS, DFIR) và độc lập với tốc độ dữ liệu. Chuẩn này bao gồm đặc tả chính thức của giao thức MAC sử dụng phương pháp SDL được chuẩn hoá bởi ITU-T. Các dịch vụ chính do lớp MAC cung cấp được mô tả trong các phần sau.

2.4.8.1 Đơn vị dữ liệu giao thức MAC 802.11

Hình 2.34 biểu diễn khuôn dạng của đơn vị dữ liệu giao thức MAC 802.11 tổng quát (MPDU). Các trường Địa chỉ 2, Địa chỉ 3, Điều khiển chuỗi, Địa chỉ 4 và dữ liệu người dùng chỉ có trong một số trường hợp nhất định. MPDU được bảo vệ độc lập bởi các bit kiểm tra lỗi.

Hình 2.34: Khuôn dạng đơn vị dữ liệu giao thức MAC tổng quát

Có ba kiểu gói dữ liệu:

- Các gói dữ liệu;

- Các gói điều khiển (ví dụ như các gói RTS, CTS, ACK);
- Các gói quản lý (ví dụ như đèn hiệu).

Thông tin cho bởi các trường khác nhau trong phần tiêu đề MPDU được liệt kê trong Bảng 2.4.

Bảng 2.4: Thông tin cho bởi các trường dữ liệu khác nhau trong phần tiêu đề MPDU

Trường	Thông tin
Điều khiển khung	Phiên bản hiện tại của tiêu chuẩn, các gói được nhậ hoặc gửi đi tới hệ thống phân phối, quản lý nguồ phân mảnh, gói mã hoá và nhận thực.
Khoảng thời gian/Nhận dạng	Khoảng thời gian của vector phân phối mạng, nhậ dạng nút đang hoạt động ở chế độ bảo vệ nguồn.
Các trường địa chỉ 1-4	Các địa chỉ của BSSID, đích, nguồn, bộ phát, và b thu.
Chuỗi điều khiển	Chuỗi số của gói và phân đoạn gói.

2.4.8.2 Các khoảng trống liên khung

Ba khoảng trống thời gian hay khoảng trống liên khung (IFS) khác nhau xác định trên Hình 2.35.

Hình 2.35: Các định nghĩa khoảng trống liên khung

Các khoảng trống liên khung độc lập với tốc độ dữ liệu. IFS ngắn (SIFS) là IFS ngắn nhất và được sử dụng cho tất cả các tác động đáp ứng tức thời (ví dụ như quá trình truyền dẫn các gói ACK, RTS, CTS). IFS thực hiện chức năng phối hợp điểm (PIFS) có độ dài trung bình sử dụng để dò tìm các nút trong khoảng thời gian giới hạn.

IFS thực hiện chức năng phối hợp phân bố (DIFS) là IFS dài nhất được sử dụng như thời gian trễ nhỏ nhất giữa các gói dữ liệu truyền dẫn liên tiếp. Khe thời gian được xác định và được sử dụng cho các mục đích lùi chờ (backoff) phát. Khe thời gian là tổng của thời gian ấn định kênh (cảm nhận sóng mang), thời gian xoay vòng máy thu, trễ truyền sóng, và trễ xử lý lớp MAC. SIFS là hàm của độ trễ thời gian, trễ xuất hiện trong quá trình giải mã phần tiêu đề/phần mào đầu PLCP, thời gian quay vòng máy thu, và thời gian trễ xử lý lớp MAC.

Bảng 2.5: Các đặc tả khoảng trống liên khung

Khoảng trống liên khung	DSSS	FHSS	DFIF
SIFS	10 μs	28 μs	7 μs
PIFS	30 μs	78 μs	15 μs
DIFS	50 μs	128 μs	23 μs
Khe thời gian	20 μs	50 μs	8 μs

Chuẩn 802.11 xác định các giá trị khác nhau của khe thời gian và SIFS cho các lớp vật lý khác nhau. Ví dụ, trong các mạng LAN DSSS, chuẩn 802.11 xác định SIFS=10 μs và khe thời gian TS=20 μs. Đối với các mạng LAN FHSS, SIFS=28 μs và khe thời gian TS=50 μs. DIFS được xác định bằng SIFS+2xTS trong khi PIFS được xác định bằng SIFS+TS. Như ở trong Bảng 2.5, IFS ở các hệ thống DSSS nhỏ hơn ít nhất hai lần so với IFS ở các hệ thống FHSS. Điều này có nghĩa là một quá trình truyền dẫn DSSS chứa ít thông tin phụ hơn do các khoảng trống thời gian liên khung. Khe thời gian ở chuẩn Ethernet 10 Mbps được xác định bằng thời gian của 512 bit hay 51,2 μs. Tuy nhiên, độ rộng khe thời gian này cũng tính đến thời gian cần thiết cho quá trình phát hiện xung đột.

2.4.8.3 Chức năng phối hợp phân tán

Phương pháp truy nhập cơ sở trong chuẩn 802.11 gọi là chức năng phối hợp phân tán (DCF) cần thiết cho quá trình đa truy nhập cảm nhận sóng mang tránh xung đột (CSMA/CA). CSMA/CA hoạt động tương tự như giao thức đa truy nhập cảm nhận sóng mang phát hiện xung đột (CSMA/CD) sử dụng trong các mạng Ethernet hữu tuyến. Trong cả hai giao thức, tính khả dụng của môi trường truyền dẫn phát hiện nhờ cảm nhận sóng mang và vấn đề tranh chấp môi trường truyền dẫn được giải quyết

bằng việc sử dụng thuật toán lùi chờ theo hàm mũ. Vì thế, các nút có thể phát dữ liệu nếu cần miễn là chúng tuân thủ các quy tắc giao thức.

Đa truy nhập cảm nhận sóng mang

Trong các hệ thống CSMA, một nút có gói tin cần truyền trước tiên thực hiện cảm nhận môi trường vô tuyến xem có quá trình truyền dẫn vô tuyến nào đang xảy ra hay không. Nếu đường truyền vô tuyến bận (tức là một nút nào đó đang phát dữ liệu), nút này hoãn quá trình truyền dẫn của nó đến thời điểm sau đó. Nếu môi trường truyền dẫn rỗi trong một khoảng thời gian lớn hơn khoảng thời gian của khoảng trống liên khung DCF (DIFS), gói sẽ được phát đi ngay lập tức. Lớp MAC hoạt động kết hợp với lớp vật lý để đánh giá các điều kiện của môi trường. Phương pháp dùng để xác định độ dài tín hiệu thu được có liên quan đến việc đo năng lượng của tín hiệu vô tuyến. Nếu độ dài tín hiệu thu nhỏ hơn một ngưỡng cho trước, môi trường được xem là rỗi và lớp MAC được gán cho trạng thái của phép đánh giá kênh rỗi CCA đối với quá trình truyền dẫn gói. Có một phương pháp khác tương quan với tín hiệu thu sử dụng mã Baker 11-chip để xác định sự xuất hiện của một tín hiệu DSSS hợp lệ. Cả hai phương pháp này cũng có thể được kết hợp với nhau để đưa ra một phép đánh giá trạng thái môi trường đáng tin cậy hơn.

CSMA rất hiệu quả khi môi trường truyền dẫn ít tải truyền dẫn bởi vì giao thức này cho phép các nút truyền dữ liệu đi với độ trễ nhỏ nhất. Do có trễ truyền sóng trong môi trường truyền, xác suất có hai hay nhiều nút ngay lập tức cùng cảm nhận được trạng thái rỗi của môi trường và phát dữ liệu đồng thời là do có sự xung đột. Rõ ràng là, các miền xung đột như vậy thường xuyên xảy ra khi mạng bị quá tải với nhiều nút cùng phát dữ liệu. Tỷ số giữa độ rộng khe thời gian và thời gian truyền dẫn gói cũng ảnh hưởng đến hiệu năng của CSMA.

Trong Bảng 2.6, tỷ số giữa độ rộng khe thời gian (xác định trong Bảng 2.5) với gói Ethernet tiêu chuẩn là đủ nhỏ để đảm bảo cho thuật toán CSMA trong chuẩn 802.11 hoạt động hiệu quả. Ở tốc độ cao hơn, CSMA có thể hoạt động không hiệu quả khi truyền dẫn các gói Ethernet ngắn.

Bảng 2.6: Tỷ số giữa thời gian của một khe với các độ dài khác nhau của gói Ethernet (bỏ qua phần mào đầu vô tuyến)

Gói Ethernet	DSSS		FHSS		DFIR	
Độ dài (octet)	1 Mbps	2 Mbps	1 Mbps	2 Mbps	1 Mbps	2 Mbps
1518	0,0016	0,0033	0,004	0,008	0,0007	0,0013
512	0,005	0,010	0,012	0,024	0,002	0,004

64	0,039	0,078	0,098	0,195	0,016	0,031

Tránh xung đột

Giao thức CSMA kết hợp với sơ đồ tránh xung đột (CA) tạo ra khoảng trống thời gian liên khung ngẫu nhiên (khoảng thời gian lùi chờ để phát tiếp) trong khoảng giữa hai quá trình truyền dẫn gói liên tiếp. Tránh xung đột được thực hiện để làm giảm xác suất xảy ra xung đột ngay sau một quá trình truyền dẫn gói thành công. Cần phải nhóm các gói cần phát tín hiệu vào trong các nhóm nhỏ hơn, mỗi nhóm sử dụng một khe thời gian nhất định (gọi là khe thời gian lùi chờ để phát tiếp). Nếu môi trường bận, trước hết nút phát phải trễ đến khi kết thúc khoảng thời gian DIFS và đợi một trong số các khe thời gian ngẫu nhiên (gọi là khoảng lùi chờ để phát – khoảng backoff) trước khi cố gắng phát dữ liệu một lần nữa (Hình 2.36).

Hình 2.36: Truyền dẫn một gói sử dụng CSMA/CA

Khi cần truyền lại, khoảng thời gian lùi chờ để phát tiếp tăng theo hàm mũ tới một ngưỡng xác định. Trái lại, khoảng thời gian lùi chờ để phát tiếp giảm đến giá trị nhỏ nhất khi các gói số liệu được truyền thành công. Đây chính là cách sử dụng các khoảng thời gian lùi chờ độ dài ngẫu nhiên để giải quyết các xung đột.

Tại mỗi khe thời gian lùi chờ, sử dụng cảm nhận sóng mang để xác định xem môi trường có bận hay không. Nếu môi trường là rỗi trong khoảng thời gian của một khe, khoảng thời gian lùi chờ giảm đi một lượng bằng một khe thời gian. Nếu môi trường bận (đối với một khe nào đó), chức năng lùi chờ bị tạm ngưng và bộ định thời lùi chờ

sẽ không giảm đối với khe thời gian này. Trong trường hợp này, khi môi trường rỗi trở lại trong khoảng thời gian lớn hơn DIFS, hàm lùi chờ tiếp tục giảm ở khe thời gian tạm dừng ở trước đó. Điều này có ý rằng các khoảng thời gian lùi chờ bây giờ ít hơn lúc đầu. Vì thế, gói bị trễ trong khi thực hiện chức năng lùi chờ có khả năng được phát cao hơn và sớm hơn một gói mới đến. Quá trình này lặp lại cho đến khi khoảng thời gian lùi chờ bằng không và gói được phát đi.

Hình 2.37: Truyền dẫn nhiều gói sử dụng CSMA/CA (một nút)

Cơ chế tránh xung đột cũng đảm bảo tính công bằng giữa các gói vì nó bắt buộc một gói phải thực hiện lùi chờ phát, vì thế tạo ra cơ hội phát cho một gói khác (Hình 2.37 và Hình 2.38). Cơ chế này không được sử dụng khi một nút quyết định phát đi gói dữ liệu mới và môi trường rỗi trong khoảng thời gian lớn hơn một DIFS.

Hình 2.38: Truyền dẫn nhiều gói sử dụng CSMA/CA (nhiều nút)

Phát hiện lỗi và xung đột

Cơ chế phát hiện xung đột trong các mạng LAN hữu tuyến yêu cầu máy thu cảm nhận môi trường trong quá trình truyền dẫn. Phương pháp này không thể áp dụng trực tiếp cho các mạng WLAN vì nhiều lý do. Trước tiên, trong các mạng hữu tuyến, sự khác biệt giữa mức tín hiệu phát và tín hiệu thu (tức là phạm vi thay đổi) là đủ nhỏ để

phát hiện xung đột. Tuy nhiên, trong một môi trường vô tuyến, năng lượng tín hiệu phát phát xạ theo mọi hướng và các máy thu phải rất nhạy để có thể tách được tín hiệu. Vì máy thu đặt cùng với máy phát nên ngay cả khi hai hay nhiều nút phát cùng một lúc, rất khó phát hiện các xung đột bởi vì quá trình truyền dẫn từ nút phát sẽ áp đảo toàn bộ quá trình truyền dẫn từ các nút khác. Hơn thế nữa, giả sử ban đầu rằng quá trình phát hiện xung đột đòi hỏi tất cả các nút phải nghe thông tin về các nút còn lại. Điều này là không thực tế trong môi trường vô tuyến vì mức suy hao tín hiện cao và biến thiên gây khó khăn cho việc phát hiện các gói xung đột. Điều này càng trở nên tồi tệ hơn khi có một nút ẩn và nút đang phát phát hiện được môi trường là rỗi nhưng không có môi trường truyền nào ở khu vực xung quanh máy thu. Lý do cuối cùng là do quá trình phát hiện xung đột đòi hỏi rất tốn kém bởi vì yêu cầu các máy thu phát vô tuyến song công có khả năng phát và thu ở cùng một thời điểm.

Giao thức MAC 802.11 yêu cầu các máy thu gửi bản tin xác nhận ACK trở lại máy phát nếu thu được chính xác gói dữ liệu (Hình 2.39). Bản tin ACK phát đi sau khi có một khoảng trống thời gian liên khung ngắn SIFS ngắn hơn DIFS. Điều này cho phép bản tin ACK có thể được phát đi trước bất cứ một gói dữ liệu mới nào. Nếu không có bản tin ACK nào được gửi lại, máy phát coi rằng gói đã phát đi bị hỏng (hoặc là do xung đột hoặc là do lỗi trong quá trình truyền dẫn) và nó tiến hành phát lại gói số liệu đó. Vì thế, không giống như ở CSMA/CD, trong CSMA/CA các xung đột xảy ra chỉ sau khi gói số liệu được phát đi. Quá trình truyền dẫn lại thực hiện bởi lớp MAC chứ không phải bởi các lớp cao hơn, điều này đảm bảo phục hồi nhanh chóng các bản tin bị mất.

Hình 2.39: Truyền dẫn thành công gói dữ liệu unicast

Đối với các mạng WLAN, việc sửa lỗi thực hiện ở lớp MAC trở nên khó khăn hơn vì có nhiều lỗi xảy ra thường xuyên hơn so với các mạng hữu tuyến. Mặt khác, việc sử dụng bản tin xác nhận ACK làm giảm hiệu quả truyền dẫn bởi vì đối với mỗi

gói dữ liệu thu đúng đều phải được xác nhận bằng một bản tin ACK. Tiêu chuẩn 802.11 yêu cầu các bản tin ACK chỉ được phát đi từ phía thu trong trường hợp truyền dẫn điểm tới điểm các gói số liệu. Trong các trường hợp phát quảng bá và phát điểm đến đa điểm việc phát tín hiệu xác nhận là không thực tế bởi vì điều này sẽ dẫn đến các quá trình xung đột giữa các bản tin ACK. Kết quả là độ tin cậy của lưu lượng trong trường hợp này bị giảm. Đối với quá trình phát hiện xung đột, các gói phát đi sử dụng CSMA không nhất thiết phải có độ dài xác định.

Hình 2.40: Truyền dẫn gói sử dụng cảm nhận sóng mang

Cảm nhận sóng mang ảo

CSMA/CA có thể được cải tiến bằng cách kết hợp với cơ chế cảm nhận sóng mang ảo khi đó nó phân phối các thông tin dành riêng bằng việc đưa ra thông báo về việc sử dụng mạng trong tương lai. Sự trao đổi các gói tin điều khiển ngắn gọi là các gói tin RTS (request-to-send) và CTS (clear-to-send) trước khi quá trình truyền thông các gói thực hiện trao đổi gói tin (Hình 2.41). Gói RTS được phát đi bởi nút phát trong khi gói CTS được phát đi bởi nút thu để cho phép nút xác định thực hiện phát thông tin. Các gói RTS và CTS chứa trường độ dài xác định khoảng thời gian mà trong đó môi trường truyền dẫn đã được dành trước cho quá trình truyền dẫn gói số liệu và gói tin ACK trở lại phía phát. Các gói RTS và CTS ngắn phải giảm thiểu các phần thông tin bổ sung (phần phụ trội thêm vào không phải là tín hiệu) do ảnh hưởng của các xung đột và cũng cho phép nút phát phỏng đoán xung đột nhanh chóng. Ngoài ra, gói tin CTS thông báo cho các nút láng giềng (các nút trong phạm vi nhận thông tin nhưng không phát thông tin) biết để kìm hãm quá trình phát thông tin tới nút thu, vì thế mà làm giảm các xung đột giữa các nút ẩn (Hình 2.42).

Hình 2.41: Truyền dẫn gói RTS

Tương tự như vậy, gói tin RTS bảo vệ khu vực phát tránh khỏi xung đột khi gói tin ACK được gửi đi từ nút thu (Hình 2.41). Vì thế, thông tin dành riêng được phân phối xung quanh các nút phát và thu. Tất cả các nút khác giải mã thành công trường độ dài trong các gói RTS và CTS lưu giữ thông tin dành sẵn về môi trường truyền dẫn trong một vector định vị mạng NAV. Với những nút này, NAV được sử dụng kết hợp với cảm nhận sóng mang để phát hiện tính khả dụng của môi trường. Vì vậy, các nút này sẽ hoãn quá trình truyền dẫn nếu NAV khác không hoặc nếu như cảm nhận sóng mang xác định rằng môi trường truyền đang bận. Giống như cơ chế ACK, cảm nhận sóng mang ảo không thể áp dụng cho các MPDU được đánh dịa chỉ theo kiểu quảng bá hay theo kiểu điểm đến đa điểm bởi vì xác suất xảy ra xung đột cao giữa một số lượng lớn các gói tin CTS.

Bởi vì phần thông tin phụ trội là lớn, không cần phải liên tục điều chỉnh đặc biệt là đối với các gói số liệu có kích thước ngắn. Do đó, tiêu chuẩn 802.11 cho phép các gói số liệu ngắn phát đi mà không cần đến cảm nhận sóng mang ảo. Quá trình này được điều khiển bởi một tham số gọi là ngưỡng RTS. Chỉ có các gói số liệu có kích thước lớn vượt ngưỡng RTS khi phát mới cần đến cảm nhận sóng mang ảo. Do hiệu suất của thuật toán cảm nhận ảo phụ thuộc chủ yếu vào giả định rằng cả nút phát và nút thu có các vùng hoạt động như nhau (tức là công suất máy phát và độ nhạy của máy thu là như nhau). Việc có sử dụng cảm nhận ảo hay không là tuỳ chọn nhưng cơ chế này phải luôn được đảm bảo.

Hình 2.42: Truyền dẫn gói CTS

2.4.8.4 Chức năng phối hợp điểm

Truyền thông thời gian thực yêu cầu giới hạn trễ từ đầu cuối tới đầu cuối dựa trên cơ sở thông tin bị làm sai giá trị của nó và có thể bị loại bỏ. Điều này đối lập với trễ trong trường hợp truyền dữ liệu do trễ ở đây không bị giới hạn. CSMA/CA không thích hợp với việc hỗ trợ truyền thông thời gian thực bởi vì nó coi các gói là tương đương mà không xem xét đến độ nhạy của từng loại dữ liệu nhất định. Đặc tính phi kết nối của nó không thực hiện sắp xếp hay ưu tiên các lưu lượng số liệu thời gian thực (ví dụ như thoại và video) và kết quả là nó không thể phân biệt lưu lượng thời gian thực và lưu lượng không yêu cầu thời gian thực (ví dụ như dữ liệu). Xác suất xảy ra xung đột, việc sử dụng các khoảng thời gian lùi chờ nhẫu nhiên và quá trình truyền dẫn các gói số liệu kích thước lớn có thể dẫn tới sự biến đổi trễ quá mức (còn gọi là hiện tượng rung pha hay jitter). Một điểm nữa cần chú ý là việc sử dụng bản tin xác nhận đối với việc phát hiện lỗi và xung đột trong CSMA/CA có thể làm giảm quá trình truyền dẫn lưu lượng dữ liệu thời gian thực bởi vì quá trình truyền dẫn lại làm tăng thời gian trễ.

Chức năng phối hợp điểm tuỳ chọn PCF có thể được dùng để hỗ trợ các dịch vụ giới hạn thời gian. PCF sử dụng một sơ đồ đa truy nhập không xảy ra tranh chấp và tập trung hoá tại đó các nút được phép phát dữ liệu chỉ sau khi chúng được thăm dò bởi các điểm truy nhập. Xung đột có thể xảy ra khi các điểm truy nhập phát đi các bản tin thăm dò tới các nút di động nằm ở các vùng phủ vô tuyến chồng lấn nhau. Để cho phép các nút di động khác chứa dữ liệu không đồng bộ truy nhập vào môi trường, giao thức MAC sắp xếp luân phiên DCF và PCF, trong đó PCF có quyền ưu tiên truy nhập cao hơn. Điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng một siêu khung tại đó PCF được

tích cực trong khoảng thời gian không xảy ra tranh chấp, trong khi đó DCF được tích cực trong khoảng thời gian có tranh chấp (Hình 2.43).

Hình 2.43: PCF và DCF trong một siêu khung

Khoảng thời gian không xảy ra xung đột có thể biến đổi trong mỗi siêu khung mà không phải bổ sung thêm bất cứ phần thông tin phụ trội nào khác. Tại phần đầu của siêu khung, khi môi trường rỗi PCF thực hiện việc điều khiển môi trường truyền dẫn. Nếu môi trường bận, thì sau đó PCF hoãn điều khiển môi trường cho đến khi kết thúc gói tin hoặc sau khi nhận được bản tin xác nhận ACK. Vì PIFS ngắn hơn DIFS, PCF có thể thực hiện điều khiển môi trường ngay sau kết thúc khoảng thời gian môi trường bận. Do khoảng thời gian xảy ra tranh chấp có độ dài thay đổi, điều này làm cho khoảng thời gian không xảy ra xung đột xuất hiện ở những thời điểm khác nhau (Hình 2.43). Tương tự như vậy, một gói số liệu có thể xuất phát ở gần cuối khoảng thời gian xảy ra tranh chấp, vì thế nó kéo dài độ rộng siêu khung và làm cho khoảng thời gian không xảy ra xung đột bắt đầu tại những thời điểm khác nhau.

2.4.8.5 Kết hợp và tái kết hợp

Quá trình kết hợp cho phép thiết lập đường truyền vô tuyến giữa các nút di động và các điểm truy nhập trong các mạng cơ sở. Khi một nút tham gia vào mạng và có khả năng phát và thu các gói số liệu chỉ sau khi quá trình kết hợp hoàn thành. Để khởi tạo một kết nối với một điểm truy nhập, nút phát đi một tín hiệu dò P (Probe signal). Khi nhận được đáp ứng dò PR (Probe Response) từ các điểm truy nhập, nút lựa chọn điển truy nhập có chiều dài tín hiệu tốt nhất. Sau đó nó gửi yêu cầu kết hợp AR (Association Request) tới điểm truy nhập này, điểm truy nhập này sẽ phát đi tín hiệu đáp ứng kết hợp AR (Assocciation Response).

Quá trình kết hợp là cần thiết song không đầy đủ để hỗ trợ tính di động. Để hỗ trợ tính di động và quá trình chuyển mạng, phải sử dụng thêm một chức năng bổ sung gọi là quá trình tái kết hợp cùng với chức năng kết hợp. Chức năng tái kết hợp cho phép một quá trình kết hợp đã được thiết lập trước đó di chuyển từ điểm truy nhập này tới

điểm truy nhập khác. Quá trình tái kết hợp luôn được khởi tạo bởi nút di động. Các quá trình kết hợp và tái kết hợp là các quá trình động bởi vì nút di động luôn có thể ở trạng thái bật hay tắt, di chuyển trong vùng phủ hay di chuyển ra ngoài.

Để minh hoạ hai quá trình này tương tác với nhau như thế nào trong điều kiện chuyển mạng, xem xét trường hợp khi một nút phát hiện ra rằng kết nối từ chính nó tới điểm truy nhập hiện thời không thực hiện được. Nút này sẽ tiến hành quét một điểm truy nhập khác hoặc sử dụng thông tin thu được từ quá trình quét trước đó. Nếu một điểm truy nhập mới xuất hiện, nút này gửi đi yêu cầu tái kết hợp RR (Reassociation Request) tới điểm truy nhập mới này. Nếu đáp ứng tái kết hợp là thành công, nút được kết nối tới điểm truy nhập mới. Trong trường hợp ngược lại, nút di động này phải quét qua một điểm truy nhập khác. Khi một điểm truy nhập chấp nhận yêu cầu tái kết hợp RR, nó chỉ định quá trình tái kết hợp tới hệ thống phân bố DS. Sau đó thông tin từ DS được cập nhật và điểm truy nhập trước đây được thông báo về sự thay đổi này thông qua hệ thống phân bố DS.

2.4.8.6 Nhận thực và bảo mật

Ban đầu các bản tin truyền qua mạng WLAN 802.11 mà không được mật mã. Vì thế một nút theo tiêu chuẩn DSSS 802.11 nằm trong vùng phủ sóng có thể nghe trộm thông tin trên mạng DSSS 802.11. Tiêu chuẩn 802.11 có một chức năng dự phòng tuỳ chọn sử dụng để bảo mật gọi là bảo mật tương ứng hữu tuyến (WEP – Wired Equipvalent Privacy). WEP sử dụng thuật toán mã luồng nhận thực và mật mã hoá 40-bit phức để mã hoá dữ liệu trước khi truyền dẫn. Triển khai thuật toán WEP yêu cầu sử dụng bộ tạo mã giả ngẫu nhiên khởi tạo bởi một khoá bí mật. Đầu ra của bộ tạo mã là các chuỗi khoá tương ứng với chiều dài lớn nhất của gói dữ liệu. Chuỗi khoá này kết hợp với dữ liệu người dùng để tạo ra gói có thể phát vào môi trường vô tuyến.

Để có thể hoạt động được trong môi trường mạng LAN vô tuyến, mỗi gói được phát đi cùng với một vector khởi tạo 24-bit, vector này sẽ khởi động lại bộ tạo mã giả ngẫu nhiên ở mỗi gói. Một khoá 64-bit dùng chung được sử dụng để nhận thực, mật mã, và giải mã dữ liệu. Chỉ có những thiết bị có khoá hợp lệ mới được phép kết hợp với điểm truy nhập. WEP chỉ bảo vệ thông tin MPDU mà không bảo vệ phần mào đầu lớp vật lý.

Các thủ tục cơ bản để nhận thực (kết hợp với các đặc điểm mật mã hoá của WEP) bao gồm:

- Nút A nhận dạng nút B bằng việc phát đi một bản tin ngẫu nhiên;
- Nút B sử dụng WEP để mã hoá bản tin này và gửi bản tin trở lại nút A;
- Nút A giải mã bản tin và quá trình nhận thực là thành công nếu bản tin được giải mã giống như gói tin ban đầu; trong trường hợp ngược lại, nút A thực hiện nhận dạng lại bằng việc phát đi một bản tin ngẫu nhiên khác.

2.4.8.7 Đồng bộ hoá

Các nút di động cần đồng bộ hoá vì nhiều lý do (ví dụ như quá trình đồng bộ tốc độ chip/tốc độ nhảy tần và quản lý công suất). Để chính xác, chức năng đồng bộ hoá định thời gian yêu cầu hai nhóm thông tin đối với mỗi nút: một đồng hồ tham khảo chung và số lần truyền sóng thuận/ngược. Số lần truyền sóng thuận/ngược cho phép mỗi nút bù trừ khoảng cách truyền dẫn giữa các nút. Các đèn hiệu đóng vai trò quan trọng trong việc đồng bộ hoá mạng bởi vì nó truyền đi các tham số quan trọng của mạng như là chuỗi nhảy tần và thông tin định thời. Các đèn hiệu cho phép các nút di động mới tham gia vào mạng.

Trong một mạng cơ sở, việc đồng bộ hoá có thể thực hiện được khi sử dụng cơ chế sau:

- Điểm truy nhập định thời phát đi các đèn hiệu bao gồm thông tin định thời của nó ở quá trình truyền dẫn hiện thời;
- Các nút thu điều chỉnh đồng hồ nội bộ của chúng khi thu được tín hiệu đèn hiệu.

Khi một nút muốn truy nhập vào một mạng BSS hiện có, nút có thể thu được thông tin đồng bộ hoá bằng các cách sau:

- Tiến hành quét thụ động ở nơi mà một nút đợi thu tín hiệu đèn hiệu từ điểm truy nhập;
- Tiến hành quét tích cực ở nơi mà một nút cố gắng định vị một điểm truy nhập bằng việc phát đi các gói tin yêu cầu dò tìm PR (Probe Request) và sau đó lắng nghe đáp ứng dò PR (Probe Response) từ điểm truy nhập.

Trong các mạng IBSS quá trình đồng bộ hoá là một chức năng phân bố.

2.4.8.8 Quản lý công suất

Đối với các mạng WLAN vấn đề bảo toàn công suất đóng vai trò quyết định bởi vì các thiết bị di động sử dụng nguồn acquy. Các mạch ở máy thu thích ứng trong mạng LAN hoạt động trong một khoảng thời gian dài hơn so với các mạch ở máy phát. Tuy nhiên, khi tính trung bình theo thời gian, trạng thái thu rỗi thường lớn hơn mức tiêu thụ công suất bộ thích ứng trong mạng LAN. Vì thế, công suất acquy lớn có thể được dự trữ bằng cách cho phép một nút thoát khỏi khoảng thời gian rỗi và vẫn duy trì kết nối tích cực.

Chuẩn 802.11 xác định ba chế độ công suất trong giao thức MAC:

- Phát: Máy phát được kích hoạt;
- Thức: Máy thu được kích hoạt;
- Ngủ: Máy phát và máy thu không có khả năng phát hay thu.

Giao thức MAC 802.11 cho phép nút di động chuyển từ chế độ công suất đầy đủ (tích cực) sang chế độ công suất thấp (ngủ) trong khoảng thời gian xác định bởi điểm truy nhập mà không gây tổn thất thông tin. Công suất tiêu thụ thực sự không xác định trong tiêu chuẩn này và phụ thuộc vào quá trình thực hiện. Nguyên tắc chính của cơ chế bảo vệ công suất là ở chỗ điểm truy nhập lưu giữ một bản tin cập nhật thường xuyên về nút hiện thời hoạt động trong chế độ bảo vệ công suất. Sau đó nó lưu đệm các gói số liệu được đánh địa chỉ tới các nút này cho tới khi các nút này yêu cầu phát đi các gói hoặc khi chúng thực hiện việc truyền thông lại với điểm truy nhập. Nếu nút này di chuyển tới một điểm truy nhập khác, các gói được chuyển tới nút thông qua mạng LAN hữu tuyến.

Điểm truy nhập định kỳ gửi đi các tín hiệu đèn hiệu có chứa bản đồ chỉ dẫn lưu lượng TIM (Traffic Indication Map) thông báo những nút bảo vệ công suất nào lưu giữ lưu lượng điểm - điểm. Quá trình truyền dẫn tín hiệu đèn hiệu có thể bị trễ do đang có một quá trình truyền dữ liệu khác. Trong chế độ bảo vệ công suất, nút di động 'thức' đều đặn khi bất cứ một TIM nào phát quảng bá (broadcast) từ một điểm truy nhập. Tuy nhiên, nút di động không cần kiểm tra mọi TIM quảng bá. Nếu có các gói được ấn định trước cho một nút di động, nút chuyển từ chế độ ngủ sang chế độ 'thức' và gửi đi một bản tin thăm dò tới điểm truy nhập để khôi phục các gói này. Để duy trì việc đồng bộ hoá, bộ định thời tiếp tục hoạt động như một nút ngủ. Quá trình đồng bộ hoá cho phép hoạt động ở mức công suất rất thấp.

Tính khả dụng của các bản tin phát quảng bá (broadcast), phát điểm đến đa điểm (multicast), phát điểm đến điểm (unicast) được xác định thông qua TIM phân bổ (DTIM). Trước tiên các bản tin broadcast và multicast được phát đi. Khoảng thời gian DTIM dài hơn và bằng nhiều khoảng TIM. Đối với một IBSS, do không có điểm truy nhập nào, quá trình truyền dẫn tín hiệu đèn hiệu trở thành một trách nhiệm được phân bổ. Các adhoc TIM _TIM độc lập được phát đi trước khi phát gói dữ liệu thực. Các nút bảo vệ công suất chỉ 'thức' trong một thời gian ngắn được xác định trước để nghe xem liệu chúng có thể quay lại trạng thái tích cực để thu gói dữ liệu hay không.

2.4.8.9 Quản lý phân mảnh gói

Trong tất cả các quá trình truyền dẫn gói trong mạng LAN, các bản tin có độ dài thay đổi được sử dụng trong tiêu chuẩn IEEE 802.11. Theo cách này, tổng số các gói tin phát đi là nhỏ nhất. Điều này trở nên quan trọng để đạt được thông lượng cao do rất nhiều thiết bị mạng bị giới hạn không phải bởi số lượng bit mà chúng có thể phát trên mỗi giây mà bởi số lượng các gói tin mà chúng có thể xử lý trong một giây. Điều này là hoàn toàn đúng đối với các vùng phủ rộng bởi vì tỷ số lỗi bit của môi trường vô tuyến tăng theo khoảng cách. Việc phân mảnh dữ liệu có thể có ích khi áp dụng cho các thiết bị di động di chuyển ở tốc độ trung bình. Thông thường, fading xảy ra nhanh do các điều kiện như trên (tốc độ di chuyển cao).

Quá trình phân mảnh gói có thể làm giảm tác động của xung đột và là một lựa chọn tốt để sử dụng RTS/CTS (mặc dù chuẩn 802.11 cho phép sử dụng phân mảnh hoá kết hợp với cơ chế RTS/CTS). Chuẩn 802.11 khuyến nghị chiều dài gói được phân mảnh nên nhỏ hơn 3,5 ms (tức là độ dài gói gồm 400 octet có tốc độ dữ liệu 1 Mbps). Tuy nhiên, quá trình phân mảnh hoá yêu cầu phần thông tin phụ nhiều hơn do số lượng các gói tin và các gói ACK đã được xử lý tăng lên, do phần thông tin mào đầu và thông tin tiêu đề trong mỗi gói tin được phân mảnh và do các SIFS bổ sung.

Hình 2.44: Quá trình phân mảnh một gói dữ liệu unicast

Để đạt được những thuận lợi này, một cơ chế phân mảnh/tái kết hợp đơn giản được đưa vào trong lớp MAC 802.11 (Hình 2.44). Mỗi gói bao gồm một chuỗi số để sử dụng cho việc tái kết hợp. Một ngưỡng phân mảnh xác định độ dài lớn nhất của gói ở trên đã được phân mảnh.

2.5 Một số công nghệ lớp liên kết dữ liệu khác

2.5.1 Giới thiệu

Mỗi kết nối WAN sử dụng một giao thức ở tầng 2 để đóng gói dữ liệu trước khi truyền qua liên kết WAN. Để đảm bảo giao thức đóng gói dữ liệu thích hợp được sử dụng, cần phải cấu hình kiểu đóng gói tại tầng 2. Việc lựa chọn giao thức đóng gói dữ liệu nào phụ thuộc vào công nghệ WAN và thiết bị truyền thông. Các giao thức đóng gói phổ biến bao gồm:

- Point-to-Point Protocol (PPP): PPP ban đầu được thiết kế như một giao thức đóng gói để truyền dữ liệu IP qua các kết nối điểm-điểm. PPP cũng thiết lập một chuẩn cho việc đánh địa chỉ và quản lý địa chỉ IP, đóng gói dữ liệu không đồng bộ và đồng bộ hướng bit, v.v. PPP hỗ trợ các chức năng này thông qua một giao thức điều khiển liên kết (LCP – Link Control Protocol) và một họ các giao thức điều khiển mạng (NCP – Network Control Protocols).
- High-level Data Link Control (HDLC): HDLC là giao thức đóng gói dữ liệu mặc định trên các cổng nối tiếp đồng bộ của Cisco. Đây là một giao thức đồng bộ

hướng bit tại tầng liên kết dữ liệu. HDLC là một chuẩn mở, do vậy có khá nhiều phiên bản của HDLC. Khi giao tiếp với một thiết bị không phải Cisco, giao thức PPP đồng bộ là một lựa chọn phù hợp hơn.

- Frame Relay: Là một giao thức chuyển mạch gói tốc độ cao hoạt động tại tầng vật lý và tầng liên kết dữ liệu. Ban đầu, Frame Relay được thiết kế để sử dụng trên các giao diện ISDN. Ngày nay, nó được sử dụng trên nhiều loại giao diện mạng khác nhau, đặc biệt là hoạt động trên các thiết bị mạng diện rộng cho phép cung cấp các dịch vụ có độ tin cậy cao hơn.
- Asynchronous Tranfer Mode (ATM): Là một chuẩn quốc tế cho chuyển tiếp tế bào, trong đó các loại dịch vụ khác nhau (dữ liệu, âm thanh, video, …) được truyền tải dưới dạng các tế bào có kích thước cố định (53 byte). Việc các tế bào có kích thước cố định cho phép các xử lý được thiết lập trong phần cứng, và như vậy có thể làm giảm độ trễ trong quá trình chuyển tiếp.

2.5.2 Giao thức PPP

PPP là giao thức đóng gói dữ liệu chuẩn quốc tế được sử dụng cho các kiểu kết nối sau:

- Kết nối nối tiếp không đồng bộ
- ISDN
- Kết nối nối tiếp đồng bộ
- Kết nối băng rộng

PPP cung cấp một phương pháp đóng gói dữ liệu chuẩn cho các giao thức ở tầng cao hơn khi truyền qua các kết nối điểm-điểm. PPP sử dụng họ giao thức NCP để đóng gói dữ liệu đa giao thức và sử dụng LCP để thỏa thuận và thiết lập các lựa chọn điều khiển trên các liên kết dữ liệu WAN. Hình 2.45 cho thấy một ví dụ về đóng gói dữ liệu PPP.

Hình 2.45: Đóng gói dữ liệu PPP

Một số đặc điểm chính của PPP LCP bao gồm:

- Xác thực: Quá trình nhận diện một người dùng, thường dựa trên tên người dùng và mật khẩu.
- Nén dữ liệu
- Đa liên kết: Một mở rộng của PPP, cho phép nhiều kết nối vật lý giữa 2 điểm có thể kết hợp thành một kết nối lôgic.

PPPoE (PPP over Ethernet) là một giao thức mạng cho phép đóng gói các khung PPP trong các khung Ethernet. Nó cung cấp đầy đủ các tính năng của PPP như xác thực, nén dữ liệu, mã hóa, v.v. PPPoE là một giao thức đường hầm, cho phép "ghép" giao thức IP (hoặc các giao thức khác chạy trên PPP) vào một kết nối giữa 2 cổng Ethernet, nhưng vẫn giữ các đặc điểm của một liên kết PPP. Do vậy, nó được sử dụng để quay số "ảo" tới một máy Ethernet khác và tạo một kết nối điểm điểm với nó. Sau đó, nó được dùng để truyền các gói tin IP, dựa trên các đặc điểm của PPP.

Tương tự như vậy, PPPoA (PPP over ATM) cũng là một giao thức mạng cho phép đóng gói các khung PPP trong các khung ATM. Nó cũng cung cấp đầy đủ các tính năng của PPP như đã nói ở trên và có các đặc điểm như PPPoE, nhưng trong mạng ATM.

2.6 Tổng kết

Trong chương này trình bày những vấn đề cơ bản nhất liên quan đến chức năng và hoạt động của hai lớp: Vật lí và Liên kết dữ liệu .

Lớp Vật lí là lớp thấp nhất trong mô hình lớp OSI. Đó cũng là lớp duy nhất cần thiết và đủ cho việc truyền thông điểm-điểm để kết nối giữa các hệ thống. Trong chương này đã giới thiệu một số khía cạnh về lớp vật lí và giao thức của nó, tập trung vào các nguyên lí chung cho rất nhiều tiêu chuẩn lớp vật lí như sau:

- Truyền tín hiệu ở lớp vật lí;
- Đồng bộ và định thời;
- Các giao thức và đặc tả lớp vật lí.

Chức năng của lớp Liên kết dữ liệu là cung cấp dịch vụ cho lớp mạng. Về nguyên tắc, dịch vụ được truyền từ lớp mạng của máy phát đến lớp mạng của máy thu. Tuy nhiên đường truyền thực sự sẽ phải được thực hiện thông qua lớp liên kết dữ liệu. Những chức năng của lớp liên kết dữ liệu được đề cập ở đây là:

- Cung cấp một giao diện dịch vụ được định nghĩa rõ với lớp mạng;
- Phân khung và tách khung tại đầu phát và đầu thu;
- Kiểm soát và xử lí các lỗi đường truyền;

- Điều khiển luồng dữ liệu để tương thích được tốc độ của máy phát và máy thu;
- Điều khiển truy nhập đường truyền.

Trong nội dung chương cũng đã đề cập đến các chuẩn lớp liên kết dữ liệu cơ bản như Ethernet, Token Ring và FDDI, sau đó đi sâu vào phân tích những đặc điểm của chuẩn Ethernet là chuẩn phổ biến nhất hiện nay.

Các công nghệ truy nhập vô tuyến đã được giới thiệu như một hướng phát triển đang được phổ biến rộng rãi, trong đó WLAN dựa trên chuẩn IEEE 802.11 là công nghệ phổ biến hơn cả. Ngoài ra, một số công nghệ lớp liên kết dữ liệu khác cũng được giới thiệu khái quát như PPP, xDSL hay VLAN.

2.7 Câu hỏi ôn tập

1. Trình bày các đặc điểm của truyền tín hiệu tương tự ở lớp Vật lí.
2. Trình bày các đặc điểm của truyền tín hiệu số ở lớp Vật lí.
3. Trình bày những giới hạn của việc truyền tín hiệu và dung lượng kênh.
4. Trình bày ý nghĩa của vấn đề đồng bộ và định thời ở lớp Vật lí.
5. Trình bày các đặc điểm chính của phương thức truyền thông dị bộ.
6. Trình bày các đặc điểm chính của phương thức truyền thông đồng bộ.
7. Giới thiệu về các giao thức và đặc tả ở lớp Vật lí.
8. Nêu các chức năng của lớp Liên kết dữ liệu.
9. Trình bày nguyên lí định khung ở lớp Liên kết dữ liệu.
10. Trình bày nguyên lí kiểm soát lỗi ở lớp Liên kết dữ liệu
11. Trình bày nguyên lí điều khiển luồng ở lớp Liên kết dữ liệu
12. Giới thiệu đặc điểm của các loại đường truyền trong mạng cục bộ
13. Trình bày đặc điểm của phương thức truy nhập CSMA/CD
14. Trình bày đặc điểm của phương thức truy nhập theo hình thức chuyển thẻ bài
15. Trình bày đặc điểm của chuẩn LAN Ethernet
16. Trình bày đặc điểm của chuẩn Token Ring
17. Trình bày đặc điểm của chuẩn FDDI
18. Trình bày quan hệ giữa mô hình phân lớp Ethernet và OSI.

19. Trình bày cấu trúc khung Ethernet.
20. Trình bày quá trình truyền và nhận khung Ethernet.
21. Giới thiệu các đặc tả lớp Vật lí Ethernet.
22. Trình bày đặc điểm của giao thức PPP
23. Trình bày những đặc điểm chính của công nghệ ATM

CHƯƠNG 3. LỚP MẠNG

3.1 Chức năng và hoạt động của lớp Mạng

3.1.1 Kĩ thuật lưu và chuyển gói

Chức năng của lớp mạng liên quan đến việc chuyển các gói tin từ nguồn tới đích qua môi trường liên mạng. Việc chuyển tiếp gói tin đến đích có thể được thực hiện thông qua nhiều bước nhảy tại các bộ định tuyến trung gian dọc theo đường truyền. Có thể nói, lớp mạng là lớp thấp nhất xử lí việc truyền từ đầu cuối tới đầu cuối (end-to-end).

Trong hầu hết các WAN, mạng có nhiều đường truyền, mỗi một đường kết nối một cặp bộ định tuyến. Nếu hai bộ định tuyến không có đường truyền trực tiếp muốn trao đổi thông tin với nhau, chúng phải làm điều này một cách gián tiếp thông qua các bộ định tuyến khác. Khi một gói tin được gửi từ một bộ định tuyến này đến bộ định tuyến khác thông qua một hoặc nhiều router trung gian, các gói tin sẽ được bộ định tuyến trung gian nhận, lưu tạm ở đó cho đến khi đầu ra theo yêu cầu rỗi, và sau đó được chuyển tiếp đi. Một phân mạng tổ chức theo nguyên tắc này được gọi là "lưu và chuyển tiếp" (store-and-forward) hay phân mạng chuyển mạch gói (packet-switched). Hầu như tất cả mạng diện rộng (trừ khi sử dụng các vệ tinh) có các mạng con lưu và chuyển tiếp. Khi các gói có kích thước nhỏ và đều nhau, chúng thường được gọi là các tế bào.

Nguyên tắc của WAN dựa trên chuyển mạch gói rất cần được nhấn mạnh. Một cách khái quát, khi một máy trạm có một bản tin cần gửi đến một số trạm khác, trạm gửi đầu tiên cắt bản tin thành các gói tin, mỗi gói mang số theo trình tự. Các gói dữ liệu sau đó được chuyển vào mạng liên tiếp nhau theo từng gói một . Các gói dữ liệu được vận chuyển qua mạng theo những cách riêng và tới các máy trạm tiếp nhận, nơi chúng được tập hợp lại thành bản tin ban đầu và chuyển cho quá trình tiếp nhận.

3.1.2 Thực thi dịch vụ hướng kết nối và phi kết nối

Như đã nói ở trên, mạng chuyển mạch gói truyền dữ liệu qua các tuyến khác nhau dưới dạng các gói tin. Câu hỏi đặt ra là làm thế nào các mạng này tạo được kết nối giữa trạm gửi và trạm nhận? Trạm gửi không thể đơn giản giả thiết rằng gói tin được

truyền đi sẽ đi tới đích cần thiết. Do vậy, cần phải có một sự "liên kết" nào đó giữa trạm gửi và trạm nhận. Liên kết này có thể dựa trên một trong hai kiểu dịch vụ hướng kết nối và phi kết nối, phụ thuộc vào loại mạng chuyển mạch gói.

Trong dịch vụ phi kết nối, không có liên kết nào được tạo ra giữa trạm gửi và trạm nhận trước khi các gói tin được gửi đi. Mỗi gói tin được gửi đi được xem như một đơn vị độc lập, không liên quan với các gói tin khác. Và như vậy, các gói tin được phân chia từ bản tin ban đầu sẽ được chuyển theo các tuyến khác nhau tới đích.

Trong dịch vụ hướng kết nối, một liên kết truyền thông được tạo ra trước khi các gói tin được chuyển đi. Bởi vì liên kết được tạo ra trước khi quá trình truyền thông bắt đầu, tất cả các gói tin được phân chia từ bản tin ban đầu sẽ được chuyển theo cùng một tuyến tới đích. Một dịch vụ hướng kết nối có thể sử dụng một trong hai loại kênh ảo là kênh ảo chuyển mạch (SVC - Switched Virtual Circuits) và kênh ảo cố định (PVC - Permanent Virtual Circuits). Việc sử dụng kênh ảo chuyển mạch có thể được so sánh với việc gọi điện thoại. Người gọi kết nối tới người nghe, trao đổi thông tin và ngắt kết nối. Việc sử dụng kênh ảo cố định có thể được so sánh với việc sử dụng một kênh thuê riêng, theo đó, kênh này vẫn kết nối thường xuyên kể cả khi không có quá trình truyền thông nào diễn ra.

3.2 Định tuyến

Để hoàn thành được nhiệm vụ chuyển các gói tin đến đích, lớp mạng phải biết được cấu trúc liên kết (topology) của mạng và lựa chọn các đường đi thích hợp cho gói tin qua mạng. Chức năng này được gọi là định tuyến (routing), và có thể nói đây là chức năng quan trọng nhất của lớp mạng. Việc tìm hiểu nguyên lí hoạt động của lớp mạng phần lớn gắn liền với việc tìm hiểu các kĩ thuật định tuyến. Sau đây ta sẽ tập trung vào các khía cạnh kĩ thuật của bài toán định tuyến một cách tổng quát. Còn về các giải thuật cũng như giao thức định tuyến cụ thể sẽ được trình bày sâu hơn trong các phần sau, khi nghiên cứu về môi trường mạng phổ biến nhất bây giờ là mạng IP.

3.2.1 Nguyên lí chung của định tuyến

3.2.1.1 Định tuyến là gì?

Định tuyến là sự lựa chọn một con đường để truyền một đơn vị dữ liệu (một gói tin chẳng hạn) từ trạm nguồn đến trạm đích trong một liên mạng. Chức năng định tuyến, được thực hiện ở tầng mạng, cho phép bộ định tuyến đánh giá các đường đi sẵn có tới đích. Để đánh giá đường đi, định tuyến sử dụng các thông tin tôpô mạng. Các thông tin này có thể do người quản trị thiết lập hoặc được thu lượm thông qua các giao thức định tuyến.

Tầng mạng hỗ trợ chuyển gói từ đầu cuối-tới-đầu cuối nỗ lực tối đa (best-effort) qua các mạng được kết nối với nhau. Tầng mạng sử dụng bảng định tuyến IP để gửi các gói từ mạng nguồn đến mạng đích. Sau khi đã quyết định sử dụng đường đi nào, bộ định tuyến tiến hành việc chuyển gói. Nó lấy một gói nhận được ở giao diện vào và chuyển tiếp gói này tới giao diện ra tương ứng (giao diện thể hiện đường đi tốt nhất tới đích cho gói).

Trong một liên mạng, mỗi mạng được định danh bởi một địa chỉ mạng và bộ định tuyến sử dụng các địa chỉ mạng này để nhận biết đích. Bộ định tuyến sử dụng địa chỉ mạng để nhận dạng mạng đích của một gói tin trong liên mạng. Hình 3.1 minh họa ba địa chỉ mạng IP được dùng để nhận diện các phân đoạn kết nối tới bộ định tuyến.

M□ng	Tr□m
192.168.1	1
192.168.3	1
192.168.5	1 2 3

Hình 3.1: Bộ định tuyến sử dụng phần địa chỉ mạng để định tuyến dữ liệu

3.2.1.2 Quá trình định tuyến

Khi định tuyến dữ liệu từ nguồn đến đích, bộ định tuyến thường chuyển tiếp gói từ một liên kết dữ liệu (mạng) này đến một liên kết dữ liệu khác, sử dụng hai chức năng cơ bản:

- Xác định đường đi (path determination)
- Chuyển mạch (switching)

- ***Chức năng xác định đường đi*** chọn ra một đường đi tối ưu đến đích theo một tiêu chí nào đó (chẳng hạn chiều dài đường đi). Để trợ giúp cho quá trình xác định đường đi, các giải thuật định tuyến khởi tạo và duy trì bảng định tuyến, bảng này chứa thông tin về các tuyến tới đích.

Khi đường đi tối ưu được xác định, bước nhảy tiếp theo gắn với đường đi này cho bộ định tuyến biết phải gửi gói đi đâu để nó có thể đến đích theo đường đi tối ưu đó.

- ***Chức năng chuyển mạch*** cho phép bộ định tuyến chuyển gói từ cổng vào tới cổng ra tương ứng với đường đi tối ưu đã chọn.

Trong quá trình định tuyến, phần địa chỉ mạng được sử dụng để xác định đường đi, còn phần địa chỉ trạm được bộ định tuyến cuối cùng trên đường đi (bộ định tuyến nối trực tiếp tới mạng đích) sử dụng để chuyển gói tới đúng trạm đích.

3.2.1.3 Giao thức được định tuyến và giao thức định tuyến

Do hai thuật ngữ giao thức định tuyến và giao thức được định tuyến khá giống nhau, nên thường xuất hiện sự nhầm giữa chúng. Sau đây là một số điểm phân biệt:

- *Giao thức được định tuyến (routed protocol)**:*** Là một giao thức mạng bất kỳ, cung cấp đủ thông tin trong địa chỉ tầng mạng của nó để cho phép gói được chuyển tiếp từ trạm này tới trạm khác dựa trên lược đồ đánh địa chỉ. Giao thức được định tuyến sử dụng bảng định tuyến để chuyển gói. Giao thức IP là một ví dụ về giao thức được định tuyến.
- *Giao thức định tuyến (routing protocol)**:*** Là giao thức hỗ trợ cho một giao thức được định tuyến bằng cách cung cấp các cơ chế để chia sẻ thông tin định tuyến. Nó cho phép các bộ định tuyến liên lạc với nhau để cập nhật và duy trì các bảng định tuyến. Một số ví dụ về các giao thức định tuyến là RIP, OSPF, BGP, v.v.

3.2.1.4 Hệ tự trị

Ngày nay, một liên mạng có thể lớn đến mức một giao thức định tuyến không thể xử lý công việc cập nhật bảng định tuyến của tất cả các bộ định tuyến. Vì lý do này, liên mạng được chia thành nhiều hệ tự trị (*AS - Autonomous System*). Hệ tự trị là một nhóm các mạng và bộ định tuyến chịu sự quản lý chung của một tổ chức. Nó đôi khi còn được gọi là miền định tuyến (routing domain).

Định tuyến bên trong một hệ tự trị được gọi là định tuyến trong. Định tuyến giữa các hệ tự trị được gọi là định tuyến ngoài. Mỗi hệ tự trị có thể chọn một giao thức định tuyến trong để thực hiện định tuyến bên trong hệ thống. Tuy nhiên, thường chỉ có một giao thức định tuyến ngoài được chọn để thực hiện định tuyến giữa các hệ tự trị.

Hình 3.2: Liên mạng được chia thành nhiều hệ tự trị

3.2.1.5 Metric định tuyến

Các bảng định tuyến chứa thông tin được sử dụng bởi phần mềm chuyển mạch để chọn tuyến tốt nhất. Nhưng các bảng định tuyến được xây dựng như thế nào? Các thông tin lưu trữ trong nó là gì? Các giải thuật định tuyến dựa trên cái gì để chọn tuyến tốt nhất.

Các giải thuật định tuyến sử dụng nhiều metric để xác định tuyến tốt nhất. Các giải thuật phức tạp có thể chọn tuyến dựa trên nhiều metric bằng cách kết hợp chúng thành một metric phức hợp. Các metric được sử dụng phổ biến gồm:

- Chiều dài đường đi
- Độ tin cậy
- Độ trễ
- Băng thông
- Tải
- Giá truyền thông

- *Chiều dài đường đi:* là *metric* định tuyến phổ biến nhất. Một số giải thuật định tuyến cho phép nhà quản trị mạng tuỳ ý gán giá trị cho mỗi liên kết mạng. Trong trường hợp này, chiều dài đường đi là tổng các giá được gán cho các liên kết trên đường đi. Một số giải thuật khác sử dụng tổng số bước nhảy (hop count) làm *metric* để chọn tuyến tối ưu. Tổng số bước nhảy là số lượng bộ định tuyến mà một gói dữ liệu đi qua trước khi đến đích.
- *Độ tin cậy:* trong phạm vi của các giải thuật định tuyến, độ tin cậy thường là tỉ lệ bit lỗi của mỗi liên kết mạng. Độ tin cậy thường do người quản trị gán.
- *Độ trễ:* chỉ khoảng thời gian cần thiết để chuyển gói dữ liệu từ nguồn đến đích qua

liên mạng. Độ trễ phụ thuộc vào nhiều nhân tố, bao gồm: băng thông của các liên kết mạng trung gian, các hàng đợi cổng tại mỗi bộ định tuyến dọc đường đi, tắc nghẽn mạng trên tất cả các liên kết mạng trung gian, và khoảng cách vật lý phải đi qua. Do độ trễ là sự kết hợp nhiều biến số quan trọng nên nó là một *metric* phổ biến và hữu ích.

- *Băng thông:* chỉ khả năng lưu lượng sẵn có của một liên kết. Một liên kết Ethernet 10 Mb/s có thể được ưa thích hơn đường thuê riêng 64 Kb/s. Mặc dù băng thông là cấp thông lượng có thể đạt được trên một liên kết, nhưng tuyến qua các liên kết có băng thông lớn không phải lúc nào cũng tốt hơn tuyến qua các liên kết chậm. Ví dụ, nếu một liên kết nhanh hơn nhưng lại thường xuyên bận thì thời gian yêu cầu thực sự để gửi một gói dữ liệu đến đích có thể lớn hơn.
- *Tải:* chỉ mức độ bận của tài nguyên mạng, chẳng hạn bộ định tuyến. Tải có thể được tính toán bằng nhiều cách, bao gồm thời gian sử dụng CPU và số lượng gói được xử lý trong thời gian một giây.
- *Giá truyền thông:* là một *metric* khá quan trọng, đặc biệt do một số công ty có thể không quan tâm nhiều tới hiệu suất bằng phí tổn vận hành. Mặc dù độ trễ trên đường truyền có thể lớn hơn, nhưng họ thích gửi dữ liệu qua những đường truyền của riêng họ hơn là gửi qua các đường truyền công cộng vì khi đó họ phải trả tiền sử dụng.

3.2.1.6 Hội tụ mạng

Giải thuật định tuyến là cơ sở cho kĩ thuật định tuyến. Mỗi khi tôpô mạng thay đổi do sự tăng trưởng mạng, sự cấu hình lại hay hỏng hóc, cơ sở tri thức mạng cũng phải thay đổi theo. Tri thức (knowledge) cần phản ánh cái nhìn nhất quán và chính xác về tôpô mới. Cái nhìn hay trạng thái này được gọi là *sự hội tụ*.

Khi tất cả các bộ định tuyến trong một liên mạng đang hoạt động với cùng một tri thức, thì liên mạng được nói là đã hội tụ. Sự hội tụ nhanh là một đặc tính mạng luôn được mong muốn vì nó làm giảm khoảng thời gian trong đó các bộ định tuyến tiếp tục có quyết định định tuyến không chính xác sau khi tôpô mạng thay đổi.

3.2.2 Phân loại kĩ thuật định tuyến

Có nhiều cách để phân loại các kĩ thuật định tuyến, sau đây là một số cách phân loại phổ biến:

- Định tuyến tĩnh và định tuyến động
- Định tuyến đơn đường và đa đường
- Định tuyến phẳng và định tuyến phân cấp
- Định tuyến trạm thông minh và định tuyến bộ định tuyến thông minh

- Định tuyến trong và định tuyến ngoài
- Định tuyến véc tơ khoảng cách và định tuyến trạng thái liên kết

- **Định tuyến tĩnh và định tuyến động**

Định tuyến tĩnh là kĩ thuật định tuyến khi mà các tuyến được thiết lập thủ công bởi người quản trị. Các thiết lập này không thay đổi trừ khi người quản trị thay đổi chúng. Định tuyến tĩnh dễ thiết lập và hoạt động tốt trong môi trường mạng mà lưu lượng có thể dự báo trước và thiết kế mạng tương đối đơn giản.

Do định tuyến tĩnh không phản ứng lại những thay đổi mạng nên chúng thường không phù hợp với các liên mạng lớn ngày nay, những mạng thường xuyên thay đổi. Giải thuật định tuyến phổ biến nhất là định tuyến động. Định tuyến động điều chỉnh theo sự thay đổi mạng bằng cách phân tích các cập nhật định tuyến nhận được. Nếu gói cập nhật cho biết có thay đổi tôpô mạng, phần mềm định tuyến sẽ tính toán lại tuyến và gửi đi cập nhật định tuyến mới để báo cho các bộ định tuyến khác.

- **Định tuyến đơn đường và đa đường**

Một số giao thức định tuyến phức tạp hỗ trợ nhiều đường đi tới cùng đích, trong khi một số khác chỉ cho phép một đường đi tới đích. Các giao thức hỗ trợ đa đường cho phép lưu lượng được chuyển trên nhiều tuyến đồng thời. Tính năng này được gọi là cân bằng tải. Ưu điểm của định tuyến đa đường là cung cấp băng thông và độ tin cậy tốt hơn.

- **Định tuyến phẳng và định tuyến phân cấp**

Một số giao thức định tuyến hoạt động trong hệ thống phẳng, trong khi một số giao thức khác hoạt động phân cấp. Trong hệ thống phẳng, các bộ định tuyến có vai trò ngang hàng nhau. Trong hệ thống phân cấp, một số bộ định tuyến hình thành một vùng đường trục. Các gói thuộc vùng không đường trục được gửi đến đường trục rồi mới gửi đến các vùng khác để đến đích.

Các hệ thống định tuyến thường được thiết kế thành các nhóm nút, được gọi là miền định tuyến, hệ tự trị hay vùng. Trong hệ thống phân cấp, một số bộ định tuyến trong miền có thể liên lạc với các bộ định tuyến ở miền khác, trong khi một số khác chỉ liên lạc với các bộ định tuyến trong miền.

Ưu điểm chính của định tuyến phân cấp là nó bắt chước tổ chức của hầu hết công ty và do đó hỗ trợ tốt cho điều hành và quản lý lưu lượng. Hầu hết các truyền thông mạng xuất hiện bên trong miền vì các bộ định tuyến ở biên của miền biết cần

định tuyến lưu lượng đi đâu. Điều này làm giảm đáng kể lưu lượng cập nhật định tuyến.

- **Định tuyến trạm thông minh và định tuyến bộ định tuyến thông minh**

Một số giải thuật định tuyến giả sử rằng nút nguồn sẽ quyết định toàn bộ tuyến. Cơ chế này được gọi là định tuyến nguồn. Trong các hệ thống định tuyến nguồn, bộ định tuyến đơn thuần hoạt động như một thiết bị lưu trữ và chuyển tiếp, gửi gói đến điểm tiếp theo.

Một số giải thuật khác giả sử trạm nguồn không biết gì về tuyến. Trong các giải thuật này, bộ định tuyến xác định đường đi qua liên mạng dựa trên tính toán của riêng nó. Trong hệ thống đầu tiên trạm là thiết bị thông minh, còn trong hệ thống thứ hai thì bộ định tuyến là thiết bị thông minh.

- **Định tuyến trong và định tuyến ngoài**

Một số giao thức định tuyến chỉ hoạt động bên trong miền định tuyến (hệ tự trị), trong khi một số giao thức khác có thể hoạt động bên trong và giữa các miền. Mục đích sử dụng của các giao thức này là khác nhau. Do đó, một giao thức định tuyến ngoài tối ưu không nhất thiết phải là một giao thức định tuyến trong tối ưu.

- **Định tuyến vectơ khoảng cách và định tuyến trạng thái liên kết**

Định tuyến trạng thái liên kết, còn được gọi là đường đi ngắn nhất trước, tràn ngập thông tin định tuyến tới tất cả các nút trong liên mạng. Tuy nhiên, mỗi bộ định tuyến chỉ gửi một phần bảng định tuyến, phần mô tả trạng thái liên kết của bộ định tuyến. Trong giải thuật định tuyến trạng thái liên kết, mỗi bộ định tuyến xây dựng một bức tranh về toàn bộ mạng trong bảng tôpô.

Giải thuật vectơ khoảng cách buộc các bộ định tuyến gửi toàn bộ bảng định tuyến, nhưng chỉ gửi đến hàng xóm (bộ định tuyến kết nối trực tiếp). Về bản chất, giải thuật trạng thái liên kết gửi các gói cập nhật nhỏ đi khắp nơi, trong khi giải thuật vectơ khoảng cách gửi các gói cập nhật lớn tới chỉ hàng xóm.

3.2.3 Định tuyến tĩnh và định tuyến động

Trong kĩ thuật định tuyến tĩnh các tuyến được thiết lập và quản lý thủ công bởi người quản trị. Trong trường hợp tôpô mạng thay đổi, tuyến không được tự động cập nhật mà thay vào đó người quản trị phải cập nhật lại tuyến một cách thủ công. Định tuyến động hoạt động khác với định tuyến tĩnh. Sau khi người quản trị nhập các lệnh cấu hình để khởi tạo định tuyến động, thông tin về tuyến sẽ được cập nhật tự động mỗi khi nhận được một thông tin mới từ liên mạng. Các thay đổi về tôpô mạng được trao

đổi giữa các bộ định tuyến.

3.2.3.1 Tại sao sử dụng định tuyến tĩnh

Mặc dù phải thiết lập thủ công và không tự động cập nhật tuyến, nhưng định tuyến tĩnh vẫn hữu ích trong một số trường hợp:

- Do định tuyến động có khuynh hướng truyền đạt tất cả các thông tin về một liên mạng nên trong trường hợp chúng ta muốn che dấu một số phần của liên mạng (vì lý do an toàn) thì sử dụng định tuyến tĩnh là phù hợp nhất.
- Trong trường hợp chỉ có một đường đi duy nhất tới mạng, thì chỉ cần một tuyến tĩnh tới mạng là đủ. Loại mạng này được gọi là mạng cụt (stub network). Cấu hình định tuyến tĩnh cho một mạng cụt tránh được lưu lượng cập nhật định tuyến động. Điều này đặc biệt hữu ích đối với các kết nối quay số (Hình 3.3).

Hình 3.3: Tuyến tĩnh tránh được cập nhật định tuyến qua liên kết WAN

3.2.3.2 Sự cần thiết của định tuyến động

Mạng ở Hình 3.4 sẽ thích ứng khác nhau đối với các thay đổi về tôpô mạng, tuỳ thuộc việc nó sử dụng định tuyến tĩnh hay định tuyến động.

Định tuyến tĩnh cho phép các bộ định tuyến định tuyến gói tin từ mạng này tới mạng khác dựa trên các thông tin được cấu hình thủ công. Trong ví dụ này, bộ định tuyến A luôn gửi lưu lượng có đích là bộ định tuyến C qua bộ định tuyến D. Bộ định tuyến A tham chiếu tới bảng định tuyến của nó và dựa theo các thông tin tĩnh để chuyển tiếp gói tới bộ định tuyến D. Bộ định tuyến D cũng thực hiện các công việc tương tự và chuyển tiếp gói tới bộ định tuyến C. Bộ định tuyến C chuyển gói tới trạm đích.

Nếu đường đi giữa bộ định tuyến A và bộ định tuyến D bị lỗi, bộ định tuyến A không thể chuyển gói tới bộ định tuyến D thông qua tuyến tĩnh đã thiết lập này. Như vậy, truyền thông với mạng đích không thể thực hiện được cho đến khi bộ định tuyến A được cấu hình lại để chuyển gói qua bộ định tuyến B. Đây chính là một nhược điểm của định tuyến tĩnh.

Hình 3.4: Khả năng thay thế tuyến hỏng của định tuyến động

Định tuyến động hoạt động linh hoạt hơn. Theo bảng định tuyến của bộ định tuyến A, gói có thể tới đích của nó qua bộ định tuyến D. Tuy nhiên, còn có một đường đi sẵn có khác tới đích, đó là đi qua bộ định tuyến B. Khi bộ định tuyến A nhận ra rằng liên kết tới bộ định tuyến D bị lỗi, nó điều chỉnh bảng định tuyến và đường đi tới mạng đích sẽ qua bộ định tuyến B. Khi liên kết giữa bộ định tuyến A và D được khôi phục, bộ định tuyến A có thể một lần nữa thay đổi bảng định tuyến để chuyển đường đi tới đích là qua bộ định tuyến D.

Các giao thức định tuyến động cũng có thể chuyển lưu lượng từ cùng một phiên làm việc qua nhiều đường đi khác nhau trong mạng để có hiệu suất cao hơn. Tính chất này được gọi là chia sẻ tải (load sharing).

3.2.3.3 Hoạt động của định tuyến động

Sự thành công của định tuyến động phụ thuộc vào hai chức năng cơ bản của bộ định tuyến:

- Duy trì bảng định tuyến,
- Chia sẻ thông tin cho các bộ định tuyến khác dưới dạng các cập nhật định tuyến.

Định tuyến động dựa vào các giao thức định tuyến để chia sẻ thông tin giữa các bộ định tuyến (Hình 3.5).

Hình 3.5: Các giao thức định tuyến duy trì và phân phối thông tin định tuyến

Giao thức định tuyến định nghĩa một tập luật mà bộ định tuyến sử dụng khi liên lạc với các bộ định tuyến hàng xóm. Chẳng hạn, một giao thức định tuyến mô tả:

- Cách gửi cập nhật,
- Thông tin nào chứa trong các cập nhật,
- Khi nào thì gửi cập nhật,
- Bộ định tuyến nào nhận cập nhật.

Khi một giải thuật định tuyến cập nhật bảng định tuyến, mục đích chính của nó là xác định đâu là thông tin tốt nhất để lưu trong bảng định tuyến. Mỗi giải thuật định tuyến xác định thông tin tốt nhất theo cách của riêng nó. Giải thuật tạo ra một số, là giá trị *metric*, cho mỗi đường đi qua mạng. Thường thì giá trị *metric* càng nhỏ thì đường đi càng tối ưu. Các *metric* có thể được tính toán dựa trên một đặc tính đơn lẻ của đường đi, hoặc cũng có thể được tính phức tạp hơn bằng cách kết hợp nhiều đặc tính.

3.2.4 Định tuyến vectơ khoảng cách

3.2.4.1 Cập nhật định tuyến

Giao thức định tuyến vectơ khoảng cách gửi định kỳ các bản sao của bảng định tuyến từ một bộ định tuyến tới các bộ định tuyến hàng xóm (bộ định tuyến nối trực tiếp). Những cập nhật đều đặn này giữa các bộ định tuyến truyền đạt các thay đổi về tôpô mạng. Ví dụ, trong Hình 3.6 bộ định tuyến B nhận thông tin từ bộ định tuyến A. Bộ định tuyến B tăng vectơ khoảng cách và chuyển bảng định tuyến mới này tới những hàng xóm khác của nó (Bộ định tuyến C). Một quá trình tương tự sẽ xảy ra trong tất cả các hướng giữa các bộ định tuyến hàng xóm.

Bộ định tuyến tích luỹ các khoảng cách mạng và duy trì một cơ sở dữ liệu về thông tin tôpô mạng. Tuy nhiên các giải thuật vectơ khoảng cách không cho phép một bộ định tuyến biết chính xác về tôpô của một liên mạng.

Hình 3.6: Giao thức véctơ khoảng cách gửi định kỳ các bản sao của bảng định tuyến và tích luỹ các véctơ khoảng cách

3.2.4.2 Trao đổi bảng định tuyến

Mỗi bộ định tuyến sử dụng giao thức vectơ khoảng cách bắt đầu hoạt động bằng cách xác định các hàng xóm của mình. Trong Hình 3.7, các mạng nối trực tiếp tới bộ định tuyến được chỉ ra với khoảng cách bằng 0. Khi tiến trình khám phá mạng bắt đầu, các bộ định tuyến khám phá đường đi tốt nhất tới mạng đích dựa trên các thông tin chúng nhận được từ mỗi hàng xóm. Ví dụ, bộ định tuyến A học các mạng khác dựa trên thông tin nó nhận được từ bộ định tuyến B. Mỗi mục trong bảng định tuyến có một vectơ khoảng cách tích luỹ để chỉ ra khoảng cách tới mạng đích trong một hướng nhất định.

Hình 3.7: Các Bộ định tuyến véctơ khoảng cách khám phá đường đi tốt nhất đến đích từ các hàng xóm

3.2.4.3 Truyền lan thay đổi về tôpô trên mạng

Khi tôpô trong mạng sử dụng giao thức vectơ khoảng cách thay đổi, cập nhật bảng định tuyến phải được thực hiện. Với tiến trình khám phá mạng, các cập nhật thay đổi tôpô tiến hành từng bước, từ bộ định tuyến này tới bộ định tuyến khác, như minh họa ở Hình 3.8. Các giao thức vectơ khoảng cách yêu cầu mỗi bộ định tuyến gửi toàn bộ bảng định tuyến tới các hàng xóm. Các bảng định tuyến chứa những thông tin về giá đường đi tổng cộng (được định nghĩa bởi các *metric*) và địa chỉ lôgic của bộ định tuyến đầu tiên trên đường đi tới mỗi mạng chứa trong bảng định tuyến.

Hình 3.8: Cập nhật định tuyến tiến hành từng bước, từ bộ định tuyến này tới bộ định tuyến khác

3.2.4.4 Vòng lặp định tuyến

Vòng lặp định tuyến (routing loop) có thể xuất hiện nếu mạng hội tụ chậm, dẫn đến các mục định tuyến không nhất quán. Hình 3.9 minh hoạ quá trình xuất hiện vòng lặp định tuyến.

Hình 3.9: Bộ định tuyến A cập nhật bảng định tuyến để phản ánh số bước nhảy mới nhưng không đúng

1. Trước khi có lỗi ở mạng 1, tất cả các bộ định tuyến có một thông tin nhất quán và các bảng định tuyến đúng đắn. Mạng được gọi là đã hội tụ. Giả sử đường đi tối ưu từ bộ định tuyến C tới mạng 1 là đi qua bộ định tuyến B và khoảng cách từ bộ định tuyến C tới mạng 1 là 3.
2. Khi mạng 1 lỗi, bộ định tuyến E gửi một cập nhật cho bộ định tuyến A. Bộ định tuyến A ngừng việc định tuyến gói tới mạng 1, nhưng bộ định tuyến B, C và D vẫn tiếp tục vì chúng chưa được thông báo về lỗi này. Khi bộ định tuyến A gửi đi cập nhật của nó, bộ định tuyến B và D ngừng định tuyến tới mạng 1. Tuy nhiên, bộ định tuyến C vẫn chưa nhận được cập nhật. Đối với bộ định tuyến C, mạng 1 vẫn có thể tới thông qua bộ định tuyến B.
3. Bây giờ bộ định tuyến C gửi định kỳ các cập nhật định tuyến tới bộ định tuyến D, chỉ ra đường đi tới mạng 1 thông qua bộ định tuyến B. Bộ định tuyến D thay đổi bảng định tuyến của mình để phản ánh thông tin mới nhưng không chính xác này, và truyền thông tin tới bộ định tuyến A. Bộ định tuyến A truyền thông tin tới bộ định tuyến B và E, v.v. Và lúc này, tất cả các gói có đích là mạng 1 bị lặp vòng từ bộ định tuyến C tới B tới A tới D và quay trở lại C.

3.2.4.5 Vấn đề đếm vô hạn

Tiếp theo ví dụ trên, các cập nhật không hợp lệ về mạng 1 tiếp tục lặp vòng đến khi có một tiến trình nào đó cắt bỏ vòng lặp. Tình trạng này, được gọi là đếm vô hạn, tiếp tục lặp vòng các gói quanh mạng bất chấp một thực tế là mạng 1 đã không hoạt động. Trong khi các bộ định tuyến đang đếm vô hạn, các thông tin không hợp lệ cho phép tồn tại một vòng lặp định tuyến.

Nếu không có biện pháp đối phó để ngừng tiến trình này, vectơ khoảng cách (metric) của số bước nhảy tăng lên mỗi khi qua một bộ định tuyến (Hình 3.10). Các gói này lặp vòng quanh mạng do các thông tin sai trong bảng định tuyến.

Hình 3.10: Vòng lặp định tuyến tăng véctơ khoảng cách

3.2.4.6 *Các giải pháp tránh vòng lặp định tuyến*

- ***Giải pháp định nghĩa số tối đa***

Các giải thuật định tuyến véctơ khoảng cách là giải thuật tự hiệu chỉnh, nhưng vấn đề về vòng lặp định tuyến có thể dẫn đến tình trạng đếm vô hạn. Để tránh tình trạng này kéo dài, các giao thức véctơ khoảng cách định nghĩa một số tối đa, và các bộ định tuyến sẽ ngừng đếm khi metric đạt tới số tối đa này.

Với cách này, giao thức định tuyến chỉ cho phép vòng lặp tồn tại khi metric chưa vượt quá giá trị tối đa cho phép. Hình 3.11 cho thấy giá trị metric là 16 bước nhảy, giá trị này vượt quá giá trị tối đa mặc định là 15 bước nhảy, và do đó bộ định tuyến sẽ bỏ gói. Trong mọi trường hợp, khi giá trị metric vượt quá giá trị tối đa, mạng 1 được xem như không thể tới.

Hình 3.11: Giới hạn khoảng cách tối đa

- ***Giải pháp phân chia ranh giới***

Một phương pháp làm giảm vòng lặp định tuyến và tăng tốc độ hội tụ là sử dụng kỹ thuật phân chia ranh giới (split horizon). Nguyên lý của kỹ thuật này là: *một bộ định tuyến không bao giờ gửi thông tin về một tuyến theo hướng mà bộ định tuyến đã cập nhật tuyến này.*

Nếu bộ định tuyến gửi thông tin về mọi tuyến theo mọi hướng thì vòng lặp định tuyến có thể xuất hiện. Sau đây là một ví dụ:

1. Bộ định tuyến A chuyển một cập nhật định tuyến cho bộ định tuyến B và bộ định tuyến D, chỉ ra rằng không thể tới mạng 1. Tuy nhiên, bộ định tuyến C lại chuyển một cập nhật tới bộ định tuyến B chỉ ra rằng có thể tới mạng 1 với

khoảng cách là 4 và đi qua bộ định tuyến D.

2. Bộ định tuyến B kết luận một cách không chính xác rằng bộ định tuyến C vẫn có một đường đi hợp lệ tới mạng 1, mặc dù khoảng cách lớn hơn. Bộ định tuyến B gửi một cập nhật cho bộ định tuyến A để thông báo một tuyến mới tới mạng 1.
3. Lúc này bộ định tuyến A xác định rằng nó có thể tới mạng 1 bằng cách đi qua bộ định tuyến B, bộ định tuyến B xác định rằng nó có thể tới mạng 1 bằng cách qua bộ định tuyến C, và bộ định tuyến C xác định rằng nó có thể tới mạng 1 bằng cách qua bộ định tuyến D. Khi đó sẽ xuất hiện vòng lặp và bất kỳ gói tin nào cũng bị lặp vòng giữa các bộ định tuyến.

Kỹ thuật phân chia ranh giới có thể tránh được tình trạng trên. Như chỉ ra ở Hình 3.12, nếu một cập nhật định tuyến về mạng 1 đến từ bộ định tuyến A, thì bộ định tuyến B hoặc D không bao giờ gửi thông tin về mạng 1 lại cho bộ định tuyến A. Phân chia ranh giới làm giảm lượng thông tin định tuyến không chính xác và giảm lưu lượng cập nhật định tuyến.

Hình 3.12: Khái niệm phân chia ranh giới (split horizon)

- ***Giải pháp bộ định thời giữ (hold-down)***

Các bộ định thời giữ được sử dụng để ngăn các thông báo cập nhật khỏi thiết lập lại không đúng đắn một tuyến có thể đã bị hỏng. Chúng ta có thể tránh được tình trạng đếm vô hạn bằng cách sử dụng các bộ định thời giữ. Hoạt động của chúng như sau:

1. Khi bộ định tuyến nhận được một cập nhật từ hàng xóm chỉ ra rằng không thể truy nhập tới một mạng mà trước đây vẫn có thể truy nhập, bộ định tuyến đánh dấu tuyến đó là không thể truy nhập và khởi động bộ định thời giữ. Nếu trước khi bộ định thời này hết hạn mà bộ định tuyến nhận được một cập nhật từ chính hàng xóm này báo rằng lại có thể truy nhập mạng, bộ định tuyến sẽ đánh dấu tuyến đó là có thể truy nhập và gỡ bỏ bộ định thời giữ.

2. Nếu một cập nhật đến từ một bộ định tuyến hàng xóm khác với tuyến tới mạng đó có metric tốt hơn tuyến trong bảng định tuyến, bộ định tuyến thay thế tuyến trong bảng định tuyến, đánh dấu mạng có thể truy nhập và gỡ bỏ bộ định thời giữ.
3. Nếu trước khi bộ định thời giữ hết hạn, bộ định tuyến nhận được cập nhật có metric kém hơn từ một hàng xóm khác, bộ định tuyến sẽ bỏ qua cập nhật này. Việc bỏ qua cập nhật có metric kém hơn khi đang thiết lập bộ định thời giữ cho phép có nhiều thời gian để thông tin về tuyến lỗi truyền lan trên toàn bộ mạng.

3.2.5 Định tuyến trạng thái liên kết

Giải thuật cơ bản thứ hai được sử dụng cho định tuyến là giải thuật trạng thái liên kết (link state). Các giải thuật định tuyến trạng thái liên kết, còn được gọi là giải thuật đường đi ngắn nhất trước (SPF), duy trì một cơ sở dữ liệu phức tạp về thông tin tôpô (Hình 3.13). Trong khi giải thuật véctơ khoảng cách không có thông tin cụ thể về các mạng ở xa và không biết về các bộ định tuyến ở xa, thì giải thuật định tuyến trạng thái liên kết duy trì các thông tin đầy đủ về bộ định tuyến ở xa và cách chúng được kết nối với nhau.

Hình 3.13: Giải thuật trạng thái liên kết cập nhật thông tin tôpô của tất cả các bộ định tuyến khác

Giải thuật trạng thái liên kết sử dụng:

- Quảng cáo trạng thái liên kết (LSA)
- Cơ sở dữ liệu tôpô
- Giải thuật SPF và cây SPF kết quả

- Bảng định tuyến và các cổng tới mỗi mạng.

3.2.5.1 Trao đổi thông tin định tuyến

Các cơ chế khám phá mạng trạng thái liên kết được sử dụng để tạo một bức tranh chung về toàn bộ mạng. Tất cả các bộ định tuyến trạng thái liên kết chia sẻ bức tranh này về mạng. Điều này cũng giống như việc có nhiều bản đồ giống nhau về một thị trấn.

Hình 3.14: Trong định tuyến trạng thái liên kết, tất cả các bộ định tuyến cùng tính toán đường đi ngắn nhất tới đích

Trong Hình 3.14 bốn mạng W, X, Y và Z được kết nối bởi 3 bộ định tuyến trạng thái liên kết. Việc khám phá mạng cho định tuyến trạng thái liên kết sử dụng các tiến trình sau:

1. Các bộ định tuyến trao đổi các quảng cáo trạng thái liên kết (LSA) với nhau. Mỗi bộ định tuyến bắt đầu với các mạng nối trực tiếp với nó.
2. Mỗi bộ định tuyến đồng thời xây dựng một cơ sở dữ liệu tôpô bao gồm tất cả các LSA đến từ liên mạng.
3. Giải thuật đường đi ngắn nhất trước (SPF) tính toán khả năng có thể tới các mạng đích. Bộ định tuyến xây dựng tôpô logic dưới dạng một cây, với gốc là chính nó, gồm tất cả các đường đi có thể tới mỗi mạng trong liên mạng vectơ khoảng cách. Sau đó nó sắp xếp các đường đi ngắn nhất này.
4. Bộ định tuyến liệt kê các đường đi tốt nhất và các cổng tới các mạng đích trong bảng định tuyến.

3.2.5.2 Truyền lan sự thay đổi tôpô

Các giải thuật trạng thái liên kết dựa trên việc sử dụng các cập nhật trạng thái liên kết. Như chỉ ra trong Hình 3.15, mỗi khi tôpô trạng thái liên kết thay đổi, các bộ định tuyến đầu tiên biết được sự thay đổi này gửi một LSA mới tới các bộ định tuyến khác hoặc tới một bộ định tuyến chỉ định (nơi các bộ định tuyến khác có thể sử dụng để cập nhật). LSA này sẽ được tràn ngập tới tất cả các bộ định tuyến trên liên mạng.

Hình 3.15: Tiến trình cập nhật trạng thái liên kết

Để đạt được sự hội tụ, mỗi bộ định tuyến thực hiện các công việc sau:

- Lưu vết các hàng xóm, gồm tên, trạng thái hoạt động, và giá của liên kết tới hàng xóm.
- Xây dựng một gói LSA liệt kê tên của các bộ định tuyến hàng xóm và các giá liên kết, gồm các hàng xóm mới, các thay đổi trong giá liên kết, và liên kết tới các hàng xóm đã chuyển sang trạng thái không hoạt động.
- Gửi gói LSA để tất cả các bộ định tuyến khác đều nhận được.
- Khi nhận được một gói LSA, ghi lại gói trong cơ sở dữ liệu.
- Hoàn thành một bản đồ của liên mạng bằng cách sử dụng dữ liệu của các gói LSA được tích luỹ, và sau đó tính toán tuyến tới tất cả các mạng khác sử dụng giải thuật SPF.

Khi một gói LSA tạo nên thay đổi trong cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết, giải thuật SPF tính toán lại các đường đi tốt nhất và cập nhật bảng định tuyến.

3.2.5.3 Các vấn đề liên quan đến giải thuật trạng thái liên kết

Những vấn đề liên quan đến giải thuật trạng thái liên kết là yêu cầu bộ nhớ và bộ xử lý, yêu cầu băng thông, và đường đi không nhất quán giữa các bộ định tuyến.

- ***Yêu cầu bộ nhớ và bộ xử lý***

Trong hầu hết các trường hợp, chạy giao thức định tuyến trạng thái liên kết yêu cầu bộ định tuyến sử dụng nhiều bộ nhớ hơn và thực hiện nhiều xử lý hơn so với chạy giao thức định tuyến véctơ khoảng cách. Người quản trị mạng phải đảm bảo rằng các bộ định tuyến họ chọn phải có khả năng cung cấp các tài nguyên cần thiết. Bộ nhớ của các bộ định tuyến phải có khả năng lưu trữ thông tin từ nhiều cơ sở dữ liệu khác nhau, cây tôpô, và bảng định tuyến. Sử dụng giải thuật Dijkstra để tính toán SPF yêu cầu nhiều xử lý phức tạp và tốn thời gian CPU.

- ***Yêu cầu về băng thông***

Vấn đề thứ hai của giao thức định tuyến trạng thái liên kết là băng thông mạng bị tiêu tốn khi hàng loạt các gói trạng thái liên kết ban đầu được trao đổi. Trong quá trình khám phá ban đầu, mọi bộ định tuyến sử dụng giao thức định tuyến trạng thái liên kết gửi các gói LSA tới tất cả các bộ định tuyến khác. Điều này yêu cầu đáng kể băng thông mạng và tạm thời làm giảm băng thông sẵn có dành cho lưu lượng dữ liệu của người dùng. Tuy nhiên, sau giai đoạn trao đổi ban đầu, các giao thức trạng thái liên kết chỉ yêu cầu một lượng băng thông tối thiểu để gửi các gói LSA mỗi khi tôpô mạng thay đổi.

- ***Đường đi không nhất quán giữa các bộ định tuyến***

Một vấn đề quan trọng và phức tạp nhất của định tuyến trạng thái liên kết là đảm bảo rằng mọi bộ định tuyến phải có được tất cả các gói LSA cần thiết. Các bộ định tuyến với các tập LSA khác nhau sẽ tính toán tuyến dựa trên dữ liệu tôpô khác nhau. Do đó các mạng trở thành không tới được do sự không thống nhất giữa các bộ định tuyến về một liên kết (Hình 3.16).

Hình 3.16: Cập nhật không đồng bộ và đường đi không nhất quán dẫn đến sự không thể tới được mạng

Sau đây là một ví dụ về thông tin đường đi không nhất quán.

1. Mạng 1 giữa bộ định tuyến C và D không hoạt động. Cả hai bộ định tuyến C và D xây dựng một gói LSA để phản ánh trạng thái không thể tới này.
2. Ngay sau đó, mạng 1 hoạt động trở lại, và cần một gói LSA khác để phản ánh sự thay đổi tôpô tiếp theo này.
3. Nếu thông báo "*Không thể tới mạng 1*" đầu tiên từ bộ định tuyến C sử dụng một đường đi tốc độ chậm để cập nhật, thông báo này sẽ đến đích muộn. Gói LSA này có thể tới bộ định tuyến A sau gói LSA "*Mạng 1 đã hoạt động lại*" của bộ định tuyến D.
4. Với các gói LSA không đồng bộ, bộ định tuyến A sẽ rơi vào tình trạng không biết phải xây dựng cây SPF nào. Nó nên sử dụng đường đi chứa mạng 1, hay đường đi không chứa mạng 1?

Nếu việc phân phối LSA tới tất cả các bộ định tuyến không được thực hiện chính xác, định tuyến trạng thái liên kết có thể dẫn đến các tuyến không hợp lệ. Trong một liên mạng rất lớn sử dụng định tuyến trạng thái liên kết, vấn đề phân phối gói LSA lỗi có thể tăng lên. Nếu một phần của mạng hoạt động trước một phần mạng khác, thứ tự gửi và nhận gói LSA sẽ khác nhau. Sự khác nhau này có thể làm biến đổi và suy yếu sự hội tụ. Các bộ định tuyến phải học về nhiều phiên bản khác nhau của tôpô trước khi chúng xây dựng cây SPF và bảng định tuyến. Trong một liên mạng lớn, các phần cập nhật nhanh hơn có thể gây nên các sự cố cho các phần cập nhật chậm hơn.

3.2.5.4 So sánh định tuyến véctơ khoảng cách và trạng thái liên kết

Chúng ta có thể so sánh kĩ thuật định tuyến véctơ khoảng cách với định tuyến trạng thái liên kết theo một số điểm như trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1: So sánh định tuyến trạng thái liên kết và véctơ khoảng cách

Véctơ khoảng cách	Trạng thái liên kết
Nhìn tôpô mạng từ viễn cảnh của hàng xóm.	Có được cái nhìn toàn cảnh về liên mạng.
Cộng vào véctơ khoảng cách từ bộ định tuyến này tới bộ định tuyến khác.	Tính toán đường đi ngắn nhất tới tất cả các bộ định tuyến.
Cập nhật định kỳ, hội tụ chậm.	Cập nhật ngay khi thay đổi, hội tụ nhanh.

Chuyển bản sao của bảng định tuyến tới các hàng xóm.	Chuyển cập nhật định tuyến trạng thái liên kết tới tất cả các bộ định tuyến.

Định tuyến véctơ khoảng cách lấy dữ liệu tôpô từ thông tin bảng định tuyến của các hàng xóm. Định tuyến trạng thái liên kết có được một cái nhìn toàn cảnh về tôpô của liên mạng bằng cách tích luỹ tất cả các LSA cần thiết.

Định tuyến véctơ khoảng cách xác định đường đi tốt nhất bằng cách cộng thêm vào giá trị metric mà nó nhận được khi thông tin định tuyến được gửi từ bộ định tuyến này tới bộ định tuyến khác. Đối với định tuyến trạng thái liên kết, mỗi bộ định tuyến làm việc độc lập trong việc tính toán đường đi ngắn nhất tới các mạng đích.

Trong hầu hết các giao thức định tuyến véctơ khoảng cách, cập nhật định tuyến về thay đổi tôpô mạng được gửi định kỳ. Các cập nhật được gửi từ bộ định tuyến này tới bộ định tuyến khác, dẫn đến mạng hội tụ chậm. Với các giao thức định tuyến trạng thái liên kết, cập nhật được gửi ngay khi tôpô mạng thay đổi. Các gói LSA có kích thước tương đối nhỏ được chuyển tới tất cả các bộ định tuyến, do đó thời gian hội tụ sẽ nhanh hơn khi tôpô mạng thay đổi.

3.2.6 Định tuyến lai ghép

Loại giao thức định tuyến thứ ba kết hợp các đặc tính của cả định tuyến véctơ khoảng cách và trạng thái liên kết, và được gọi là giao thức định tuyến lai cân bằng (*balanced hybrid routing protocol*). Các giao thức định tuyến lai cân bằng sử dụng các véctơ khoảng cách với các metric chính xác hơn để xác định đường đi tốt nhất tới các mạng đích. Tuy nhiên chúng khác với hầu hết các giao thức véctơ khoảng cách do sử dụng các thay đổi tôpô để kích hoạt cập nhật cơ sở dữ liệu định tuyến (Hình 3.17).

Hình 3.17: Giao thức định tuyến lai chia sẻ các thuộc tính của định tuyến véctơ khoảng cách và trạng thái liên kết

Giao thức định tuyến lai cân bằng hội tụ nhanh giống như các giao thức trạng thái liên kết. Tuy nhiên chúng khác với các giao thức trạng thái liên kết và véctơ khoảng

cách do sử dụng ít tài nguyên (băng thông, bộ nhớ, CPU) hơn. Một ví dụ về giao thức định tuyến lai cân bằng là giao thức EIGRP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*) của Cisco.

3.3 Điều khiển tắc nghẽn

Bất cứ mạng dựa trên công nghệ nào đều phải giải quyết vấn đề tắc nghẽn. Việc quản lý tất cả lưu lượng của người dùng để ngăn chặn tắc nghẽn là khía cạnh quan trọng của kĩ thuật lưu lượng. Tắc nghẽn làm giảm thông lượng, tăng độ trễ và ảnh hưởng nghiêm trọng đến các tham số QoS.

Hầu hết các mạng cung cấp các quy tắc truyền dẫn cho người dùng của nó, bao gồm sự thoả thuận về lưu lượng có thể gửi tới mạng. Điều khiển luồng là một thành phần đặc trưng để ngăn chặn tắc nghẽn trong mạng. Các mạng phải cung cấp một vài kỹ thuật để thông báo cho các nút khi tắc nghẽn xảy ra và có biện pháp điều khiển luồng trên thiết bị của người sử dụng mạng. Việc hạn chế tối thiểu hiện tượng tắc nghẽn là một trong những mục đích quan trọng nhất của hoạt động định hướng tài nguyên và lưu lượng.

Có hai kịch bản để xảy ra tắc nghẽn. Kịch bản thứ nhất đơn giản là do không có đủ tài nguyên để cung cấp cho lưu lượng người dùng. Kịch bản thứ hai phức tạp hơn, đó là khi có đủ tài nguyên mạng để hỗ trợ QoS của người dùng nhưng các dòng lưu lượng lại không được sắp xếp một cách hợp lý khi vào mạng. Khi đó, một vài phần tài nguyên mạng không được dùng đến trong khi các phần khác thì bị quá tải bởi lưu lượng người dùng.

Vấn đề đầu tiên có thể được giải quyết bởi việc xây dựng các mạng với băng thông rộng hơn. Điều này cũng có thể được hỗ trợ bởi việc ứng dụng các kỹ thuật điều khiển tắc nghẽn như hoạt động điều khiển cửa sổ lưu lượng với thông báo tắc nghẽn. Bài toán đặt ra đối với việc tăng cường băng thông rộng hơn là hiệu quả sử dụng tài nguyên mạng trong khoảng thời gian có ít lưu lượng. Nó cũng giống như việc xây dựng một hệ thống giao thông chấp nhận được lưu lượng dồn dập của giờ cao điểm trong khi vào ban đêm thì tất cả các đường đều trống rỗng một cách lãng phí.

Vấn đề thứ hai liên quan đến việc chỉ định tài nguyên không hiệu quả và có thể được giải quyết thông qua kỹ thuật lưu lượng. Tài nguyên là có sẵn trong mạng, điều quan trọng là tìm chúng và hướng lưu lượng người dùng tới chúng một cách hợp lí. Một trong những biện pháp để giảm tắc nghẽn do chỉ định tài nguyên không hiệu quả là thực hiện các hoạt động xử lý cân bằng tải bằng cách hướng lưu lượng tới các liên kết và các nút theo năng lực hiệu dụng.

3.4 Các giao thức lớp mạng trong Internet

3.4.1 Giao thức IP

IP là một giao thức phi kết nối và không tin cậy. Nó cung cấp dịch vụ chuyển gói nỗ lực nhất. Nỗ lực nhất ở đây có nghĩa là IP không cung cấp chức năng theo dõi và kiểm tra lỗi. Nó chỉ cố gắng chuyển gói tới đích chứ không có sự đảm bảo. Nếu độ tin cậy là yếu tố quan trọng thì IP phải hoạt động với một giao thức tầng trên tin cậy, chẳng hạn TCP.

IP cũng là một dịch vụ phi kết nối, được thiết kế cho mạng chuyển gói. Phi kết nối có nghĩa là các gói được xử lý độc lập và có thể đi tới đích trên những đường đi khác nhau, cũng như chúng có thể đến theo thứ tự bất kì. Một số gói có thể bị mất hay bị hỏng trong khi truyền. Khi đó, IP dựa vào giao thức tầng cao hơn để xử lý những vấn đề này.

3.4.1.1 IP Datagram

Các gói dữ liệu tại tầng IP được gọi là datagram. Một datagram có chiều dài biến thiên, gồm hai phần là tiêu đề và dữ liệu. Phần tiêu đề có chiều dài từ 20 đến 60 byte, chứa các thông tin cần thiết cho định tuyến và chuyển phát dữ liệu. Hình 3.18 minh hoạ định dạng tiêu đề của một IP datagram.

<table>
<tr><th>Bit 0-3</th><th>Bit 4-7</th><th>Bit 8-10</th><th>Bit 11-15</th><th>Bit 16-19</th><th>Bit 20-23</th><th>Bit 24-27</th><th>Bit 28-31</th></tr>
<tr><td>Version</td><td>HL</td><td>Precedence</td><td>TOS</td><td colspan="4">Total Length</td></tr>
<tr><td colspan="4">Datagram ID</td><td colspan="4">Fragmentation</td></tr>
<tr><td colspan="2">TTL</td><td colspan="2">Protocol</td><td colspan="4">Checksum</td></tr>
<tr><td colspan="8">Source Address</td></tr>
<tr><td colspan="8">Destination Address</td></tr>
<tr><td colspan="8">Options</td></tr>
</table>

Hình 3.18: Tiêu đề IP datagram

Ý nghĩa và chức năng của các trường trong tiêu đề IP datagram như sau:

- *Version*: Trường 4 bit này cho biết phiên bản IP tạo phần tiêu đề này. Phiên bản hiện tại là 4. Tuy nhiên phiên bản IPv6 sẽ thay thế IPv4 trong tương lai.
- *HL – Header Length*: Trường 4 bit này cho biết chiều dài của phần tiêu đề IP

Datagram, tính theo đơn vị từ (32 bit). Trường này là cần thiết vì chiều dài của phần tiêu đề thay đổi (từ 20 đến 60 byte). Khi không có phần tuỳ chọn (option), chiều dài phần tiêu đề là 20 byte và giá trị của trường này là 5 (5 x 4 = 20). Khi phần tuỳ chọn có kích thước tối đa thì giá trị của trường là 15 (15 x 4 = 60).

- *Precedence*: Trường này có chiều dài 3 bit, giá trị nằm trong khoảng từ 0 (000) đến 7 (111). Nó chỉ rõ độ ưu tiên của datagram trong trường hợp mạng có tắc nghẽn. Nếu một bộ định tuyến bị quá tải và cần loại bỏ một số datagram, nó sẽ bỏ các datagram có độ ưu tiên thấp nhất.
- *TOS – Type of Service*: Trường 5 bit này đặc tả các tham số về loại dịch vụ, có dạng cụ thể như sau:

Type of Service				
D	T	R	C	X

Trong 5 bit này, có một bit dự phòng. Cho dù các bit đều có thể lấy giá trị 0 hoặc 1, nhưng trong mỗi datagram chỉ có một bit được đặt là 1.

+ 00000: bình thường

+ 00010: Giá nhỏ nhất

+ 00100: Độ tin cậy cao nhất

+ 01000: Thông lượng cao nhất

+ 10000: Độ trễ nhỏ nhất

- *Total Length*: Trường 16 bit này cho biết chiều dài tính theo byte của cả datagram.
- *Datagram ID*: Trường 16 bit này cùng với các trường khác (như địa chỉ nguồn và địa chỉ đích) dùng để định danh duy nhất cho một datagram trong khoảng thời gian nó tồn tại trên liên mạng. Giá trị này được tăng lên 1 đơn vị mỗi khi có datagram được trạm gửi đi. Do vậy giá trị này sẽ quay lại 0 mỗi khi trạm đã gửi 65535 datagram.
- *Fragmentation*: Trường 16 bit này được sử dụng khi datagram được phân mảnh (sẽ được trình bày ở phần sau).
- *TTL – Time to Live*: Trường 8 bit này qui định thời gian tồn tại của datagram trong liên mạng để tránh tình trạng datagram bị chuyển vòng quanh trên liên

mạng. Thời gian này do trạm gửi đặt và bị giảm đi 1 mỗi khi datagram qua một bộ định tuyến trên liên mạng.

- *Protocol*: Trường 8 bit này cho biết giao thức tầng trên sử dụng dịch vụ của tầng IP. IP datagram có thể đóng gói dữ liệu từ nhiều giao thức tầng trên, chẳng hạn TCP, UDP và ICMP. Trường này chỉ rõ đơn vị dữ liệu giao thức mà IP datagram phải chuyển.
- *Checksum*: Trường 16 bit này chứa mã kiểm tra lỗi theo phương pháp CRC (chỉ kiểm tra phần tiêu đề).
- *Source Address*: Trường 32 bit này chứa địa chỉ IP của trạm nguồn.
- *Destination Address*: Trường 32 bit này chứa địa chỉ IP của trạm đích.

Phân mảnh dữ liệu

Trên đường tới đích, một datagram có thể đi qua nhiều mạng khác nhau. Mỗi bộ định tuyến mở IP datagram từ khung nó nhận được, xử lý và sau đó đóng gói datagram trong một khung khác. Định dạng và kích thước của khung nhận được phụ thuộc vào giao thức của mạng vật lý mà khung vừa đi qua. Định dạng và kích thước của khung gửi đi phụ thuộc vào giao thức của mạng vật lý mà khung sẽ đi qua. Ví dụ, nếu bộ định tuyến kết nối một mạng Ethernet với một mạng Token Ring, nó nhận khung theo định dạng Ethernet và gửi khung theo định dạng Token Ring.

Mỗi giao thức tầng liên kết dữ liệu có định dạng khung riêng. Một trong các trường được định nghĩa trong định dạng khung là kích thước tối đa của trường dữ liệu. Nói cách khác, khi một datagram được đóng gói trong một khung, kích thước tổng của datagram phải nhỏ hơn kích thước tối đa này (được xác định do sự hạn chế về phần cứng và phần mềm sử dụng trong mạng).

Giá trị của đơn vị truyền tối đa (MTU – Maximum Transfer Unit) là khác nhau đối với các giao thức mạng vật lý. Bảng 3.2 chỉ ra các giá trị MTU cho một số giao thức liên kết dữ liệu điển hình.

Bảng 3.2: Giá trị MTU đối với các mạng khác nhau

Giao thức	**MTU** (byte)
Hyperchannel	65.535

Token Ring (16 Mb/s)	17.914
Token Ring (4 Mb/s)	4.464
FDDI	4.352
Ethernet	1.500
X.25	576
PPP	296

Để giao thức IP không phụ thuộc vào mạng vật lý, các nhà thiết kế đã quyết định lấy chiều dài tối đa của một IP datagram bằng MTU lớn nhất được định nghĩa tại thời điểm đó (65.535 byte). Khi đó, việc truyền dẫn sẽ hiệu quả hơn nếu chúng ta sử dụng một giao thức với kích thước MTU như vậy. Tuy nhiên, đối với các mạng vật lý khác, chúng ta phải chia nhỏ datagram để nó có thể chuyển qua các mạng này. Việc chia nhỏ các datagram này được gọi là phân mảnh (fragmentation).

Khi một datagram được phân mảnh, mỗi mảnh có phần tiêu đề riêng. Hầu hết các trường trong phần tiêu đề được lặp lại, nhưng cũng có một số trường thay đổi. Một mảnh lại có thể được phân mảnh tiếp nếu chúng gặp một mạng có MTU nhỏ hơn. Nói cách khác, một datagram có thể được phân mảnh nhiều lần trước khi đến đích. Một datagram có thể được phân mảnh bởi trạm nguồn hoặc bất kỳ bộ định tuyến nào trên đường đi. Tuy nhiên, việc ghép các mảnh chỉ được thực hiện ở trạm đích vì mỗi mảnh đã trở thành một datagram độc lập.

Khi một datagram được phân mảnh, một số trường trong phần tiêu đề phải được sao chép cho tất cả các mảnh. Trường tuỳ chọn có thể được sao chép hoặc không (chúng ta sẽ xem xét vấn đề này ở phần sau). Trạm hoặc bộ định tuyến thực hiện phân mảnh datagram phải thay đổi giá trị của 2 trường: *Fragmentation* và *Total Length*. Các trường còn lại được sao chép. Tất nhiên, giá trị của trường *Checksum* phải được tính toán lại cho từng mảnh.

Các trường liên quan đến phân mảnh

Các trường liên quan đến quá trình phân mảnh và ghép một IP datagram là: *Datagram ID* và *Fragmentation*.

- **Datagram ID**: Trường 16 bit này dùng để nhận dạng một datagram được gửi

đi từ trạm nguồn. Sự kết hợp giữa *Datagram ID* và địa chỉ IP nguồn phải định nghĩa duy nhất một datagram khi nó rời trạm nguồn. Để đảm bảo tính duy nhất, IP sử dụng một bộ đếm để dán nhãn cho các datagram. Bộ đếm được khởi tạo là một số nguyên dương. Khi IP gửi một datagram, nó sao chép giá trị của bộ đếm vào trường *số Datagram ID* và tăng giá trị bộ đếm lên 1. Do đó tính duy nhất được đảm bảo. Khi một datagram được phân mảnh, giá trị của trường *Datagram ID* được sao chép vào trong tất cả các mảnh. Nói cách khác, tất cả các mảnh có cùng *Datagram ID* sẽ thuộc cùng một datagram gốc. *Datagram ID* trợ giúp trạm đích trong quá trình ghép các mảnh. Trạm đích biết rằng tất cả các mảnh có cùng *số Datagram ID* phải được ghép vào cùng một datagram.

- **Fragmentation**: Trường 16 bit này được chia thành 2 trường con là *Flags* và *Fragmentation Offset*.

+ *Flags*: Trường này có chiều dài 3 bit, trong đó bit đầu tiên là bit dự phòng. Bit thứ hai được gọi là bit DF (Don't Fragment). Nếu giá trị của bit này là 1, bộ định tuyến hoặc trạm nguồn không được phân mảnh datagram. Nếu các thiết bị này không thể chuyển datagram qua mạng vật lý sẵn có thì chúng loại bỏ datagram và gửi thông báo lỗi ICMP cho nguồn. Nếu giá trị của trường này bằng 0, datagram có thể được phân mảnh. Bit thứ ba là bit M (More fragment). Nếu giá trị của bit này bằng 1, nghĩa là mảnh này chưa phải mảnh cuối cùng, còn mảnh theo sau mảnh này. Nếu giá trị bằng 0, có nghĩa đây là mảnh cuối cùng hoặc đây là datagram không bị phân mảnh.

+ *Fragmentation Offset (độ dịch phân mảnh)*: Trường 13 bit này cho biết vị trí tương đối của mảnh này so với toàn bộ datagram (theo đơn vị 64 bit). Nghĩa là mỗi mảnh, trừ mảnh cuối cùng, phải chứa một vùng dữ liệu có chiều dài là bội số của 64 bit (8 byte). Hình 3.19 minh hoạ việc phân mảnh một datagram có kích thước 4000 byte thành 3 mảnh. Các byte trong datagram gốc được đánh số từ 0 đến 3999. Mảnh đầu tiên mang các byte từ 0 đến 1399. Giá trị trường độ dịch phân mảnh cho mảnh này là 0/8 = 0. Mảnh thứ hai mang các byte từ 1400 đến 2799. Giá trị trường độ dịch phân mảnh cho mảnh này là 1400/8 = 175. Mảnh cuối cùng mang các byte từ 2800 đến 3999. Giá trị trường độ dịch phân mảnh cho mảnh này là 2800/8 = 350.

Hình 3.19: Ví dụ về phân mảnh

Cần nhớ rằng, giá trị của độ dịch phân mảnh được tính theo đơn vị 64 bit. Sở dĩ như vậy là do chiều dài của trường *Fragmentation Offset* chỉ là 13 bit, trong khi đó trường *Total Length* của datagram có chiều dài 16 bit, nghĩa là nhiều hơn 3 bit. Do vậy, các trạm hoặc bộ định tuyến khi phân mảnh dữ liệu phải chọn kích thước của mỗi mảnh sao cho số hiệu của byte đầu tiên phải chia hết cho 8 (2^3).

Hình 3.20 minh họa chi tiết hơn việc phân mảnh trong ví dụ trên. Chú ý rằng, giá trị trường *Datagram ID* là giống nhau đối với tất cả các mảnh; và bit M được thiết lập cho mọi mảnh, trừ mảnh cuối cùng. Trong hình này, ta thấy rằng mảnh thứ hai lại tiếp tục được phân mảnh.

Một điều hiển nhiên là, thậm chí khi mỗi mảnh đi theo một tuyến khác nhau và tới đích không đúng thứ tự, thì trạm đích vẫn có thể ghép các mảnh (nếu không mất mảnh nào) theo cách như sau:

1) Mảnh đầu tiên là mảnh có giá trị trường độ dịch phân mảnh bằng 0.
2) Chia chiều dài phần dữ liệu của mảnh đầu tiên cho 8. Mảnh thứ hai có giá trị trường độ dịch phân mảnh bằng với kết quả này.
3) Chia tổng chiều dài phần dữ liệu của mảnh 1 và 2 cho 8. Mảnh thứ 3 có giá trị trường độ dịch phân mảnh bằng với kết quả này.
4) Tiếp tục quá trình này đến mảnh cuối cùng (bit M = 0).

Hình 3.20: Giá trị của các trường khi datagram được phân mảnh

Các trường tùy chọn IP

Phần tiêu đề của một IP datagram được chia làm hai phần: phần cố định và phần thay đổi. Phần cố định có chiều dài 20 byte và đã được trình bày ở trên. Phần thay đổi bao gồm các tuỳ chọn và có chiều dài tối đa là 40 byte.

Các tuỳ chọn không cần có trong tất cả các datagram. Chúng được sử dụng để kiểm tra mạng và gỡ rối. Mặc dù các tuỳ chọn là phần không yêu cầu của tiêu đề IP, việc xử lý các tuỳ chọn lại là một phần yêu cầu của phần mềm IP. Nghĩa là tất cả các chuẩn phải có khả năng xử lý các tuỳ chọn nếu chúng có mặt trong phần tiêu đề. Định dạng tổng quát của một tùy chọn IP được cho ở Hình 3.21.

Hình 3.21: Định dạng tổng quát của một tùy chọn trong tiêu đề IP

- **Code**: Trường này có chiều dài 1 byte, được chia làm 3 trường con: *Copy*, *Class* và *Number*.
    - *Copy*: Trường con 1 bit này điều khiển sự có mặt của tuỳ chọn trong các mảnh. Khi giá trị trường này bằng 0, có nghĩa chỉ phải sao chép tuỳ chọn vào mảnh đầu tiên. Nếu giá trị bằng 1, nghĩa là tuỳ chọn phải được sao chép vào tất cả các mảnh.
    - *Class*: Trường con 2 bit này định nghĩa mục đích chung của tuỳ chọn. Khi giá trị của nó là 00, nghĩa là tuỳ chọn được sử dụng để điều khiển datagram. Khi giá trị là 10, nghĩa là tuỳ chọn được sử dụng để gỡ rối và quản lý. Hai giá trị 01 và 11 để dự phòng.
    - *Number*: Trường con 5 bit này định nghĩa loại tuỳ chọn. Mặc dù 5 bit có thể định nghĩa tối đa 32 loại tuỳ chọn khác nhau, nhưng hiện chỉ có 6 loại tuỳ chọn được sử dụng. Chúng ta sẽ xem xét các tuỳ chọn này ở phần sau.
- **Length**: Trường 1 byte này xác định chiều dài tổng của tuỳ chọn. Trường này không có trong tất cả các tuỳ chọn.
- **Data**: Trường này có chiều dài thay đổi tùy vào loại tùy chọn, nó chứa dữ liệu mà các tuỳ chọn cụ thể yêu cầu. Giống trường *độ dài*, trường này cũng không có trong tất cả các loại tuỳ chọn.

Trong số 6 tuỳ chọn đang sử dụng, có hai tùy chọn là 1 byte và bốn tùy chọn nhiều byte. Các tùy chọn 1 byte chỉ có duy nhất trường mã.

3.4.1.2 Địa chỉ IP

Ở mức ứng dụng, chúng ta có thể coi liên mạng như là một mạng kết nối các trạm với nhau. Để một trạm truyền thông với trạm khác, chúng ta cần một hệ thống định danh toàn cầu. Nói cách khác, chúng ta cần đặt tên duy nhất cho mỗi trạm. Hệ thống định danh này chỉ được sử dụng tại tầng ứng dụng, không thể sử dụng ở tầng mạng vì trên mạng còn có các thực thể khác gắn tới, chẳng hạn bộ định tuyến.

Một liên mạng được tạo nên từ sự kết hợp của các mạng vật lý (LAN hoặc WAN) kết nối với nhau qua các bộ định tuyến. Khi một trạm trao đổi thông tin với một trạm khác, gói dữ liệu có thể di chuyển từ một mạng vật lý này đến mạng vật lý khác bằng cách sử dụng các bộ định tuyến này. Nghĩa là việc truyền thông tại mức này cũng cần có một hệ thống định danh toàn cục. Một trạm có thể truyền thông với một trạm bất kỳ mà không phải lo lắng về mạng vật lý phải đi qua. Nghĩa là tại tầng này, một trạm cũng phải được định danh duy nhất và toàn cục. Hơn nữa, để định tuyến tối ưu và hiệu quả, mỗi bộ định tuyến cũng phải được định danh duy nhất và toàn cục tại tầng này.

Số hiệu nhận dạng được sử dụng ở tầng liên mạng của bộ giao thức TCP/IP được gọi là địa chỉ liên mạng hay địa chỉ IP. Với IPv4, nó là địa chỉ nhị phân 32 bit, được thực thi trong phần mềm, dùng để định danh duy nhất và toàn cục một trạm hoặc một bộ định tuyến trên liên mạng.

Địa chỉ IP là duy nhất theo nghĩa mỗi địa chỉ định danh một và chỉ một thiết bị (trạm hoặc bộ định tuyến) trên liên mạng. Hai thiết bị trên liên mạng không thể có cùng địa chỉ IP. Tuy nhiên, một thiết bị có thể có nhiều địa chỉ IP nếu chúng được kết nối tới nhiều mạng vật lý khác nhau. Các địa chỉ IP là toàn cục theo nghĩa hệ thống đánh địa chỉ này phải được tất cả các trạm muốn kết nối tới liên mạng chấp nhận.

Mỗi địa chỉ IP gồm 4 byte (32 bit), định nghĩa hai phần: địa chỉ mạng (NetID) và địa chỉ trạm (HostID). Các phần này có chiều dài khác nhau tuỳ thuộc vào lớp địa chỉ. Các bit đầu tiên trong phần địa chỉ mạng xác định lớp của địa chỉ IP.

Để dễ đọc và dễ nhớ, các địa chỉ IP thường được biểu diễn dưới dạng thập phân dấu chấm. Trong cách biểu diễn này, các byte được tách riêng và biểu diễn dưới dạng thập phân, sau đó phân tách giữa các byte này là một dấu chấm (Hình 3.22).

Hình 3.22: Biểu diễn thập phân dấu chấm

Các lớp địa chỉ IP

Địa chỉ IP được chia làm 5 lớp, ký hiệu là A, B, C, D và E. Chiều dài phần địa chỉ mạng và phần địa chỉ trạm của các lớp là khác nhau. Các bit đầu tiên của byte đầu tiên của địa chỉ IP được dùng để định danh lớp địa chỉ (0 - lớp A; 10 - lớp B; 110 - lớp C; 1110 - Lớp D và 1111 - lớp E). Cấu trúc của các lớp được chỉ ra trong Hình 3.23.

Hình 3.23: Các lớp địa chỉ IP

- ***Lớp A***

Trong địa chỉ lớp A, byte đầu tiên được dùng để định nghĩa địa chỉ mạng. Tuy nhiên bit đầu tiên phải luôn luôn bằng '0'. 7 bit còn lại chỉ định các mạng khác nhau. Nghĩa là số mạng có địa chỉ IP lớp A rất hạn chế. Về lý thuyết có thể có 2^7 = 128 mạng lớp A. Tuy nhiên trên thực tế chỉ có 126 mạng vì có 2 mạng được dành riêng cho các mục đích cụ thể.

Trong một mạng lớp A, 24 bit được sử dụng để định danh địa chỉ trạm. Nghĩa là về lý thuyết có thể có tối đa 2^{24} = 16.777.216 trạm. Tuy nhiên cũng có hai địa chỉ đặc biệt (phần địa chỉ trạm gồm toàn bit '0' hoặc toàn bit '1') được sử dụng làm các địa chỉ đặc biệt. Nghĩa là thực tế chỉ có tối đa 16.777.214 trạm trong một mạng lớp A.

Các địa chỉ lớp A được thiết kế cho các tổ chức có số lượng máy tính cực lớn kết nối vào mạng. Tuy nhiên, không một tổ chức nào có số lượng máy lớn như vậy do đó rất nhiều địa chỉ bị lãng phí.

- ***Lớp B***

Trong địa chỉ lớp B, 2 byte đầu được dùng để định nghĩa địa chỉ mạng và 2 byte sau để định nghĩa địa chỉ trạm. Tuy nhiên, hai bit đầu tiên trong phần địa chỉ mạng luôn luôn là '10', nên chỉ có 14 bit để chỉ định các mạng khác nhau. Nghĩa là có nhiều mạng lớp B hơn so với lớp A. Số mạng lớp B là 2^{14} = 16.384.

Trong một mạng lớp B, 16 bit được sử dụng để định danh trạm, nghĩa là về lý thuyết mỗi mạng có thể có tối đa 2^{16} = 65.536 trạm. Tuy nhiên cũng có hai địa chỉ đặc biệt nên thực tế một mạng lớp B chỉ có tối đa 65.534 trạm.

Các địa chỉ lớp B được thiết kế cho các công ty cỡ vừa, những công ty có số lượng máy tính tương đối lớn. Tuy nhiên cũng giống những mạng lớp A, nhiều địa chỉ IP bị lãng phí vì rất ít công ty có số lượng máy tính lớn như vậy.

- ***Lớp C***

Trong địa chỉ lớp C, 3 byte đầu được dùng cho phần địa chỉ mạng và 1 byte cuối được dùng cho phần địa chỉ trạm. Tuy nhiên, 3 bit đầu tiên trong phần địa chỉ mạng luôn luôn là '110', nên chỉ còn 21 bit để định nghĩa địa chỉ mạng. Số mạng lớp C lớn hơn số mạng lớp A, B và bằng 2^{21} = 2.097.152 mạng.

Một mạng lớp C về lý thuyết có thể có tối đa 2^8 = 256 trạm. Tuy nhiên thực tế chỉ có thể có tối đa 254 trạm do có hai địa chỉ được sử dụng cho các mục đích đặc biệt.

Địa chỉ lớp C được thiết kế cho các công ty nhỏ, những công ty chỉ có ít trạm nối vào mạng.

- ***Lớp D***

Địa chỉ lớp D được định nghĩa cho truyền đa hướng (multicasting). Trong lớp này, không có phần địa chỉ mạng và địa chỉ trạm. 4 bit đầu luôn luôn bằng '1110' để định nghĩa địa chỉ lớp D. 28 bit còn lại để chỉ định địa chỉ đa hướng (multicast).

- ***Lớp E***

Lớp E được dự phòng để sử dụng cho các mục đích đặc biệt. Không có phần địa chỉ mạng và địa chỉ trạm. 4 bit đầu tiên bằng '1111' để định nghĩa lớp E.

Như vậy, để nhận biết lớp của một địa chỉ IP, ta chỉ cần nhìn vào các bit đầu tiên của địa chỉ.

- Nếu bit đầu tiên là 0 thì đây là địa chỉ lớp A.
- Nếu bit đầu tiên là 1 và bit thứ hai là 0 thì đây là địa chỉ lớp B.
- Nếu hai bit đầu tiên là 1 và bit thứ ba là 0 thì đây là địa chỉ lớp C.
- Nếu ba bit đầu tiên là 1 và bit thứ tư là 0 thì đây là địa chỉ lớp D.
- Nếu bốn bit đầu tiên là 1 thì đây là địa chỉ lớp E.

Nếu địa chỉ được biểu diễn dưới dạng thập phân dấu chấm, ta có thể nhìn số đầu tiên để xác định lớp địa chỉ.

- Nếu số đầu nằm trong khoảng từ 0 đến 127 thì đây là lớp A.

- Nếu số đầu nằm trong khoảng từ 128 đến 191 thì đây là lớp B.
- Nếu số đầu nằm trong khoảng từ 192 đến 223 thì đây là lớp C.
- Nếu số đầu nằm trong khoảng từ 224 đến 239 thì đây là lớp D.
- Nếu số đầu nằm trong khoảng từ 240 đến 255 thì đây là lớp E.

Sau khi nhận biết được lớp của địa chỉ IP, ta có thể nhận biết được đâu là phần địa chỉ mạng và đâu là phần địa chỉ trạm.

- Nếu là địa chỉ lớp A, byte đầu tiên (1 số) là phần địa chỉ mạng và ba byte cuối (3 số) là địa chỉ trạm.

  Ví dụ: Địa chỉ 10.1.2.3 có phần địa chỉ mạng là 10 và phần địa chỉ trạm là 1.2.3

- Nếu là địa chỉ lớp B, hai byte đầu tiên (2 số) là phần địa chỉ mạng và hai byte cuối (2 số) là địa chỉ trạm.

  Ví dụ: Địa chỉ 129.1.2.3 có phần địa chỉ mạng là 129.1 và phần địa chỉ trạm là 2.3

- Nếu là địa chỉ lớp C, ba byte đầu tiên (3 số) là phần địa chỉ mạng và một byte cuối (1 số) là địa chỉ trạm.

  Ví dụ: Địa chỉ 192.168.10.3 có phần địa chỉ mạng là 192.168.10 và phần địa chỉ trạm là 3

- Nếu là địa chỉ lớp D, không có phần địa chỉ mạng và địa chỉ trạm. Toàn bộ địa chỉ được sử dụng để phát đa hướng.
- Nếu là địa chỉ lớp E, không có phần địa chỉ mạng và địa chỉ trạm. Toàn bộ địa chỉ được dự phòng cho mục đích đặc biệt.

Các địa chỉ đặc biệt

Một số địa chỉ trong khoảng địa chỉ lớp A, B và C được sử dụng cho các mục đích đặc biệt như chỉ ra trên Bảng 3.3.

Bảng 3.3: Các địa chỉ đặc biệt

Địa chỉ đặc biệt	Phần địa chỉ mạng	Phần địa chỉ trạm
Địa chỉ mạng	Số cụ thể	Toàn bit 0
Địa chỉ quảng bá trực tiếp	Số cụ thể	Toàn bit 1

Địa chỉ quảng bá giới hạn	Toàn bit 1	Toàn bit 1
Địa chỉ loopback	127	Bất kỳ

- ***Địa chỉ mạng***

Trong các lớp A, B và C, một địa chỉ có phần địa chỉ trạm gồm toàn bit 0 không được dùng cho bất cứ trạm nào. Nó được sử dụng để định nghĩa địa chỉ mạng. Nói cách khác, mạng được xem như một thực thể và có địa chỉ IP với phần địa chỉ trạm gồm toàn bit '0'. Chú ý rằng *địa chỉ mạng* khác với *phần địa chỉ mạng*. Phần địa chỉ mạng chỉ là một phần của địa chỉ IP, còn địa chỉ mạng là một địa chỉ có phần địa chỉ trạm gồm toàn bit '0'. Địa chỉ này không thể sử dụng để định nghĩa một địa chỉ nguồn hoặc đích trong một gói IP.

Ví dụ về địa chỉ mạng:

- Lớp A: 10.0.0.0
- Lớp B: 128.1.0.0
- Lớp C: 192.168.2.0

- ***Địa chỉ quảng bá trực tiếp (Direct Broadcast)***

Trong các địa chỉ lớp A, B và C, nếu phần địa chỉ trạm gồm toàn số '1' thì địa chỉ này được gọi là địa chỉ quảng bá trực tiếp. Địa chỉ này được bộ định tuyến sử dụng để gửi một gói tới tất cả các trạm trong một mạng cụ thể. Tất cả các trạm sẽ chấp nhận gói có loại địa chỉ này. Chú ý rằng địa chỉ này chỉ được sử dụng như địa chỉ đích trong một gói IP.

Ví dụ về địa chỉ quảng bá trực tiếp:

- Lớp A: 10.255.255.255
- Lớp B: 128.5.255.255
- Lớp C: 192.168.3.255

- ***Địa chỉ quảng bá giới hạn (Limited Broadcast)***

Nếu một địa chỉ có phần địa chỉ mạng gồm toàn bit '1' và địa chỉ trạm cũng gồm toàn bit '1' thì địa chỉ này được dùng để định nghĩa địa chỉ quảng bá trong mạng hiện tại. Một trạm muốn gửi một thông báo tới tất cả các trạm khác trên mạng có thể sử dụng địa chỉ này làm địa chỉ đích trong gói IP. Bộ định tuyến sẽ chặn các gói có địa chỉ loại này để khống chế sự quảng bá chỉ trong mạng cục bộ. Chú ý rằng địa chỉ này (255.255.255.255) thuộc về lớp E. Tất cả các thiết bị trong mạng hiện tại đều nhận và

xử lý gói tin.

- ***Địa chỉ lặp vòng (Loopback)***

Địa chỉ IP với byte đầu tiên là 127 được sử dụng làm địa chỉ lặp vòng, địa chỉ được sử dụng để kiểm tra phần mềm TCP/IP trên một máy. Khi địa chỉ này được sử dụng, gói sẽ không đi khỏi máy mà nó sẽ quay trở lại phần mềm giao thức. Địa chỉ này có thể được sử dụng để kiểm tra phần mềm IP. Ví dụ, một ứng dụng (chẳng hạn "Ping") có thể gửi một gói với địa chỉ đích là địa chỉ lặp vòng để kiểm tra xem phần mềm IP có khả năng nhận và xử lý gói hay không.

Một ví dụ khác là địa chỉ lặp vòng có thể sử dụng bởi một tiến trình khách (một ứng dụng đang chạy) để gửi một thông báo tới một tiến trình chủ trên cùng một máy. Chú ý rằng địa chỉ lặp vòng chỉ được sử dụng như địa chỉ đích trong một gói IP.

Địa chỉ riêng

Trong một mạng biệt lập (không nối tới Internet), người quản trị có thể sử dụng bất kỳ dải địa chỉ nào mình muốn. Tuy nhiên, để tránh sự nhầm lẫn giữa một địa chỉ thực trên Internet và một địa chỉ dùng trong một mạng riêng, tổ chức cấp số Internet đã dành một số khối địa chỉ để sử dụng cho mạng riêng. Các khối địa chỉ này không được cấp cho các mạng tham gia vào Internet.

Các địa chỉ dùng cho mạng riêng như sau:

- Lớp A: 10.0.0.0 (1 mạng)
- Lớp B: 172.16.0.0 đến 172.31.0.0 (16 mạng)
- Lớp C: 192.168.0.0 đến 192.168.255.0 (256 mạng)

3.4.1.3 Phân mạng con

Như ta đã biết, địa chỉ IP gồm hai phần là địa chỉ mạng (NetID) và địa chỉ trạm (HostID). Nghĩa là ta có một lược đồ đánh địa chỉ phân cấp. Để tới được một trạm trong liên mạng, trước tiên ta phải tới được mạng chứa trạm đó bằng cách sử dụng NetID. Sau đó ta phải sử dụng HostID để tới được trạm trong mạng. Nói cách khác, các lớp địa chỉ A, B, C được thiết kế với hai mức phân cấp (Hình 3.24).

Hình 3.24: Mạng với hai mức phân cấp (chưa phân mạng con)

Với lược đồ này, mạng của một công ty bị hạn chế ở hai mức phân cấp. Công ty không thể tổ chức các trạm thành nhóm mà mọi trạm đều ở cùng một mức. Do đó, công ty có một mạng với rất nhiều máy tính. Một giải pháp cho vấn đề này là phân mạng con, nghĩa là chia mạng thành các mạng nhỏ hơn được gọi là mạng con (subnet), trong đó mỗi mạng con có một địa chỉ riêng (Hình 3.25).

Hình 3.25: Mạng với ba mức phân cấp (phân mạng con)

Trong ví dụ ở trên, phần còn lại của Internet không biết rằng mạng được chia thành ba mạng vật lý nhỏ hơn. Đối với phần còn lại của Internet, ba mạng con này vẫn như là một mạng. Một gói gửi tới máy 141.14.2.21 vẫn tới bộ định tuyến R1. Địa chỉ đích của IP datagram vẫn là địa chỉ lớp B với NetID là 141.14 và HostID là 2.21.

Tuy nhiên, khi datagram tới bộ định tuyến R1, sự biên dịch địa chỉ IP thay đổi. Bộ định tuyến R1 biết rằng mạng 141.14 được chia thành ba mạng con. Nó biết rằng hai byte sau trong địa chỉ IP xác định hai thứ: phần địa chỉ mạng con (SubnetID) và phần địa chỉ trạm (HostID). Do đó, 2.21 phải được hiểu là SubnetID 2 và HostID 21. Bộ định tuyến R1 sử dụng hai byte đầu là NetID, byte thứ ba là SubnetID và byte cuối cùng là HostID.

Thêm các mạng con tạo ra một mức phân cấp trung gian trong hệ thống đánh địa chỉ IP. Bây giờ ta có ba mức: NetID; SubnetID và HostID. NetID là mức đầu tiên, nó xác định mạng. Mức thứ hai là SubnetID, nó xác định mạng con. HostID là mức thứ ba, nó xác định trạm trong mạng con.

Quá trình chuyển gói được chia thành ba bước: chuyển gói tới mạng, chuyển gói tới mạng con, chuyển gói tới trạm.

Mặt nạ mạng con

Mặt nạ mạng con không phải là một địa chỉ, nhưng nó xác định đâu là phần địa chỉ mạng và đâu là phần địa chỉ trạm trong một địa chỉ IP. Mặt nạ mạng con cũng dài 32 bit giống địa chỉ IP. Nó gồm hai phần: phần đầu gồm toàn bit 1 cho biết chiều dài phần NetID; phần cuối gồm toàn bit 0 cho biết phần HostID.

Có thể thực hiện các bước sau để xác định mặt nạ mạng con cho một địa chỉ IP mạng con cụ thể:

Bước 1: Biểu diễn địa chỉ IP mạng con dưới dạng nhị phân

Bước 2: Thay phần địa chỉ mạng và địa chỉ mạng con trong địa chỉ bằng các bit 1

Bước 3: Thay phần địa chỉ trạm bằng các bit 0

Bước 4: Chuyển biểu diễn nhị phân về dạng thập phân

Mặt nạ mạng con luôn đi kèm với địa chỉ IP phân mạng con. Đối với các địa chỉ IP không phân mạng con, ta dùng mặt nạ mạng con mặc định. Mặt nạ mạng con mặc định đối với địa chỉ lớp A là 255.0.0.0; lớp B là 255.255.0.0 và lớp C là 255.255.255.0.

Các bước phân mạng con

Như ta đã biết, các lớp A, B, C dành 8, 16, 24 bit cho phần NetID. Để phân mạng con, ta phải mở rộng NetID, nghĩa là thêm SubnetID. Phần SubnetID được tạo ra bằng cách mượn một số bit trong phần HostID.

Khi phân mạng con, ta không được phép sử dụng các mạng con có phần SubnetID gồm toàn bit 0 hoặc toàn bit 1. Nếu ta mượn 1 bit thì có thể chia mạng thành hai mạng con, nhưng đều không thể sử dụng. Nếu ta mượn tất cả các bit trong phần HostID thì không còn phần HostID nữa. Nếu ta mượn toàn bộ, chỉ trừ 1 bit cho phần HostID thì số trạm có thể sử dụng trong mỗi mạng con bằng 0 vì ta không được dùng các địa chỉ có phần HostID gồm toàn bit 1 hoặc toàn bit 0. Do đó, số bit ta có thể mượn khi phân mạng con phải lớn hơn hoặc bằng 2 và nhỏ hơn hoặc bằng n – 2, với n là số bit trong phần HostID.

Nếu ta mượn m bit thì số lượng mạng con thu được là 2^m, và số lượng mạng con có thể sử dụng là $2^m – 2$.

Sau đây là các bước phân mạng con. Để tiện theo dõi, ta lấy ví dụ về phân mạng 192.168.2.0 thành 5 mạng con.

Bước 1: Xác định số bit cần mượn và xác định mặt nạ mạng con

Việc xác định số bit cần mượn dựa trên số lượng mạng con yêu cầu. Trong ví dụ này, số mạng con yêu cầu là 5. Do đó, số bit cần mượn phải là 3 vì $2^2 – 2 \le 5 \le 2^3 – 2$.

Khi đó, ta có được 8 mạng con, trong đó có 6 mạng có thể sử dụng.

Mặt nạ mạng con được xác định dựa trên số bit mượn. Khi chưa phân mạng con, phần NetID dài 24 bit (lớp C). Khi phân mạng con, ta mượn thêm 3 bit. Do đó, chiều dài phần NetID và SubnetID là 24+3 = 27. Do vậy, mặt nạ mạng con sẽ gồm 27 bit 1 ở phần đầu và 5 bit 0 ở phần cuối. Biến đổi sang dạng thập phân ta được 255.255.255.224.

Như vậy, ở bước này ta đã xác định được phải mượn 3 bit và mặt nạ mạng con là 255.255.255.224.

Bước 2: Xác định các mạng con

Các mạng con được xác định dựa trên phần SubnetID. Do ta mượn 3 bit để đánh địa chỉ mạng con, nên các SubnetID dưới dạng nhị phân lần lượt là: 000; 001; 010; 011; 100; 101; 110; 111.

Khi biểu diễn địa chỉ mạng con, phần NetID được giữ nguyên và phần HostID gồm toàn bit 0. Do vậy, ta có 8 địa chỉ mạng con như sau:

Dạng nhị phân	Dạng thập phân
11000000.10101000.00000010.**000***00000*	192.168.2.0
11000000.10101000.00000010.**001***00000*	192.168.2.32
11000000.10101000.00000010.**010***00000*	192.168.2.64
11000000.10101000.00000010.**011***00000*	192.168.2.96
11000000.10101000.00000010.**100***00000*	192.168.2.128
11000000.10101000.00000010.**101***00000*	192.168.2.160
11000000.10101000.00000010.**110***00000*	192.168.2.192
11000000.10101000.00000010.**111***00000*	192.168.2.224

Mặt nạ mạng con chiều dài biến thiên

Mặc dù việc phân mạng con là một bổ sung có giá trị cho kiến trúc đánh địa chỉ IP, nhưng nó vẫn có một hạn chế cơ bản. Đó là ta phải sử dụng một mặt nạ mạng con cho toàn bộ mạng. Do đó, sau khi đã chọn một mặt nạ mạng con, ta không thể cung cấp các mạng con có kích thước khác. Nếu có yêu cầu tăng kích thước của mạng con, ta phải thay đổi lại mặt nạ mạng con cho toàn bộ mạng. Đây là một công việc phức tạp và tốn thời gian.

Một giải pháp cho vấn đề này là cho phép một mạng được phân mạng con có thể có nhiều mặt nạ mạng con. Mỗi mặt nạ mạng con có một kích thước khác nhau. Kỹ thuật

mới về phân mạng con này được gọi là mặt nạ mạng con chiều dài biến thiên (VLSM – Variable Length Subnet Masking).

VLSM cho phép sử dụng khoảng địa chỉ IP hiệu quả hơn bằng cách cho phép người quản trị mạng tùy chỉnh kích thước của mặt nạ mạng con theo các yêu cầu cụ thể của mỗi mạng con. Để minh họa, giả sử ta có một địa chỉ gốc là 172.16.0.0. Đây là một địa chỉ lớp B, nghĩa là phần NetID dài 16 bit. Mở rộng phần tiền tố mạng thêm 6 bit, ta có 22 bit cho phần tiền tố mạng. Theo tính toán, ta có 62 mạng con và 1022 địa chỉ cho mỗi mạng con có thể sử dụng.

Kiểu phân mạng con này có tác dụng nếu công ty này cần nhiều mạng con với khoảng hơn 1000 trạm trên mỗi mạng. Tuy nhiên, nếu công ty chỉ có một số công ty con với hơn 500 trạm còn lại là các công ty con với khoảng 40 đến 50 trạm, thì phần lớn địa chỉ IP bị lãng phí.

Trong trường hợp này thì VLSM là giải pháp hợp lý. Người quản trị có thể phân mạng con linh hoạt bằng cách sử dụng các mặt nạ mạng con khác nhau. Một số công ty con có thể tiếp tục sử dụng tiền tố mạng 22 bit; trong khi các công ty con nhỏ hơn có thể sử dụng tiền tố mạng 25 hoặc 26 bit. Tiền tố mạng 25 bit cho phép tạo các mạng con 126 trạm. Tiền tố mạng 26 bit cho phép tạo các mạng con 62 trạm.

3.4.1.4 CIDR

CIDR (Classless Inter-Domain Routing) là một lược đồ địa chỉ mới cho Internet, nó cho phép sử dụng hiệu quả tài nguyên địa chỉ IP hơn là mô hình lược đồ địa chỉ chia thành các lớp A, B, C như cũ.

CIDR thay thế cách phân chia địa chỉ kiểu cũ (theo lớp A, B, C) ở chỗ các phần bit chỉ định mạng được sử dụng linh hoạt hơn. Thay vì bị giới hạn phần NetID là 8, 16 hay 24 bit, CIDR hiện nay sử dụng bất kỳ bit nào từ vị trí 13 đến 27. Vì thế, có thể thiết kế các khối địa chỉ cho mạng nhỏ khoảng 32 trạm hoặc những mạng cỡ lớn trên 500.000 trạm. Điều này cho phép sự phân chia địa chỉ gần hơn với nhu cầu của các mạng mới được thiết lập.

Một địa chỉ CIDR cũng bao gồm 32 bit như địa chỉ IP chuẩn và thêm vào đó là thông tin có bao nhiêu bit được sử dụng cho phần NetID. Ví dụ, trong địa chỉ CIDR 206.13.01.48/25, thì "/25" chỉ ra rằng 25 bit đầu tiên được sử dụng cho việc xác định ra một mạng duy nhất, còn các bit còn lại thì được sử dụng để đánh địa chỉ các trạm trong mạng. Bảng 3.4 cho ta mối quan hệ giữa tiền tố CIDR và số lượng lớp C tương đương.

Bảng 3.4: Tiền tố CIDR và số lượng lớp C tương đương

Tiền tố CIDR	Tương đương với lớp C	Số lượng địa chỉ trạm

/27	1/8 lớp C	32 trạm
/26	1/4 lớp C	64 trạm
/25	1/2 lớp C	128 trạm
/24	1 lớp C	256 trạm
/23	2 lớp C	512 trạm
/22	4 lớp C	1,024 trạm
/21	8 lớp C	2,048 trạm
/20	16 lớp C	4,096 trạm
/19	32 lớp C	8,192 trạm
/18	64 lớp C	16,384 trạm
/17	128 lớp C	32,768 trạm
/16	256 lớp C (= 1 lớp B)	65,536 trạm
/15	512 lớp C	131,072 trạm
/14	1,024 lớp C	262,144 trạm
/13	2,048 lớp C	524,288 trạm

3.4.2 Giao thức ICMP

Như đã trình bày ở trên, IP là giao thức chuyển gói phi kết nối và không tin cậy. Nó được thiết kế nhằm mục đích sử dụng hiệu quả tài nguyên mạng và cung cấp dịch vụ chuyển gói nỗ lực nhất. Tuy nhiên nó có hai thiếu hụt là thiếu điều khiển lỗi và thiếu các cơ chế hỗ trợ.

Giao thức IP không có cơ chế thông báo và sửa lỗi. Điều gì xảy ra nếu bộ định tuyến phải loại bỏ một *datagram* do không tìm thấy bước nhảy tiếp theo cho datagram đó, hoặc khi giá trị trường *TTL* bằng 0? Hay điều gì xảy ra nếu trạm đích phải bỏ tất cả các mảnh của datagram do không nhận được đủ các mảnh trong một khoảng thời gian định trước? Đó là những ví dụ về tình trạng xảy ra lỗi, nhưng IP không có những cơ chế được xây dựng sẵn để thông báo lỗi cho trạm nguồn.

IP cũng thiếu cơ chế truy vấn. Một trạm đôi khi cần xác định xem bộ định tuyến hoặc trạm khác có hoạt động không. Một người quản lý mạng đôi khi cũng cần thông tin từ một trạm hoặc bộ định tuyến khác.

Giao thức thông báo điều khiển liên mạng (ICMP – Internet Control Message Protocol) được thiết kế để bù đắp hai thiếu hụt trên. Nó được đi kèm với giao thức IP. Các bản tin ICMP được chia làm hai loại: *thông báo lỗi (error-reporting)* và *truy vấn (query)*. *Thông báo lỗi* thông báo những sự cố mà bộ định tuyến hoặc trạm đích có thể

gặp phải khi xử lý IP datagram. *Truy vấn* giúp một trạm hoặc một người quản lý mạng lấy các thông tin cụ thể về một bộ định tuyến hoặc một trạm khác.

3.4.2.1 Thông báo lỗi

Nhiệm vụ chính của ICMP là thông báo các lỗi xảy ra cho nguồn. Mặc dù với các công nghệ mới, nhiều phương tiện truyền dẫn tin cậy đã được giới thiệu, nhưng lỗi vẫn tồn tại và cần được xử lý. Do IP là một giao thức không tin cậy nên ICMP được thiết kế để hỗ trợ IP trong điều khiển lỗi. Tuy nhiên, ICMP không thực hiện sửa lỗi mà nó chỉ thông báo lỗi. Việc sửa lỗi được để lại cho các giao thức tầng trên. Sau đây là các thông báo lỗi điển hình.

- *Destination unreachable*

Khi một bộ định tuyến không thể định tuyến một datagram hoặc một trạm không thể chuyển phát một datagram, datagram đó sẽ bị bỏ đi và bộ định tuyến hoặc trạm đích gửi thông báo lỗi *destination unreachable* cho trạm nguồn.

- *Source quench*

IP là giao thức phi kết nối. Không có sự liên lạc giữa trạm nguồn, bộ định tuyến và trạm đích. IP không cung cấp cơ chế điều khiển luồng. Việc thiếu cơ chế điều khiển luồng có thể gây ra tắc nghẽn. Một nguồn không thể biết bộ định tuyến trên đường đi hoặc đích có xử lý kịp các datagram nó gửi đi không?

Bộ định tuyến hoặc trạm đích có bộ đệm với kích thước giới hạn để chứa các datagram nhận được trước khi chuyển tiếp hoặc xử lý chúng. Nếu tốc độ nhận lớn hơn tốc độ chuyển tiếp hoặc tốc độ xử lý, thì hàng đợi có thể bị tràn. Trong trường hợp này, bộ định tuyến hoặc trạm không có cách nào khác ngoài việc loại bỏ một số datagram.

Thông báo *Source quench* của ICMP được thiết kế để bổ sung cho IP chức năng điều khiển luồng. Khi bộ định tuyến hoặc trạm loại bỏ gói do có tắc nghẽn, chúng gửi một thông báo *Source quench* tới trạm nguồn. Thông báo này có hai mục đích. Thứ nhất, nó thông báo cho trạm nguồn biết datagram đã bị bỏ. Thứ hai, nó cảnh báo trạm nguồn về tắc nghẽn và trạm nguồn cần giảm tốc độ gửi.

- *Time exceeded*

Thông báo *Time exceeded* được gửi trong hai trường hợp:

- Khi bộ định tuyến nhận được một datagram có trường thời gian sống bằng 0.
- Khi trong một khoảng thời gian nhất định trạm đích không nhận được

tất cả các mảnh của một datagram.

- *Parameter problem*

Sự không rõ ràng trong phần tiêu đề của một datagram có thể gây nên các vấn đề nghiêm trọng khi datagram di chuyển trên liên mạng. Nếu một bộ định tuyến hoặc trạm đích nhận thấy có sự không rõ ràng hoặc thiếu một giá trị nào đó trong phần tiêu đề, chúng sẽ loại bỏ gói và gửi thông báo *Parameter problem* cho trạm nguồn.

3.4.2.2 Truy vấn

Ngoài các thông báo lỗi, ICMP cũng cho phép chẩn đoán một số sự cố trên mạng. Điều này được thực hiện thông qua các thông báo truy vấn.

- *Echo Request, Echo Reply*

Hai thông báo *Echo Request* và *Echo Reply* được thiết kế cho các mục đích chẩn đoán. Người quản lý mạng hoặc người dùng sử dụng cặp thông báo này để nhận diện các sự cố mạng. Kết hợp hai thông báo này cho biết hai hệ thống có thể liên lạc được với nhau không. Lệnh ping sử dụng cặp thông báo truy vấn này.

- *Timestamp Request, Timestamp Reply*

Hai máy (trạm hoặc bộ định tuyến) có thể sử dụng *Timestamp Request* và *Timestamp Reply* để xác định thời gian một vòng đi giữa chúng. Nó cũng được sử dụng để đồng bộ đồng hồ giữa hai máy.

- *Mask Request, Mask Reply*

Một trạm có thể biết địa chỉ IP của mình nhưng lại không biết mặt nạ đi kèm với địa chỉ IP này. Để lấy được mặt nạ, trạm gửi thông báo *Mask Request* tới một bộ định tuyến trên mạng LAN. Khi bộ định tuyến nhận được thông báo *Mask Request*, nó đáp lại bằng thông báo *Mask Reply*. Thông báo trả lời này cung cấp mặt nạ cho trạm.

- *Router Solicilation và Router Advertisement*

Đôi khi một trạm cần biết các bộ định tuyến có tồn tại và hoạt động không. Thông báo *Router Solicilation* và *Router Advertisement* có thể trợ giúp yêu cầu này. Trạm có thể gửi quảng bá một *Router Solicilation*. Bộ định tuyến nhận được thông báo sẽ quảng bá thông tin định tuyến của chúng sử dụng thông báo *Router Advertisement*. Bộ định tuyến cũng có thể gửi định kỳ các thông báo *Router Advertisement*.

3.4.3 Giao thức ARP và RARP

Một liên mạng là sự kết hợp của nhiều mạng vật lý được kết nối với nhau thông qua các thiết bị liên kết mạng, chẳng hạn bộ định tuyến hoặc gateway.

Trạm và bộ định tuyến được nhận dạng tại tầng mạng bằng địa chỉ lôgic (địa chỉ IP). Địa chỉ lôgic là địa chỉ chung, nó phải là duy nhất trong toàn bộ liên mạng. Tuy nhiên, trên đường tới đích, gói phải đi qua các mạng vật lý khác nhau. Ở mức vật lý, trạm và bộ định tuyến được nhận dạng bởi địa chỉ vật lý (địa chỉ MAC). Địa chỉ vật lý là địa chỉ cục bộ và chỉ cần duy nhất trong mạng cục bộ.

Địa chỉ vật lý và địa chỉ IP là hai số hiệu nhận dạng khác nhau. Chúng ta cần cả hai vì một mạng vật lý, chẳng hạn mạng Ethernet có thể được sử dụng đồng thời bởi hai giao thức tầng mạng khác nhau, chẳng hạn IP và IPX. Ngược lại, một gói thuộc một giao thức tầng mạng, chẳng hạn IP, có thể đi qua nhiều mạng vật lý khác nhau.

Nghĩa là, để chuyển phát gói tới một trạm hoặc một bộ định tuyến, cần có hai mức đánh địa chỉ: lôgic và vật lý. Do vậy, chúng ta cần có phương pháp để ánh xạ giữa hai địa chỉ này. Giao thức phân giải địa chỉ (ARP – Address Resolution Protocol) chuyển đổi địa chỉ lôgic thành địa chỉ vật lý. Còn giao thức phân giải địa chỉ ngược (RARP – Reverse Address Resolution Protocol) chuyển đổi địa chỉ vật lý thành địa chỉ lôgic.

3.4.3.1 Giao thức ARP

Khi một trạm hoặc bộ định tuyến cần tìm địa chỉ vật lý của một trạm hoặc một bộ định tuyến khác trên mạng, nó gửi gói yêu cầu ARP. Gói này chứa địa chỉ vật lý và địa chỉ lôgic của nguồn và địa chỉ IP của đích. Do nguồn không biết địa chỉ vật lý của đích nên yêu cầu này được gửi quảng bá.

Mọi trạm và bộ định tuyến trên mạng đều nhận và xử lý yêu cầu ARP này, nhưng chỉ có trạm đích nhận ra địa chỉ IP của nó và gửi trả lời ARP lại cho nguồn. Gói trả lời chứa địa chỉ lôgic và địa chỉ vật lý của đích. Gói trả lời này được gửi thẳng (gửi unicast) tới trạm yêu cầu (nguồn) sử dụng địa chỉ vật lý có trong gói yêu cầu ARP.

Hình 3.26 minh họa hoạt động của ARP.

a. Yêu cầu ARP đ□ợc quảng bá

b. Trả lời ARP đ□ợc gửi trực tiếp (unicast)

Hình 3.26: Hoạt động của ARP

3.4.3.2 Giao thức RARP

RARP là giao thức chuyển đổi từ địa chỉ vật lý thành địa chỉ lôgic. Nó được sử dụng trong trường hợp một máy biết địa chỉ vật lý của mình nhưng lại không biết địa chỉ IP, chẳng hạn một máy không ổ cứng khởi động qua mạng.

Khi máy được bật, yêu cầu RARP được tạo ra và được gửi quảng bá trên mạng cục bộ. Một máy khác trên mạng biết về mọi địa chỉ IP sẽ trả lời yêu cầu bằng bản tin trả lời RARP. Máy yêu cầu RARP phải chạy chương trình RARP khách và máy trả lời RARP phải chạy chương trình RARP chủ.

Trong Hình 3.27, khi trạm không ổ cứng khởi động, yêu cầu RARP được tạo ra và được quảng bá tới mọi máy trên mạng. Mọi trạm trong mạng cục bộ đều nhận được gói này, nhưng chỉ máy chủ RARP trả lời yêu cầu. Gói trả lời có chứa địa chỉ IP của máy yêu cầu.

a. Yêu cầu RARP đ□ợc quảng bá

b. Trả lời RARP đ□ợc gửi trực tiếp (unicast)

Hình 3.27: Hoạt động của RARP

3.4.4 Giao thức định tuyến RIP

3.4.4.1 Giới thiệu

RIP là một giao thức định tuyến vectơ khoảng cách được sử dụng bên trong hệ tự trị. Giao thức này khá đơn giản, nó sử dụng giải thuật Bellman-Ford để tính toán bảng định tuyến.

Là giao thức vectơ khoảng cách nên RIP hoạt động dựa trên ba nguyên tắc:

- *Chia sẻ hiểu biết về toàn bộ hệ tự trị*: Mỗi bộ định tuyến chia sẻ hiểu biết về toàn bộ hệ tự trị với các hàng xóm của nó. Ban đầu sự hiểu biết của một bộ định tuyến có thể rất ít. Tuy nhiên, chúng biết được bao nhiêu không phải là điều quan trọng; chúng gửi tất cả những thứ chúng có.
- *Chỉ chia sẻ với hàng xóm*: Mỗi bộ định tuyến chỉ gửi những hiểu biết của mình cho hàng xóm. Chúng gửi tất cả những thứ chúng biết qua tất cả các giao diện của chúng.
- *Chia sẻ tại các khoảng thời gian đều đặn*: Mỗi bộ định tuyến gửi hiểu biết của mình tại các khoảng thời gian cố định, chẳng hạn 30 giây.

3.4.4.2 Bảng định tuyến RIP

Mỗi bộ định tuyến giữ một bảng định tuyến trong đó chứa các mục tương ứng cho

mỗi mạng đích mà bộ định tuyến biết. Mục này gồm địa chỉ IP của mạng đích, khoảng cách ngắn nhất để tới đích (tính theo số bước nhảy) và bước nhảy tiếp theo (bộ định tuyến tiếp theo). Bước nhảy tiếp theo là nơi cần gửi gói dữ liệu đến để có thể tới được đích cuối cùng. Số bước nhảy là số mạng mà một gói dữ liệu phải đi qua để tới được mạng đích.

Bảng định tuyến có thể chứa các thông tin khác, chẳng hạn khoảng thời gian tính từ khi mục được cập nhật lần cuối. Bảng 3.5 chỉ ra một ví dụ về bảng định tuyến.

Bảng 3.5: Bảng định tuyến vectơ khoảng cách

Đích	Số bước nhảy	Bước nhảy tiếp theo	Thông tin khác
163.5.0.0	7	172.6.23.4	
197.5.13.0	5	176.3.6.17	
189.45.0.0	4	200.5.1.6	
115.0.0.0	6	131.4.7.19	

3.4.4.3 Giải thuật cập nhật RIP

Bảng định tuyến RIP được cập nhật khi bộ định tuyến nhận được các thông báo RIP. Dưới đây chỉ ra giải thuật cập nhật định tuyến được RIP sử dụng.

```
Nhận một thông báo RIP trả lời
1. Cộng 1 vào số bước nhảy tiếp theo cho mỗi đích được quảng cáo
2. Lặp lại các bước tiếp theo cho mỗi đích được quảng cáo:
   2.1 Nếu đích không có trong bảng định tuyến
            - Thêm thông tin được quảng cáo vào bảng định tuyến
   2.2 Trái lại
      2.2.1 Nếu bước nhảy tiếp theo giống nhau
            - Thay thế mục trong bảng bằng mục được quảng cáo
      2.2.2 Trái lại
         2.2.2.1 Nếu số bước nhảy được quảng cáo nhỏ hơn số bước
                 nhảy trong bảng
                 - Thay thế mục trong bảng bằng mục được quảng cáo
         2.2.2.2 Trái lại
```

- Không làm gì cả 3. Kết thúc

Khởi tạo bảng định tuyến

Khi một bộ định tuyến được thêm vào một mạng, nó tự khởi tạo bảng định tuyến bằng cách sử dụng tệp cấu hình. Lúc này, bảng định tuyến chỉ chứa các mạng nối trực tiếp với bộ định tuyến và số bước nhảy, thường được khởi tạo là 1. Trường bước nhảy tiếp theo được bỏ trống. Hình 3.28 minh hoạ các bảng định tuyến ban đầu trong một hệ tự trị nhỏ.

Hình 3.28: Ví dụ các bảng định tuyến RIP ban đầu

Cập nhật bảng định tuyến

Từ bảng định tuyến ban đầu, các bộ định tuyến trao đổi cập nhật định tuyến với nhau. Dựa trên giải thuật cập nhật định tuyến vừa trình bày ở trên, các bộ định tuyến sẽ cập nhật bảng định tuyến. Bảng định tuyến cuối cùng là bảng có chứa mọi mạng đích. Hình 3.29 minh hoạ các bảng định tuyến cuối cùng của hệ tự trị ở trên.

Hình 3.29: Ví dụ các bảng định tuyến RIP cập nhật cuối cùng

3.4.4.4 Các bản tin RIP

- **Định dạng bản tin RIP**

Định dạng của bản tin RIP được chỉ ra ở Hình 3.30.

Hình 3.30: Định dạng bản tin RIP

- **Command**: Trường 1 byte này cho biết loại thông báo: *yêu cầu (1)* hoặc *trả lời (2)*.
- **Version**: Trường 1 byte này chỉ rõ phiên bản của giao thức RIP (1 hoặc 2).
- **Family**: Trường 2 byte này định nghĩa họ giao thức được sử dụng. Đối với TCP/IP, giá trị này là 2.
- **Network address**: Trường này định nghĩa địa chỉ mạng đích. RIP cấp phát 12 byte cho phần địa chỉ mạng. Nhưng hiện tại, IP chỉ dùng 4 byte. Phần còn lại được điền bằng các bit 0.

- **Distance**: Trường 4 byte này định nghĩa số bước nhảy từ bộ định tuyến quảng cáo tới mạng đích.

Chú ý: Một phần của thông báo được lặp cho mỗi mạng đích. Chúng ta gọi là một mục.

- **Bản tin Yêu cầu (request) và Trả lời (response)**

RIP sử dụng hai loại thông báo: *yêu cầu* và *trả lời*.

- ***Yêu cầu***

Một yêu cầu được gửi bởi một bộ định tuyến mới hoặc một bộ định tuyến có một số mục quá hạn. Một yêu cầu có thể hỏi về các mục cụ thể hoặc hỏi tất cả các mục (Hình 3.31).

a. Yêu cầu một số

b. Yêu cầu tất cả

Hình 3.31: Bản tin RIP yêu cầu

- ***Trả lời***

Một trả lời có thể là *khẩn khoản* hoặc *không khẩn khoản*. Trả lời khẩn khoản chỉ được gửi để trả lời cho một yêu cầu. Nó chứa thông tin về các đích được chỉ rõ trong thông báo yêu cầu tương ứng. Trả lời không khẩn khoản được gửi định kỳ và chứa toàn bộ bảng định tuyến. Hình 2.5 minh hoạ một trả lời RIP.

Hình 3.32: Bản tin RIP trả lời

3.4.4.5 Các bộ định thời RIP

Để hỗ trợ cho hoạt động của mình, RIP sử dụng 3 bộ định thời. Bộ định thời cập nhật điều khiển việc gửi thông báo, bộ định thời hết hạn quản lý tính hợp lệ của một tuyến, và bộ định thời xóa tuyến quảng cáo lỗi của một tuyến.

- ***Bộ định thời cập nhật***

Bộ định thời này điều khiển việc quảng cáo đều đặn các thông báo cập nhật. Mặc dù đặc tả giao thức RIP đã chỉ rõ bộ định thời này phải được đặt là 30 giây, nhưng các mô hình đang hoạt động hiện nay sử dụng một số ngẫu nhiên trong khoảng từ 25 đến 35. Mục đích là để tránh tình trạng quá tải trên một liên mạng khi tất cả các bộ định tuyến gửi cập nhật cùng lúc.

Bộ định thời này được đếm lùi. Khi đạt tới giá trị 0, thông báo cập nhật sẽ được gửi và bộ định thời được thiết lập lại.

- ***Bộ định thời hết hạn***

Bộ định thời này quản lý tính hợp lệ của một tuyến. Khi bộ định tuyến nhận được thông tin cập nhật về một tuyến, bộ định thời hết hạn cho tuyến này được thiết lập là 180 giây. Mỗi lần có một cập nhật mới về tuyến này, bộ định thời được đặt lại. Trong trường hợp bình thường, cứ 30 giây điều này xảy ra một lần. Tuy nhiên, nếu có trục

trặc trên liên mạng và bộ định tuyến không nhận được cập nhật về tuyến này trong khoảng thời gian 180 giây, tuyến này được xem như hết hạn và giá trị trường số bước nhảy của nó được đặt là 16, nghĩa là không thể tới đích. Mỗi tuyến đều có bộ định thời không hợp lệ của riêng mình.

- ***Bộ định thời xóa tuyến***

Khi một tuyến hết hạn, bộ định tuyến không loại bỏ ngay tuyến này ra khỏi bảng định tuyến. Thay vào đó, nó tiếp tục quảng cáo tuyến với giá trị *metric* là 16. Cùng lúc đó, bộ định thời xóa tuyến được đặt là 120 giây cho tuyến này. Khi giá trị của bộ định thời đạt tới 0, tuyến bị loại khỏi bảng định tuyến. Bộ định thời này cho phép các hàng xóm biết về sự không hợp lệ của một tuyến trước khi loại tuyến đó.

3.4.4.6 RIP phiên bản 2

Hoạt động của RIPv2

RIP phiên bản 2 được thiết kế để khắc phục những nhược điểm của RIP phiên bản 1. Tất cả các thủ tục vận hành, bộ định thời và chức năng duy trì tính ổn định của RIPv1 đều được giữ lại trong RIPv2, ngoại trừ việc quảng bá cập nhật định tuyến. RIPv2 cập nhật định tuyến bằng cách phát đa hướng. Điều này được thực hiện bằng cách sử dụng địa chỉ đa hướng lớp D 224.0.0.9. Ưu điểm của phát đa hướng cập nhật định tuyến là những thiết bị không liên quan đến định tuyến RIP không phải mất thời gian xử lý gói cập nhật định tuyến do các bộ định tuyến gửi đi. Ngoài ra RIPv2 còn hỗ trợ VLSM và chứng thực cập nhật định tuyến.

Chúng ta hãy xét một ví dụ để hiểu về hoạt động của RIPv2. Trong Hình 3.33 bộ định tuyến A đưa thông tin về các mạng có kết nối trực tiếp với nó vào bảng định tuyến. Do chạy RIPv2 nên Bộ định tuyến A sẽ gửi cập nhật định tuyến cho các bộ định tuyến khác bằng địa chỉ đa hướng 224.0.0.9. Bộ định tuyến A dùng mật khẩu là *pttc1* và các mạng kết nối trực tiếp với nó có metric là 0.

Hình 3.33: Bộ định tuyến đưa thông tin về các mạng kết nối trực tiếp vào bảng định tuyến, metric tới mạng mạng này là 0

Trong Hình 3.34, khi bộ định tuyến B nhận thông tin từ bộ định tuyến A, nó cập nhật vào bảng định tuyến. Những cập nhật này lại được gửi tới các bộ định tuyến khác sau một khoảng thời gian định kỳ. Để ý rằng lúc này mạng 10.10.1.0 có metric là 1 vì RIPv2 cũng tăng metric thêm 1 cho các tuyến mỗi khi đi qua một chặng.

Hình 3.34: Bộ định tuyến nhận thông tin từ hàng xóm và cập nhật bảng định tuyến

Khi bộ định tuyến C nhận thông tin định tuyến từ bộ định tuyến B, nó sẽ cập nhật vào bảng định tuyến và thông tin này cũng sẽ được gửi tới các bộ định tuyến RIP khác có kết nối trực tiếp với nó sau một khoảng thời gian định kỳ. Metric của mạng 10.10.1.0 lúc này là 2. Tương tự, bộ định tuyến B nhận được thông tin về mạng 10.10.5.0 từ bộ định tuyến C và bộ định tuyến A lại nhận được thông tin về mạng này từ bộ định tuyến B. Lúc này, tất cả các bộ định tuyến đều học được thông tin về các tuyến trong toàn mạng, tức là mạng đạt đến trạng thái hội tụ.

Những tính năng mới của RIPv2

- **Chứng thực định tuyến**: RIPv2 hỗ trợ chứng thực nút đang truyền gói trả lời. Các gói trả lời được sử dụng để truyền bá thông tin định tuyến trong mạng. Việc chứng thực nút khởi phát gói trả lời là để loại bỏ những thông tin định tuyến không rõ nguồn gốc.
- **Mặt nạ mạng con**: RIPv2 truyền cả thông tin về mặt nạ mạng con cho mỗi địa chỉ đích. Khi chuyển tiếp gói tin IP, các bộ định tuyến sử dụng địa chỉ đích kết hợp với mặt nạ mạng con để xác định chính xác mạng đích. Điều này cho phép định tuyến gói tin đến những mạng con cụ thể.

- **Địa chỉ bước nhảy tiếp theo:** Nhờ có trường nhận dạng bước nhảy tiếp theo mà RIPv2 hoạt động hiệu quả hơn RIPv1 khi loại bỏ được nhiều chặng không cần thiết, đặc biệt là trường hợp sử dụng cùng lúc nhiều giao thức định tuyến trong mạng.
- **Phát đa hướng gói RIPv2**: RIPv1 sử dụng phát quảng bá để gửi các thông báo RIP tới tất cả hàng xóm. Do đó, không chỉ các bộ định tuyến trên mạng nhận được thông báo mà mọi trạm đều nhận được. Trong khi đó, RIPv2 sử dụng địa chỉ đa hướng 224.0.0.9 để phát đa hướng các thông báo RIP. Kỹ thuật này cho phép thông báo những thông tin định tuyến cùng một lúc cho nhiều thiết bị chạy giao thức RIPv2 song chỉ những thiết bị nằm trong nhóm đa hướng mới nhận được thông tin đó. Điều này giúp tiết kiệm băng thông mạng và giảm đáng kể những yêu cầu xử lý cho các bộ định tuyến và các thiết bị khác trong mạng.

Định dạng gói RIPv2

Định dạng gói RIPv2 được minh họa ở Hình 3.35. Về cơ bản, gói RIPv2 giống như gói RIPv1, tất cả các tính năng mới của RIPv2 có được là nhờ trường *Không sử dụng (Unused)* trong RIPv1. Tương tự như RIPv1, các gói RIPv2 có thể mang thông tin cập nhật cho 25 tuyến; nó cũng dùng cổng 520 của giao thức UDP với 8 Byte tiêu đề và độ dài tối đa là 512 Byte.

Hình 3.35: Định dạng gói RIPv2

Ý nghĩa của các trường trong định dạng gói RIPv2 như sau:

- **Command:** cũng có ý nghĩa tương tự như RIPv1, nó cho biết gói là yêu cầu hay trả lời.

- **Version:** Cho biết phiên bản RIP. Đối với RIPv2, giá trị trường này là 2. Nếu giá trị trường này là 0 hoặc 1 nhưng lại không đúng theo định dạng của RIPv1 thì gói sẽ bị loại bỏ vì RIPv2 sẽ chỉ xử lý gói RIPv2 và RIPv1 hợp lệ (đúng định dạng).
- **Address Family Identifier - AFI**: Cho biết họ giao thức được sử dụng. Đối với TCP/IP, giá trị này là 2. Trong trường hợp yêu cầu bảng định tuyến đầy đủ của một bộ định tuyến hoặc một trạm thì trường này được đặt là 0.
- **Route Tag:** Cho phép phân biệt tuyến là tuyến trong hay tuyến ngoài. Tuyến trong là tuyến được học bởi giao thức RIPv2 bên trong mạng hay AS; Tuyến ngoài là tuyến học được từ giao thức định tuyến khác bằng cách phân bố lại vào RIPv2. Trường này có độ dài 16 Bit này thường mang số hiệu AS của tuyến được nhập từ giao thức định tuyến ngoài.
- **IP Address**: Cho biết địa chỉ đích, có thể là địa chỉ mạng, địa chỉ mạng con hoặc địa chỉ trạm.
- **Subnet mask:** gồm 32 Bit mặt nạ để nhận diện phần địa chỉ mạng và địa chỉ mạng con của địa chỉ IP. Trường này là một trong những thay đổi quan trọng trong định dạng gói RIPv2 so với RIPv1.
- **Next Hop:** Cho biết địa chỉ IP của bước nhảy tiếp theo. Trường này rất hữu ích khi hai hệ thống tự trị chia sẻ một mạng (đường trục). Khi đó gói có thể định nghĩa bộ định tuyến (trong cùng AS hoặc trong các AS khác) mà tiếp theo gói phải tới.
- **Metric:** Cho biết bao nhiêu bước nhảy (bộ định tuyến) gói tin phải đi qua để đến đích. Giá trị trường này nằm trong khoảng từ 1 đến 15; nếu giá trị này là 16 thì tuyến bị coi như không thể tới.

Khả năng tương thích với RIPv1

RIPv2 xử lý các cập nhật định tuyến một cách mềm dẻo. Nếu giá trị trường **Version** bằng 1 và tất cả các bit trong trường *Unused* được đặt là 1 thì gói bị huỷ bỏ. Nếu trường *Version* có giá trị lớn hơn 1 thì bộ định tuyến sẽ xử lý gói mà không cần quan tâm đến trường *Unused*. Do đó, RIPv2 tương thích với RIPv1.

RFC 1723 định nghĩa bốn tùy chọn tương thích để cho phép phối hợp hoạt động giữa RIPv2 và RIPv1:

1. **RIPv1**: chỉ phát đi những gói RIPv1.
2. **Tương thích RIPv1**: buộc RIPv2 phát quảng bá (thay vì phát đa hướng) gói để các bộ định tuyến chạy RIPv1 có thể nhận được.
3. **RIPv2**: phát đa hướng gói RIPv2 với địa chỉ đích là 224.0.0.9.

4. **Không**: không cập nhật nào được gửi đi.

RFC 1723 khuyến nghị các tùy chọn này phải được cấu hình trên cơ sở từng giao diện. Các lệnh được trình bày trong phần cấu hình RIPv2 sẽ thiết lập ba tùy chọn từ 1 đến 3. Tùy chọn 4 được thiết lập bằng lệnh **passive-interface.**

Ngoài ra, RFC 1723 còn định nghĩa 4 tùy chọn điều khiển quá trình nhận cập nhật định tuyến:

1. Chỉ RIPv1
2. Chỉ RIPv2
3. Cả hai
4. Không

Các tùy chọn này cũng được cấu hình trên cơ sở từng giao diện. Các lệnh trong phần cấu hình RIPv2 cho phép thiết lập 3 tùy chọn đầu; lệnh **access list** để lọc cổng nguồn 520 cho phép thiết lập tùy chọn 4.

Hỗ trợ định tuyến không phân lớp

RIPv2 là giao thức định tuyến không phân lớp, nghĩa là nó truyền thông tin về mặt nạ mạng con trong các gói cập nhật định tuyến. Điều này giúp tận dụng được cả những địa chỉ mạng toàn 0 hay toàn 1. Ví dụ, ta có thể phân biệt được địa chỉ mạng 172.16.0.0/24 và 172.16.0.0/16 cũng như địa chỉ quảng bá 172.16.255.255/16 và 172.16.255.255/24.

Theo mặc định, Cisco IOS không cho phép cấu hình mạng con toàn 0, ngay cả khi dùng giao thức định tuyến không phân lớp. Lệnh **ip subnet-zero** có thể được sử dụng để cho phép sử dụng mạng toàn 0. Một tính năng quan trọng của giao thức định tuyến không phân lớp là nó hỗ trợ VLSM và tổng hợp tuyến.

Chứng thực

Trong RIP phiên bản 2, chức năng chứng thực được thêm vào để bảo vệ thông báo. Tuy nhiên, không cần thêm các trường mới vào thông báo. Chứng thực giúp giao thức định tuyến loại bỏ được những thông tin định tuyến trái phép tấn công vào mạng, gây một số sự cố cho bộ định tuyến. RIPv2 cung cấp phương thức chứng thực nguồn thông tin cập nhật định tuyến nhờ gửi kèm mật khẩu chứng thực.

Chứng thực được hỗ trợ bằng cách thay đổi mục tuyến đầu tiên trong gói RIP (Hình 3.36). Do sử dụng một mục cho chứng thực nên số lượng mục tối đa trong gói RIP chỉ còn 24. Dấu hiệu nhận biết có chứng thực là: các bit của trường **Address Family Identifier** được đặt là 0xFFFF; trường **Authentication Type** được đặt là

0x0002 (chứng thực mật khẩu đơn giản) và 16 byte tiếp theo chứa mật khẩu (tối đa 16 chữ cái), nếu số chữ cái ít hơn 16 thì các byte cuối được lập về 0.

Hình 3.36: Mục đầu tiên của gói RIPv2 được sử dụng cho chứng thực

Hạn chế của RIPv2

Mặc dù đã cải tiến rất nhiều nhưng RIPv2 không thể khắc phục toàn bộ hạn chế của RIPv1 và nó vẫn là giao thức trong (IGP) chủ yếu được dùng cho những mạng nhỏ. Một số hạn chế của RIPv2 gồm:

- **Thiếu tuyến thay thế** – RIPv2 vẫn duy trì chế độ chỉ có một tuyến cho mỗi đích nên nếu tuyến này bị lỗi thì sẽ không có tuyến nào thay thế. Do đó, nó phải đợi đến khi cập nhật xong thông tin định tuyến thì mới tìm được tuyến để thay thế (Hình 3.37). Điều này có thể thu nhỏ bảng định tuyến nhưng có thể dẫn đến tình trạng mất gói tin do một tuyến nào đó bị lỗi mà không kịp thay thế.

Hình 3.37: Tuyến thay thế chỉ có khi cập nhật xong định tuyến

- **Đếm vô hạn** – RIPv2 sẽ tăng thêm giá trị số bước nhảy lên 1 sau khi đi qua một bộ định tuyến, điều này có thể gây lỗi nếu có vòng lặp định tuyến. Tuỳ thuộc vào khoảng thời gian định thời giữa hai lần cập nhật thông tin định tuyến mà thời gian để toàn mạng hội tụ là nhanh hay chậm. Thời gian hội tụ mạng càng lớn thì thời gian tồn tại của những tuyến đường lỗi càng lâu nên có thể dẫn đến vòng lặp định tuyến (Hình 3.38).

Hình 3.38: Đếm vô hạn xảy ra nếu có vòng lặp định tuyến

- **Tối đa là 15 bước nhảy** – Có lẽ giới hạn lớn nhất RIPv2 thừa hưởng từ RIPv1 là số bước nhảy tối đa mà một tuyến có thể đi qua là 15 (Hình 3.39). Nếu tăng đến 16 thì coi như tuyến này không có tác dụng. Điều này làm giới hạn quy mô mạng.

Hình 3.39: Số bước nhảy tối đa là 15

- **Metric tĩnh** – Giá trị metric mặc định là 1 và chỉ có thể thay đổi bởi người quản trị mạng. Giá trị này là cố định nên không phù hợp với những mạng đòi hỏi việc lựa chọn tuyến dựa trên các thông số về trễ, băng thông, tải, v.v.

3.4.5 Giao thức định tuyến OSPF

3.4.5.1 Giới thiệu

Giao thức OSPF (Open Shortest Path First) là một giao thức định tuyến trạng thái liên kết dựa trên các chuẩn mở. Giao thức này được đặc tả trong nhiều RFC và được ưa thích do khả năng định cỡ (scalability). Giao thức RIP không thể chạy trên mạng có 16 bước nhảy (hop). Nó hội tụ chậm và chọn tuyến tối ưu mà bỏ qua các tham số quan trọng, chẳng hạn như băng thông. OSPF giải quyết được những vấn đề này và chứng tỏ là một giao thức mạnh và có tính mở.

Do sử dụng kỹ thuật trạng thái liên kết, OSPF sẽ chọn tuyến đi qua kết nối tốc độ cao. Điều này là trái ngược với kỹ thuật vector khoảng cách được RIP sử dụng. RIP có thể chọn tuyến đi qua kết nối tốc độ thấp nếu số bước nhảy là nhỏ nhất. Các bộ định tuyến OSPF duy trì bức tranh chung về mạng và trao đổi thông tin liên kết lúc khám phá ban đầu hay khi có thay đổi về cấu hình mạng. Các bộ định tuyến trạng thái liên kết không quảng bá bảng định tuyến định kỳ như trong kĩ thuật vector khoảng cách. Trong khi RIP phù hợp cho các mạng nhỏ thì OSPF được thiết kế để giải quyết nhu cầu cho các liên mạng lớn.

Một số ưu điểm của OSPF gồm:

- **Tốc độ hội tụ:** Trong các mạng lớn, để RIP hội tụ có thể mất đến vài phút, vì toàn bộ bảng định tuyến của mỗi bộ định tuyến được chia sẻ với các bộ định tuyến kết nối trực tiếp. Với OSPF, thời gian hội tụ nhanh hơn, chỉ những thay đổi chứ không phải toàn bộ bảng định tuyến được gửi tới tất cả các bộ định tuyến trong mạng OSPF.
- **Hỗ trợ mặt nạ mạng con chiều dài biến thiên (VLSM):** RIPv1 là giao thức định tuyến phân lớp và không hỗ trợ VLSM. Trái lại, OSPF là giao thức định tuyến không phân lớp, nó hỗ trợ VLSM.

Chú ý: RIP v2 cũng hỗ trợ VLSM.

- **Kích thước mạng:** Trong môi trường RIP, một mạng nằm cách xa quá 15 bước nhảy được coi là không thể tới. Hạn chế này giới hạn kích thước của mạng RIP. Trái lại, OSPF gần như không có giới hạn về khoảng cách và phù hợp với mạng cỡ vừa và cỡ lớn.
- **Sử dụng băng thông:** Cứ định kỳ 30 giây, RIP quảng bá toàn bộ bảng định tuyến tới tất cả hàng xóm. Điều này đặc biệt gây cản trở cho các kết nối WAN tốc độ thấp. Trong khi đó, OSPF phát đa hướng một cập nhật định tuyến có kích thước tối thiểu và chỉ gửi cập nhật khi có thay đổi về tôpô mạng.

- **Chọn đường đi:** RIP chọn đường đi bằng cách so sánh số bước nhảy hay khoảng cách tới các bộ định tuyến khác. Nó không quan tâm tới lượng băng thông sẵn có của liên kết và độ trễ mạng. Trái lại, OSPF chọn tuyến tối ưu sử dụng "giá". Đây là một metric được tính dựa trên băng thông.
- **Nhóm thành viên**: RIP sử dụng tôpô phẳng, nghĩa là tất cả các bộ định tuyến thuộc cùng một mạng. Truyền thông giữa các bộ định tuyến nằm ở hai đầu xa của mạng phải di chuyển qua toàn bộ mạng. Như vậy, các thay đổi thậm trí chỉ trên một bộ định tuyến sẽ ảnh hưởng đến tất cả các thiết bị trong mạng RIP. Trái lại, OSPF sử dụng khái niệm "vùng" (area) và cho phép phân đoạn hiệu quả một mạng thành nhiều vùng, OSPF giới hạn lưu lượng bên trong vùng và ngăn các thay đổi trong một vùng ảnh hưởng đến các vùng khác. Sử dụng vùng cho phép mạng định cỡ hiệu quả hơn.

3.4.5.2 Các thuật ngữ OSPF

Giống như các giao thức định tuyến trạng thái liên kết khác, OSPF hoạt động khác nhiều so với giao thức vector khoảng cách. Bộ định tuyến trạng thái liên kết nhận diện và truyền thông với hàng xóm để thu thập thông tin về các bộ định tuyến trên mạng. Hệ thống thuật ngữ OSPF có thể được mô tả như sau (Hình 3.40):

- *Liên kết (Link)*: Kênh truyền thông mạng.
- *Trạng thái liên kết (Link state)*: Trạng thái của liên kết giữa hai bộ định tuyến.
- *Cơ sở dữ liệu tôpô (topology database) hay còn gọi là cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết (Link state database)*: Danh sách thông tin về tất cả các bộ định tuyến khác trong liên mạng. Nó cho biết tôpô của liên mạng. Mọi bộ định tuyến trong vùng phải có cùng cơ sở dữ liệu tôpô.
- *Vùng (Area)*: Tập hợp các mạng và bộ định tuyến có cùng số hiệu nhận dạng vùng. Mọi bộ định tuyến trong một vùng phải có cùng thông tin trạng thái liên kết. Bộ định tuyến bên trong vùng được gọi là bộ định tuyến trong.
- *Giá (Cost)*: Giá trị được gán cho liên kết. Ngoài số bước nhảy, giao thức trạng thái liên kết gán giá cho liên kết dựa trên tốc độ của phương tiện sử dụng.
- *Bảng định tuyến (Routing table)*: Chứa các tuyến tối ưu đến đích. Bảng định tuyến được tạo ra khi thuật toán SPF chạy trên cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết.
- *Cơ sở dữ liệu gần kề (Adjacencies database)*: Danh sách hàng xóm mà bộ định tuyến đã thiết lập truyền thông hai chiều.

- *DR (Designated Router) và BDR (Backup Designated Router)*: Để đơn giản hóa việc trao đổi thông tin định tuyến giữa nhiều hàng xóm trong cùng mạng, các bộ định tuyến OSPF có thể bầu một bộ định tuyến chỉ định (DR) và một bộ định tuyến chỉ định dự phòng (BDR) làm điểm trung tâm để trao đổi thông tin định tuyến.

Hình 3.40: Hệ thống thuật ngữ OSPF

3.4.5.3 Các trạng thái OSPF

Các bộ định tuyến OSPF thiết lập mối quan hệ hay trạng thái với các hàng xóm để chia sẻ hiệu quả thông tin định tuyến. Trái lại, các giao thức vector khoảng cách, chẳng hạn RIP, quảng bá hoặc phát đa hướng một cách mù quáng toàn bộ bảng định tuyến ra tất cả các giao diện, hy vọng rằng một bộ định tuyến nào đó sẽ nhận được. Theo mặc định, cứ định kỳ 30 giây, RIP bộ định tuyến gửi chỉ một loại gói. Gói này là bảng định tuyến đầy đủ. Trong khi đó, bộ định tuyến OSPF dựa trên 5 loại gói để nhận diện hàng xóm và để cập nhật thông tin định tuyến trạng thái liên kết (Bảng 3.6).

Bảng 3.6: 5 loại gói OSPF

Loại gói	Miêu tả
Loại 1 – Hello	Thiết lập và duy trì thông tin gần kề với hàng xóm.
Loại 2 – Database Description Packet (DBD)	Miêu tả nội dung của cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết trên một Bộ định tuyến OSPF.
Loại 3 – Link State Request (LSR)	Yêu cầu một phần thông tin cụ thể của cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết.
Loại 4 – Link State Update (LSU)	Truyền tải các LSA (Link State Advertisement) tới hàng xóm.

Loại 5 – Link State Acknowledgement (LSAck)	Xác nhận việc nhận LSA.

Trước khi tìm hiểu về 5 loại gói này, ta cần hiểu mối quan hệ hay trạng thái phát triển giữa các bộ định tuyến OSPF. Các giao diện OSPF có thể ở 1 trong 7 trạng thái. Mối quan hệ hàng xóm tiến triển qua những trạng thái này theo thứ tự sau:

1. **Trạng thái Down**

Ở trạng thái Down, OSPF không trao đổi thông tin với bất kỳ hàng xóm nào. OSPF đang đợi để chuyển sang trạng thái tiếp theo, trạng thái Init.

2. **Trạng thái Init**

Bộ định tuyến OSPF đều đặn gửi gói loại 1 (gói Hello) để thiết lập mối quan hệ với các bộ định tuyến hàng xóm. Khoảng cách giữa mỗi lần gửi thường là 10 giây. Khi một giao diện nhận được một gói Hello, bộ định tuyến sẽ chuyển sang chế độ Init. Điều này có nghĩa bộ định tuyến biết có hàng xóm ở phía bên kia và đang đợi để chuyển mối quan hệ sang trạng thái tiếp theo.

Có hai kiểu quan hệ là hai chiều và gần kề. Bộ định tuyến phải nhận một gói Hello từ hàng xóm trước khi nó có thể thiết lập bất kỳ mối quan hệ nào.

3. **Trạng thái Two-Way**

Mọi bộ định tuyến OSPF cố gắng thiết lập trạng thái truyền thông hai chiều với tất cả các bộ định tuyến khác trong cùng mạng IP bằng cách sử dụng gói Hello. Trong gói Hello có chứa một danh sách các hàng xóm OSPF đã biết. Khi bộ định tuyến thấy chính nó trong gói Hello của hàng xóm, nó chuyển sang trạng thái hai chiều.

Trạng thái hai chiều là mối quan hệ cơ bản nhất giữa các hàng xóm OSPF, nhưng thông tin định tuyến không được chia sẻ trong mối quan hệ này. Để học về trạng thái liên kết của các bộ định tuyến khác và cuối cùng là xây dựng bảng định tuyến, mọi bộ định tuyến OSPF phải hình thành ít nhất một quan hệ gần kề. Gần kề là mối quan hệ cao cấp giữa các bộ định tuyến OSPF sau khi trải qua một loại trạng thái, không chỉ dựa trên gói Hello mà còn dựa trên bốn loại gói OSPF khác. Các bộ định tuyến đang cố gắng trở thành gần kề trao đổi thông tin định tuyến với nhau ngay cả khi mối quan hệ gần kề chưa được thiết lập hoàn chỉnh. Bước đầu tiên để đến được trạng thái gần kề hoàn toàn là trạng thái ExStart.

4. **Trạng thái ExStart**

Về mặt kỹ thuật, khi bộ định tuyến và hàng xóm của nó chuyển vào chế độ ExStart thì hội thoại giữa chúng đã thể hiện một sự gần kề, nhưng chưa hoàn chỉnh. ExStart được thiết lập sử dụng gói miêu tả cơ sở dữ liệu (loại 2), gọi tắt là gói DBD.

Hai bộ định tuyến hàng xóm sử dụng gói Hello để đàm phán xem ai là "chủ" và ai là "tớ" trong mối quan hệ và sử dụng gói DBD để trao đổi cơ sở dữ liệu.

Bộ định tuyến có số hiệu OSPF cao hơn sẽ "thắng" và trở thành chủ. Số hiệu bộ định tuyến OSPF sẽ được trình bày ở phần sau. Khi các bộ định tuyến đã thiết lập vai trò chủ/tớ, chúng chuyển vào chế độ Exchange và bắt đầu gửi thông tin định tuyến.

5. **Trạng thái Exchange**

Trong trạng thái Exchange, các bộ định tuyến hàng xóm sử dụng các gói DBD loại 2 để gửi cho nhau thông tin trạng thái liên kết. Nói cách khác, các bộ định tuyến miêu tả cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết cho nhau. Các bộ định tuyến so sánh cái chúng học được với cái chúng có trong cơ sở dữ liệu. Nếu bộ định tuyến nhận được thông tin về một liên kết hiện không có trong cơ sở dữ liệu, bộ định tuyến yêu cầu một cập nhật đầy đủ từ hàng xóm. Thông tin định tuyến đầy đủ được trao đổi trong trạng thái Loading.

6. **Trạng thái Loading**

Sau khi cơ sở dữ liệu đã được miêu tả cho nhau, các bộ định tuyến có thể yêu cầu thông tin hoàn chỉnh hơn bằng cách sử dụng gói loại 3, gói yêu cầu trạng thái liên kết (LSR). Khi bộ định tuyến nhận được LSR, nó trả lời bằng một cập nhật định tuyến sử dụng gói loại 4, cập nhật trạng thái liên kết (LSU). Gói loại 4 này chứa các quảng báo trạng thái liên kết (LSA), đặc trưng của các giao thức định tuyến trạng thái liên kết. Gói LSU loại 4 được xác nhận sử dụng gói loại 5, xác nhận trạng thái liên kết (LSAck).

7. **Trạng thái Full Adjacency**

Khi hoàn thành trạng thái Loading, các bộ định tuyến trở thành gần kề hoàn chỉnh. Mỗi bộ định tuyến giữ một danh sách hàng xóm gần kề, được gọi là cơ sở dữ liệu gần kề. Không nên nhầm lẫn cơ sở dữ liệu gần kề với cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết hay cơ sở dữ liệu chuyển tiếp.

3.4.5.4 Các kiểu mạng OSPF

Quan hệ gần kề cần được thiết lập để các bộ định tuyến OSPF chia sẻ thông tin định tuyến, mỗi bộ định tuyến sẽ cố trở thành gần kề với ít nhất một bộ định tuyến khác trong mạng nó kết nối tới. Một số bộ định tuyến có thể cố trở thành gần kề với tất cả các bộ định tuyến hàng xóm, và một số khác có thể chỉ cố với một hoặc hai. Bộ định tuyến OSPF xác định những bộ định tuyến nào trở thành gần kề dựa trên kiểu mạng nào chúng được kết nối đến.

Các giao diện OSPF tự động nhận diện ba kiểu mạng: *đa truy nhập quảng bá*, *đa truy nhập không quảng bá (NBMA)* và *điểm-điểm* (Hình 3.41). Người quản trị có thể cấu hình kiểu thứ tư, mạng *điểm-đa điểm*.

Kiểu mạng quyết định cách các bộ định tuyến OSPF quan hệ với nhau. Trong một số trường hợp, người quản trị có thể phải thay đổi kiểu mạng tự động khám phá để OSPF hoạt động đúng đắn.

Hình 3.41: Các kiểu mạng OSPF

Một số mạng được định nghĩa là đa truy nhập vì không thể dự đoán trước có bao nhiêu bộ định tuyến kết nối với chúng (có thể có một, hai hoặc nhiều bộ định tuyến). Rất có thể có một số lượng lớn bộ định tuyến trong mạng đa truy nhập. Do vậy, để tránh lưu lượng cập nhập định tuyến quá lớn trong trường hợp mọi bộ định tuyến đều có quan hệ gần kề với nhau, các nhà thiết kế OSPF đã phát triển một hệ thống nhằm giới hạn số lượng bộ định tuyến trở thành gần kề với nhau. Hệ thống này quy định ra hai bộ định tuyến đặc biệt là bộ định tuyến chỉ định và chỉ định dự phòng (Hình 3.42).

Hình 3.42: Bộ định tuyến chỉ định và chỉ định dự phòng

Chức năng của các bộ định tuyến chỉ định và chỉ định dự phòng như sau:

- **Bộ định tuyến chỉ định (Designated bộ định tuyến - DR):** Trong mọi mạng IP quảng bá, một bộ định tuyến sẽ được bầu làm DR. DR có hai chức năng chính. Chức năng thứ nhất là trở thành gần kề với tất cả các bộ định tuyến khác trên mạng. Chức năng thứ hai là hoạt động như người đại diện cho mạng. Nghĩa là DR sẽ gửi LSA của mạng cho tất cả các mạng IP khác. Do DR trở thành gần kề với tất cả các bộ định tuyến khác trong mạng nên nó là điểm trung tâm để thu lượm thông tin định tuyến (LSA).
- **Bộ định tuyến chỉ định dự phòng (Backup Designated Router - BDR):** Do DR có thể bị lỗi nên một bộ định tuyến khác cần được bầu là BDR để dự phòmg. BDR cũng phải trở thành gần kề với tất cả các bộ định tuyến trong mạng và do vậy nó là điểm trung tâm thứ hai cho các LSA. Tuy nhiên, không giống DR, BDR không có trách nhiệm cập nhật định tuyến với các bộ định tuyến khác hoặc gửi LSA mạng. Thay vào đó, BDR giữ một bộ định thời đối với hành động cập nhật của DR để chắc chắn rằng DR vẫn đang hoạt động. Nếu BDR không phát hiện thấy hoạt động từ DR trước khi bộ định thời hết hạn, BDR chiếm vai trò của DR và một BDR khác được bầu.

Trong mạng điểm-điểm, chỉ có 2 bộ định tuyến nên không cần thiết có điểm trung tâm để cập nhật định tuyến. Khi đó không có DR hay BDR nào được bầu mà cả hai bộ định tuyến là gần kề của nhau.

3.4.5.5 Giao thức Hello

Khi bộ định tuyến khởi động tiến trình định tuyến OSPF trên một giao diện, nó gửi đi gói Hello đầu tiên sau đó tiếp tục gửi tại các khoảng thời gian đều đặn. Các luật chi phối việc trao đổi gói Hello được gọi là giao thức Hello.

Địa chỉ tầng 3 đặt trong gói Hello là địa chỉ đa hướng 224.0.0.5. Địa chỉ này chỉ tất cả các bộ định tuyến OSPF. Bộ định tuyến OSPF sử dụng gói Hello để khởi tạo các mối quan hệ gần kề mới và để đảm bảo rằng mối quan hệ gần kề vẫn được duy trì. Theo mặc định, cứ 10 giây gói Hello được gửi một lần trên các mạng điểm-điểm và đa truy nhập. Trên các giao diện nối với mạng NBMA, chẳng hạn Frame Relay, gói Hello được gửi 30 giây một lần.

Mặc dù có kích thước nhỏ, thường nhỏ hơn 50 byte, nhưng gói Hello chứa đựng nhiều thông tin quan trọng. Giống như các kiểu gói OSPF khác, gói Hello chứa một tiêu đề gói OSPF, bao gồm các trường được chỉ ra trên Hình 3.43.

Version	Type	Packet length
Router ID		
Area ID		
Checksum		Authentication Type
Authentication Data		

Hình 3.43: Tiêu đề gói OSPF

Chức năng các trường trong tiêu đề gói OSPF như sau:

- **Version**: Trường 8 bit này định nghĩa phiên bản của giao thức OSPF. Phiên bản hiện sử dụng là phiên bản 2.
- **Type**: Trường 8 bit này định nghĩa loại gói. Như đã nói ở trên, có 5 loại gói với các giá trị từ 1 đến 5.
- **Packet length**: Trường 16 bit này định nghĩa chiều dài tổng của gói kể cả phần tiêu đề.
- **Bộ định tuyến ID**: Trường 32 bit này định nghĩa địa chỉ IP của bộ định tuyến gửi gói.
- **Area ID**: Trường 32 bit này định nghĩa vùng thực hiện định tuyến.
- **Checksum**: Trường 16 bit này chứa mã kiểm tra lỗi cho toàn bộ gói trừ phần *loại chứng thực* và *chứng thực*.
- **Authentication type**: Trường 16 bit này định nghĩa phương pháp chứng thực được sử dụng trong vùng. Hiện nay, chỉ có hai loại chứng thực được định nghĩa là 0 (không chứng thực) và 1 (chứng thực mật khẩu).
- **Authentication data**: Trường 64 bit này là giá trị thực của dữ liệu chứng thực. Trong tương lai, khi có nhiều loại chứng thực được định nghĩa, trường này sẽ chứa kết quả của tính toán chứng thực. Hiện nay, nếu loại chứng thực là 0, trường này được điền toàn bit 0. Nếu loại chứng thực là 1, trường này chứa một mật khẩu 8 ký tự.

Nằm sau phần tiêu đề chung là phần tiêu đề của gói Hello, như minh họa ở Hình 3.44.

Tiêu đề chung (24 byte; Loại = 1)				
Network mask				
Hello Interval	All 0	E	T	Router priority
Dead interval				
Designated router				
Backup Designated router				
Neighbor (có thể có nhiều neighbor)				

Hình 3.44: Định dạng dạng gói Hello

Chức năng các trường trong tiêu đề gói Hello như sau:

- **Network mask**: Trường 32 bit này định nghĩa mặt nạ của mạng mà qua đó gói Hello được gửi.
- **Hello Interval**: Trường 16 bit này định nghĩa khoảng thời gian (tính bằng giây) giữa các gói Hello.
- **Cờ E**: Khi cờ 1 bit này được thiết lập, có nghĩa đây là Vùng Stub (vùng chỉ có một kết nối tới vùng đường trục).
- **Cờ T**: Khi cờ 1 bit này được thiết lập, nghĩa là bộ định tuyến này hỗ trợ nhiều metric.
- **Router Priority**: Trường 8 bit này định nghĩa độ ưu tiên của bộ định tuyến. Độ ưu tiên của bộ định tuyến được sử dụng để chọn bộ định tuyến chỉ định. Sau khi tất cả các bộ định tuyến đã khai báo độ ưu tiên của mình, bộ định tuyến có độ ưu tiên cao nhất được chọn làm bộ định tuyến chỉ định. Nếu giá trị của trường này bằng 0, nghĩa là bộ định tuyến này không muốn được chọn là bộ định tuyến chỉ định hoặc bộ định tuyến chỉ định dự phòng.
- **Dead Interval**: Trường 32 bit này định nghĩa khoảng thời gian (tính bằng giây) trước khi một bộ định tuyến cho rằng hàng xóm của nó không hoạt động.
- **Designated Router Address**: Trường 32 bit này là địa chỉ IP của bộ định tuyến chỉ định cho mạng mà qua đó gói được gửi.
- **Backup Designated Router Address**: Trường 32 bit này là địa chỉ IP của bộ định tuyến chỉ định dự phòng cho mạng mà qua đó gói được gửi.
- **Neighbor Address**: Trường 32 bit này được lặp và chỉ rõ các bộ định tuyến đã đồng ý là hàng xóm cuả bộ định tuyến đang gửi. Nói cách khác nó là danh sách hàng xóm hiện thời.

3.4.5.6 Hoạt động của OSPF

Các bộ định tuyến OSPF hoạt động qua năm bước phân biệt sau:

1. Thiết lập mối quan hệ gần kề
2. Bầu DR và BDR (nếu cần)
3. Khám phá tuyến
4. Chọn tuyến tối ưu
5. Duy trì bảng định tuyến

Bước 1 – Thiết lập mối quan hệ gần kề

Bước đầu tiên bộ định tuyến thực hiện là thiết lập mối quan hệ gần kề. Trong ví dụ trên Hình 3.45, mỗi bộ định tuyến cố gắng trở thành gần kề với các bộ định tuyến khác thuộc cùng mạng IP.

Hình 3.45: Các bộ định tuyến thiết lập mối quan hệ gần kề

Để trở thành gần kề với bộ định tuyến khác, RTB gửi gói Hello để quảng cáo bộ định tuyến ID của mình. Do không có địa chỉ loopback nào được thiết lập, nên RTB chọn địa chỉ IP cao nhất 10.6.0.1 là bộ định tuyến ID. Giả sử rằng RTB được cấu hình đúng, nó phát đa hướng gói Hello ra cả giao diện S0 và E0. Do vậy, cả RTA và RTC đều nhận được gói Hello. Hai bộ định tuyến này sẽ thêm RTB vào trường Neighbor ID của gói Hello tương ứng và chuyển sang chế độ Init.

Một lúc sau, RTB nhận được gói Hello của cả hai hàng xóm và nhìn thấy ID của nó, 10.6.0.1, trong trường Neighbor ID. RTB khai báo trạng thái hai chiều giữa nó và RTA, RTB. Lúc này, RTB quyết định sẽ thiết lập mối quan hệ gần kề với bộ định tuyến nào dựa trên loại mạng mà giao diện của nó nối tới. Nếu mạng là điểm-điểm, bộ định tuyến trở thành gần kề với duy nhất bộ định tuyến ở phía bên kia. Nếu mạng là đa truy nhập, RTB chuyển vào quá trình bầu DR và BDR nếu chưa có DR và BDR nào được bầu. Nếu không cần bầu DR và BDR, bộ định tuyến sẽ chuyển sang trạng thái ExStart, như miêu tả ở phần Bước 3 – Khám phá tuyến.

Bước 2 – Chọn DR và BDR

Do mạng đa truy nhập có thể hỗ trợ nhiều hơn hai bộ định tuyến, nên OSPF phải bầu DR để làm điểm trung tâm của các cập nhật trạng thái liên kết và LSA. Vai trò của DR là không thể thiếu, do vậy BDR được bầu để dự phòng cho DR. Nếu DR lỗi thì BDR sẽ đảm nhận nhiệm vụ.

Giống như bất kỳ quá trình bầu nào, quá trình bầu DR và BDR cũng có thể có "gian lận" để làm thay đổi kết quả. Việc "bỏ phiếu kín" được thực hiện nhờ gói Hello, chứa trường ID và priority của bộ định tuyến. Bộ định tuyến có giá trị priority lớn nhất sẽ thắng cử và trở thành DR. Bộ định tuyến với giá trị priority cao thứ hai sẽ được bầu làm BDR. Khi DR và BDR đã được chọn, chúng sẽ giữ đúng vai trò cho đến khi một trong hai bị lỗi, ngay cả khi có một bộ định tuyến mới với giá trị priority cao hơn ra nhập mạng. Khi đó, gói Hello thông báo cho bộ định tuyến mới về DR và BDR hiện có.

Theo mặc định, tất cả các bộ định tuyến OSPF đều có cùng priority là 1. Giá trị priority có thể gán cho giao diện nằm trong khoảng từ 0 đến 255. Priority 0 ngăn bộ định tuyến thắng cử trên giao diện đó. Nếu giá trị priority bằng nhau thì trường *Router ID* được sử dụng để phân định. Bộ định tuyến có *Router ID* cao hơn sẽ thắng. *Router ID* có thể được điều chỉnh bằng cách cấu hình một địa chỉ trên giao diện loopback. Tuy nhiên, cách thường sử dụng là thay đổi priority trên giao diện.

Trong mạng ví dụ ở Hình 3.46, RTB và RTC được kết nối bằng PPP qua liên kết điểm-điểm. Do đó không cần DR trên mạng 10.6.0.0/16. Vì mạng 10.4.0.0/16 và 10.5.0.0/16 là mạng Ethernet đa truy nhập nên có khả năng kết nối nhiều hơn 2 bộ định tuyến. Ngay cả trường hợp chỉ có một bộ định tuyến kết nối thì vẫn cần bầu DR vì rất có thể sẽ có thêm các bộ định tuyến được nối vào mạng. Do đó, DR phải được bầu trên cả 10.4.0.0/16 và 10.5.0.0/16.

Hình 3.46: Quá trình bầu DR và BDR chỉ được thực hiện trên mạng đa truy nhập

Lưu ý rằng DR và BDR được chọn trên từng mạng. Một vùng OSPF có thể chứa nhiều hơn một mạng IP. Do vậy, mỗi vùng có thể có nhiều DR và BDR. Trong ví dụ trên, RTA đóng cả vai trò là DR và BDR vì nó là bộ định tuyến duy nhất trên mạng

10.4.0.0/16, RTA tự ứng cử là DR. Ngoài ra, RTA có thể tham gia bầu trên mạng 10.5.0.0/16 và do đó trở thành BDR cho mạng này. Mặc dù cả RTA và RTB đều có cùng giá trị ưu tiên, nhưng RTA có bộ định tuyến ID cao hơn nên thắng (10.5.0.2 so với 10.5.0.1).

Sau khi bầu xong và truyền thông hai chiều được thiết lập, các bộ định tuyến sẵn sàng chia sẻ thông tin định tuyến với các bộ định tuyến gần kề để xây dựng bảng cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết. Quá trình này được trình bày ở bước tiếp theo.

Bước 3 – Khám phá tuyến

Trên một mạng đa truy nhập, việc trao đổi thông tin định tuyến được thực hiện giữa DR hoặc BDR với tất cả các bộ định tuyến khác trên mạng. Là DR và BDR trên mạng 10.5.0.0 /16, RTA và RTB sẽ trao đổi thông tin trạng thái liên kết. Cả các bộ định tuyến trên các liên kết điểm-điểm hoặc điểm-đa điểm cũng tham gia trao đổi. Nghĩa là RTB và RTC sẽ trao đổi thông tin trạng thái liên kết.

Tuy nhiên, câu hỏi đặt ra là ai sẽ bắt đầu trước. Câu hỏi này được trả lời trong giai đoạn đầu tiên của quá trình trao đổi, trạng thái ExStart. Mục đích của ExStart là thiết lập mối quan hệ chủ/tớ giữa hai bộ định tuyến. Bộ định tuyến chủ sắp đặt việc trao đổi thông tin trạng thái liên kết, trong khi bộ định tuyến tớ trả lời yêu cầu từ phía bộ định tuyến chủ. RTB tham gia vào quá trình này với cả RTC và RTA.

Hình 3.47: Các bước trao đổi để đến được trạng thái Full

Sau khi các bộ định tuyến xác định được vai trò là chủ hay tớ, chúng chuyển sang chế độ Exchange. Chủ dẫn dắt tớ thông qua quá trình trao đổi các DBD miêu tả cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết tổng quát của mỗi bộ định tuyến. Các miêu tả này bao gồm

loại trạng thái liên kết, địa chỉ của bộ định tuyến quảng cáo, giá của liên kết và số trình tự.

Bộ định tuyến xác nhận việc nhận DBD bằng cách gửi gói LSAck (Loại 5). Mỗi bộ định tuyến so sánh thông tin nó nhận được trong DBD với thông tin chúng đang có. Nếu BDB quảng cáo một trạng thái liên kết mới, bộ định tuyến sẽ chuyển sang trạng thái Loading bằng cách gửi gói LSR (Loại 3) về mục mới này. Để trả lời cho LSR, bộ định tuyến gửi thông tin trạng thái liên kết đầy đủ, sử dụng gói LSU (loại 4). Mỗi LSU mang nhiều LSA.

Khi trạng thái Loading hoàn thành, các bộ định tuyến có mối quan hệ gần kề hoàn chỉnh và chuyển vào trạng thái Full. Hình 3.47 chỉ ra rằng RTB lúc này gần kề với RTA và RTC. Các bộ định tuyến gần kề phải ở trạng thái Full trước khi chúng có thể tạo bảng định tuyến và định tuyến lưu lượng. Lúc này tất cả các bộ định tuyến hàng xóm phải có cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết giống nhau.

Bước 4 – Chọn tuyến tối ưu

Sau khi bộ định tuyến đã có cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết hoàn chỉnh, nó xây dựng bảng định tuyến và sau đó chuyển tiếp lưu lượng. Như đã đề cập ở trước, OSPF sử dụng giá trị metric được gọi là giá. Giá này được sử dụng để xác định tuyến tốt nhất đến đích, như chỉ ra ở Hình 3.48. Giá mặc định dựa trên băng thông của phương tiện. Nói chung, kết nối có tốc độ cao thì giá thấp. Ví dụ, giao diện Ethernet 10 Mb/s được sử dụng bởi RTB có giá thấp hơn kết nối T1 vì 10 Mb/s nhanh hơn 1.544 Mb/s.

Hình 3.48: Tuyến tốt nhất được chọn và đưa vào bảng định tuyến

Để tính toán giá thấp nhất tới đích, RTB sử dụng giải thuật đường đi ngắn nhất (SPF). Một cách đơn giản, giải thuật SPF cộng dồn các giá của liên kết giữa bộ định tuyến cục bộ, gọi là gốc, và mỗi mạng đích. Nếu có nhiều tuyến tới đích, tuyến có giá thấp nhất được chọn. Mặc định, OSPF giữ 4 tuyến cùng giá trong bảng định tuyến để thực hiện chia tải.

Đôi khi một liên kết, chẳng hạn đường nối tiếp, sẽ "up" rồi "down" rất nhanh. Trạng thái này được gọi là "chập chờn" (flapping). Nếu liên kết "chập chờn" gây ra việc tạo LSU thì các bộ định tuyến nhận được những cập nhật này phải chạy lại giải

thuật SPF để tính toán tuyến. Nếu kéo dài có thể ảnh hưởng đến hiệu năng mạng. Các tính toán SPF lặp đi lặp lại có thể làm tốn quá nhiều năng lực CPU của bộ định tuyến. Ngoài ra, các cập nhật không đổi có thể ngăn cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết hội tụ.

Để giải quyết vấn đề này, Cisco IOS sử dụng bộ định thời giữ SPF (SPF hold timer). Sau khi nhận một LSU, bộ định thời giữ SPF xác định khoảng thời gian đợi trước khi chạy giải thuật SPF. Lệnh **timers spf** cho phép điều chỉnh khoảng thời gian này, giá trị mặc định là 10 giây.

Sau khi RTB đã chọn được các tuyến tốt nhất sử dụng giải thuật SPF, nó chuyển sang giai đoạn cuối cùng trong hoạt động OSPF.

Bước 5 – Duy trì thông tin định tuyến

Khi bộ định tuyến OSPF đã cài đặt tuyến trong bảng định tuyến, nó phải thường xuyên duy trì thông tin định tuyến. Khi có thay đổi ở một trạng thái liên kết, OSPF sử dụng tiến trình tràn ngập (flooding) để thông báo cho các bộ định tuyến khác trên mạng về sự thay đổi. Trường khoảng thời gian Dead trong gói Hello cung cấp một cơ chế đơn giản để khai báo liên kết không hoạt động. Nếu RTB không nghe được thông tin từ RTA trong khoảng thời gian vượt quá thời gian Dead, thường là 40 giây, RTB khai báo kết nối với RTA không hoạt động.

Công việc tiếp theo của RTB là gửi gói LSU chứa thông tin trạng thái liên kết mới. Nhưng vấn đề là gửi tới ai?

- Trên mạng điểm-điểm, không có DR và BDR. Thông tin trạng thái liên kết được gửi tới địa chỉ đa hướng 224.0.0.5. Mọi bộ định tuyến OSPF đều nghe ở địa chỉ này.
- Trên mạng đa truy nhập, DR và BDR tồn tại và duy trì quan hệ gần kề với tất cả các bộ định tuyến trên mạng. Nếu DR hoặc BDR muốn gửi cập nhật trạng thái liên kết, nó sẽ gửi tới tất cả bộ định tuyến OSPF ở địa chỉ 224.0.0.5. Tuy nhiên, các bộ định tuyến khác trên mạng chỉ gần kề với DR và BDR và do đó chỉ cần gửi LSU đến những bộ định tuyến này. Do vậy, DR và BDR có địa chỉ là 224.0.0.6.

Khi DR nhận và xác nhận LSU có đích là 224.0.0.6, nó gửi tràn ngập LSU tới tất cả các bộ định tuyến OSPF trên mạng tại địa chỉ 224.0.0.5. Mỗi bộ định tuyến xác nhận việc nhận LSU bằng gói LSAck. Nếu bộ định tuyến OSPF kết nối tới một mạng đa truy nhập khác, nó gửi tràn ngập LSU tới mạng khác bằng cách chuyển tiếp LSU tới DR của mạng đó. Nó cũng có thể gửi tràn ngập LSU tới một bộ định tuyến gần kề trong mạng điểm-điểm. DR phát đa hướng LSU tới các bộ định tuyến OSPF khác trên mạng này.

Khi nhận được LSU chứa thông tin mới, bộ định tuyến OSPF cập nhật cơ sở dữ liệu trạng thái liên kết. Sau đó chạy giải thuật SPF sử dụng thông tin mới để tính toán lại bảng định tuyến. Sau khi bộ định thời giữ SPF hết hạn, bộ định tuyến chuyển sang bảng định tuyến mới. Trong thời gian giải thuật SPF đang tính toán lại tuyến mới, tuyến cũ sẽ được sử dụng để định tuyến dữ liệu.

Điều quan trọng cần chú ý là thậm chí không có thay đổi trong trạng thái liên kết thì thông tin định tuyến OSPF vẫn được làm tươi thường kỳ. Mỗi mục LSA đều có bộ định thời "tuổi", với giá trị mặc định là 30 giây. Sau khi tuổi của mục LSA hết hạn, bộ định tuyến đã tạo mục này sẽ gửi lại LSU tới mạng để chắc chắn rằng liên kết vẫn hoạt động.

3.4.6 Giao thức định tuyến BGP

3.4.6.1 Khái niệm hệ tự trị

Liên mạng được hình thành bằng cách kết nối các mạng nhỏ hơn, độc lập với nhau. Mỗi mạng nhỏ này được sở hữu và điều khiển bởi một tổ chức khác nhau. Các tổ chức này có thể là một công ty, một trường đại học, một tổ chức chính phủ hoặc một nhóm người nào đó. Internet chính là một ví dụ về một liên mạng.

Các nhà quản lý của các mạng riêng lẻ đều mong muốn sự độc lập hay sự tự trị trên mạng của họ. Tuy nhiên, các chính sách định tuyến và bảo mật của mỗi tổ chức có thể xung đột với các chính sách của các tổ chức khác, do đó liên mạng được chia thành các miền hay các hệ tự trị (AS). Mỗi AS đại diện cho một tổ chức độc lập và áp dụng các chính sách định tuyến và bảo mật của riêng nó. Giao thức định tuyến ngoài sẽ hỗ trợ việc chia sẻ thông tin định tuyến giữa các hệ tự trị (Hình 3.49).

Hình 3.49: Hệ tự trị

Mỗi AS là một nhóm các bộ định tuyến có cùng chính sách định tuyến và hoạt động trong một miền quản trị đơn lẻ. Mỗi AS có thể là một nhóm các bộ định tuyến cùng sử dụng một giao thức định tuyến trong, hoặc cũng có thể là tập hợp các bộ định tuyến sử dụng nhiều giao thức định tuyến trong khác nhau nhưng đều thuộc một tổ

chức. Trong bất cứ trường hợp nào, thế giới bên ngoài cũng chỉ thấy toàn bộ hệ tự trị như một thực thể đơn nhất.

Mỗi AS có một số nhận dạng do cơ quan đăng ký Internet hoặc một nhà cung cấp dịch vụ ấn định. Số này phải là số nằm trong khoảng 1 đến 65.535. Các số AS nằm trong khoảng 64.512 đến 65.535 được dành riêng cho sử dụng cá nhân. Điều này cũng tương tự như đối với các địa chỉ IP riêng. Do số các số nhận dạng AS là hữu hạn nên mỗi tổ chức phải chứng minh được nhu cầu của học trước khi được ấn định một số AS.

Hiện nay, IANA (Internet Assigned Numbers Authority) đang thực thi chính sách cho phép các tổ chức có kết nối tới chỉ một nhà cung cấp và sử dụng chung chính sách định tuyến với nhà cung cấp đó được sử dụng số AS riêng, nghĩa là từ 64.512 đến 65.535. Các số AS riêng này chỉ được sử dụng trong mạng của nhà cung cấp và được thay thế bằng các số đã đăng ký của nhà cung cấp khi ra ngoài mạng. Vì vậy, đối với thế giới bên ngoài, một số mạng riêng lẻ được coi là một phần của mạng nhà cung cấp dịch vụ. Về mặt nguyên lý, quá trình này tương tự như NAT.

Hệ tự trị đơn kết nối

Nếu AS có duy nhất một điểm nối ra mạng ngoài, nó được gọi là hệ đơn kết nối (single-homed). Các hệ đơn nối thường được xem là các mạng cụt. Mạng cụt có thể dựa vào tuyến mặc định để xử lý tất mọi lưu lượng ra mạng ngoài. Đối với mạng được minh họa trong Hình 3.50, các bộ định tuyến trong AS khách hàng được cấu hình để sử dụng một tuyến mặc định đến nhà cung cấp dịch vụ.

Hình 3.50: Hệ tự trị đơn kết nối

Dưới đây là 3 phương pháp để quảng cáo các mạng của khách hàng đứng từ phía nhà cung cấp:

- **Sử dụng cấu hình tĩnh** - Nhà cung cấp liệt kê danh sách mạng khách hàng như các mục tĩnh trong bộ định tuyến của họ và quảng cáo các tuyến này lên mạng lõi Internet. Phương pháp này hoạt động tốt nếu các mạng của khách hàng có thể tổng hợp sử dụng một tiền tố CIDR. Tuy nhiên, nếu AS gồm các mạng không liền kề nhau thì việc tổng hợp tuyến không thực hiện được.

- **Sử dụng một giao thức định tuyến trong (IGP):** Cả khách hàng và nhà cung cấp sử dụng một IGP để chia sẻ thông tin về mạng của khách hàng. Phương pháp này có được những lợi ích gắn với định tuyến động.
- **Sử dụng một giao thức định tuyến ngoài (EGP):** Ở phương pháp này, ISP sử dụng một EGP, chẳng hạn BGP, để học và quảng bá các tuyến của khách hàng. Trong hệ tự trị đơn kết nối, chính sách định tuyến của khách hàng là sự mở rộng chính sách của nhà cung cấp. Do đó, nhà cung cấp có thể gán cho khách hàng một số AS riêng (từ 64.512 đến 65.535). Nhà cung cấp sẽ loại bỏ những số này khi khai báo các tuyến của khách hàng đối với lõi Internet.

Lưu ý rằng phương pháp thứ ba yêu cầu bộ định tuyến của khách hàng chạy BGP.

Hệ tự trị đa kết nối không chuyển tiếp

Một AS là hệ thống đa kết nối (multihomed) nếu nó có nhiều hơn một điểm nối ra mạng bên ngoài. Một AS được kết nối với Internet có thể là đa kết nối đối với một hoặc nhiều nhà cung cấp. AS không chuyển tiếp (nontransit) không cho phép lưu lượng chuyển tiếp đi qua nó. Lưu lượng chuyển tiếp là lưu lượng có nguồn và đích nằm bên ngoài AS. Hình 3.51 minh họa AS đa kết nối và không chuyển tiếp (AS 24). AS này được kết nối tới 2 nhà cung cấp ISP 1 và ISP 2.

Hình 3.51: Hệ tự trị đa kết nối không chuyển tiếp

AS không chuyển tiếp chỉ quảng cáo tuyến của nó tới những nhà cung cấp mà nó kết nối đến. Nó không quảng cáo các tuyến học được từ nhà cung cấp này đến nhà cung cấp kia. Điều này để chắc chắn rằng ISP1 sẽ không sử dụng AS24 để đi đến các đích thuộc ISP2 và ISP2 sẽ không sử dụng AS24 để đi đến các đích thuộc ISP1. Tất nhiên, ISP1 hoặc ISP2 có thể buộc lưu lượng định tuyến trực tiếp tới AS24 thông qua định tuyến tĩnh hoặc mặc định. Để chống lại điều này, bộ định tuyến tại biên của AS 24 được cấu hình để lọc lưu lượng chuyển tiếp đi qua.

Hệ tự trị đa kết nối chuyển tiếp

Hệ tự trị đa kết nối chuyển tiếp là hệ có nhiều hơn một kết nối tới mạng ngoài và có thể được sử dụng để chuyển tiếp lưu lượng tới các hệ tự trị khác (Hình 3.52).

Hình 3.52: Hệ tự trị đa kết nối chuyển tiếp

AS chuyển tiếp có thể định tuyến lưu lượng chuyển tiếp bằng cách chạy BGP trong, nhờ vậy các bộ định tuyến biên trong cùng AS có thể chia sẻ thông tin BGP. Có thể sử dụng thêm các bộ định tuyến phụ để chuyển tiếp thông tin BGP từ bộ định tuyến biên này đến bộ định tuyến biên khác. BGP có thể chạy bên trong AS để thực hiện việc trao đổi thông tin này.

Khi BGP chạy bên trong AS, nó được gọi BGP trong (Internal BGP). Khi BGP chạy giữa các hệ tự trị, nó được gọi là BGP ngoài (External BGP). Nếu vai trò của BGP bộ định tuyến là định tuyến lưu lượng IBGP, nó được gọi là bộ định tuyến chuyển tiếp. Các bộ định tuyến nằm ở biên của AS và sử dụng EBGP để trao đổi thông tin với ISP được gọi là bộ định tuyến biên.

Khi nào không sử dụng BGP

Trong nhiều trường hợp, chính sách định tuyến trong AS nhất quán với chính sách của ISP. Trong những trường hợp này, không cần sử dụng BGP để trao đổi thông tin định tuyến với ISP. Thay vào đó, việc kết nối có thể thông qua sự kết hợp giữa các tuyến tĩnh và các tuyến mặc định.

Không sử dụng BGP bên trong AS trong các trường hợp sau:

- Chỉ có duy nhất một kết nối tới Internet hoặc AS khác.
- Chính sách định tuyến trên Internet và việc lựa chọn tuyến không liên quan đến AS.
- Các bộ định tuyến không có đủ RAM và năng lực xử lý đủ mạnh để chạy BGP.

- Không hiểu rõ về lọc tuyến và quá trình lựa chọn tuyến BGP.
- Tuyến liên kết giữa các hệ tự trị có băng thông thấp.

Hình 3.53: Chỉ sử dụng BGP khi chính sách định tuyến khác với ISP

Trong Hình 3.53, bộ định tuyến A quảng cáo một mạng mặc định vào AS thông qua một giao thức trong, ví dụ như RIP. Một tuyến tĩnh sẽ tạo kết nối thông qua bộ định tuyến B tới AS. ISP đang chạy BGP và được nhận diện bởi các BGP bộ định tuyến khác trên Internet. Nói chung, hệ tự trị chỉ nên chạy BGP khi có chính sách định tuyến khác với chính sách định tuyến của ISP.

3.4.6.2 Hoạt động của BGP

Cập nhật định tuyến BGP

BGP được định nghĩa trong RFC 1772. Chức năng của BGP là trao đổi thông tin định tuyến giữa các hệ tự trị và đảm bảo việc lựa chọn một đường đi không vòng lặp. BGPv4 là phiên bản đầu tiên của BGP hỗ trợ CIDR và tổng hợp tuyến. Các giao thức định tuyến trong phổ biến như RIP, OSPF và EIGRP sử dụng metric để chọn tuyến tối ưu. BGP không sử dụng metric. Thay vào đó, nó đưa ra quyết định định tuyến dựa trên chính sách.

Các cập nhật BGP được truyền đi bằng cách sử dụng TCP trên cổng 179. Ngược lại, các cập nhật RIP được truyền đi bằng cách sử dụng UDP trên cổng 520, trong khi OSPF không sử dụng giao thức lớp 4. Do BGP dùng TCP, nên giữa các BGP bộ định tuyến phải có kết nối IP. Kết nối TCP phải được thiết lập trước khi trao đổi cập nhật định tuyến. Do vậy BGP thừa hưởng đặc tính hướng kết nối và tin cậy từ TCP.

Hình 3.54: Đường đi AS

Để đảm bảo việc lựa chọn đường đi không vòng lặp, BGP xây dựng đồ thị về các hệ tự trị dựa vào thông tin được trao đổi giữa các BGP hàng xóm. BGP coi toàn bộ mạng như một đồ thị (cây) hệ tự trị. Kết nối giữa hai hệ tự trị bất kỳ tạo nên một đường đi trong đồ thị. Thông tin về đường đi được biểu diễn bằng một chuỗi các số nhận dạng AS và được gọi là đường đi AS. Chuỗi này tạo thành một tuyến tới một đích xác định (Hình 3.54).

Hàng xóm BGP

Hai bộ định tuyến BGP được gọi là hàng xóm hoặc đồng đẳng khi có một kết nối BGP qua TCP được thiết lập giữa chúng. Các bộ định tuyến hàng xóm trao đổi nhiều gói để thiết lập và xác nhận các tham số của kết nối, ví dụ như phiên bản của BGP (Hình 3.55). Nếu có bất kỳ sự không thống nhất nào giữa các bộ định tuyến hàng xóm, thông báo lỗi được gửi đi và kết nối bị hủy bỏ.

Hình 3.55: Thiết lập phiên hàng xóm

Khi các bộ định tuyến hàng xóm thiết lập thành công kết nối, chúng trao đổi với nhau tất cả các tuyến hiện có. Sau bước trao đổi ban đầu này, bản tin cập nhật được gửi đi mỗi khi mạng có sự thay đổi (Hình 3.56). Cập nhật gia tăng (chỉ gửi những thông tin thay đổi) hiệu quả hơn việc gửi toàn bộ bảng định tuyến. Điều này đặc biệt đúng với bộ định tuyến BGP vì chúng có thể chứa bảng định tuyến Internet đầy đủ.

Hình 3.56: Cập nhật định tuyến chỉ chứa những thay đổi

Các bộ định tuyến hàng xóm quảng cáo các mạng có thể tới thông qua nó bằng cách sử dụng gói cập nhật định tuyến. Gói này chứa tiền tố của tuyến, đường đi AS, các thuộc tính của đường đi như độ ưu tiên, và một số thuộc tính khác.

Thông tin về khả năng tới một mạng có thể thay đổi, chẳng hạn khi một tuyến bị lỗi hoặc một tuyến tối ưu hơn xuất hiện. BGP thông báo điều này cho bộ định tuyến hàng xóm bằng cách rút lại các tuyến không hợp lệ và thêm thông tin định tuyến mới (Hình 3.57). Các tuyến rút lại là một phần của thông báo cập nhật định tuyến. Bộ định tuyến BGP lưu trữ một bảng chứa các phiên bản của bảng định tuyến nhận được từ mỗi hàng xóm. Nếu bảng định tuyến thay đổi, BGP tăng giá trị phiên bản lên 1 đơn vị. Việc gia tăng nhanh chóng số phiên thể hiện tình trạng thiếu ổn định của mạng, hay có thể do cấu hình sai.

Hình 3.57: Rút lại tuyến không hợp lệ

Nếu không có tuyến nào thay đổi, bộ định tuyến BGP đều đặn gửi các gói Keepalive để duy trì kết nối. Theo mặc định, cứ 60 giây, các gói Keepalive có độ dài 19 byte lại được gửi đi. Do dung lượng nhỏ nên các gói này chiếm một lượng băng thông và thời gian xử lý của CPU không đáng kể.

Các loại gói BGP

Giao thức BGP sử dụng nhiều loại gói khác nhau. Mỗi gói chứa một tiêu đề BGP chung như trên Hình 3.58.

Hình 3.58: Tiêu đề BGP

Chức năng của các trường trong tiêu đề BGP như sau:

- **Masker**: Trường 16 byte này được dự phòng để sử dụng cho chứng thực hoặc phát hiện mất đồng bộ giữa các bộ định tuyến hàng xóm.
- **Length**: Trường 2 byte này định nghĩa chiều dài tổng của gói, gồm cả phần tiêu đề. Gói BGP nhỏ nhất có độ lớn 19 byte (16 +2 +1) và lớn nhất là 4096 byte.
- **Type**: Trường 1 byte này định nghĩa loại gói. Trường này có giá trị từ 1 đến 4, tương ứng với bốn loại gói dưới đây.

❑ ***Gói Open***

Để tạo mối quan hệ hàng xóm, BGP bộ định tuyến mở (thiết lập) một kết nối TCP với hàng xóm và gửi một gói *Open*. Nếu hàng xóm chấp nhận quan hệ hàng xóm, nó trả lời bằng gói *Keepalive*, nghĩa là mối quan hệ hàng xóm đã được thiết lập giữa hai bộ định tuyến. Hình 3.59 minh hoạ định dạng của gói *Open*.

Hình 3.59: Định dạng gói Open

- **Version**: Trường 1 byte này định nghĩa phiên bản của BGP. Phiên bản hiện

nay là BGP 4.

- **AS of Router**: Trường 2 byte này định nghĩa số hiệu AS chứa bộ định tuyến.
- **Hold Time**: Trường 2 byte này định nghĩa số giây tối đa trước khi một trong hai phía nhận gói Keepalive hoặc gói Update từ phía kia. Nếu bộ định tuyến không nhận được những gói này trong khoảng thời gian giữ, nó coi như hàng xóm không còn hoạt động.
- **BGP identifier**: Trường 4 byte này chỉ rõ bộ định tuyến gửi gói Open. Bộ định tuyến thường sử dụng một trong các địa IP của nó làm số hiệu BGP.
- **Option length**: Gói Open có thể chứa một số tham số tuỳ chọn. Trường 1 byte này định nghĩa chiều dài của phần tuỳ chọn. Nếu không có tuỳ chọn, giá trị trường này bằng 0.
- **Option**: Nếu gói có chứa tuỳ chọn, thì mỗi tham số tuỳ chọn có hai trường con: chiều dài tham số và giá trị tham số. Hiện nay mới chỉ có một tham số tuỳ chọn được định nghĩa là tuỳ chọn chứng thực.

❑ ***Gói Update***

Gói Update là trái tim của giao thức BGP. Nó được BGP bộ định tuyến sử dụng để rút lại các mạng đích đã quảng cáo trước đó, thông báo một tuyến tới đích mới hoặc để thực hiện cả hai chức năng này. Chú ý rằng BGP có thể rút lại nhiều mạng đích đã được quảng cáp trước đó, nhưng nó chỉ có thể quảng cáo một đích mới trong một gói cập nhật. Định dạng của gói Update được chỉ ra trong Hình 3.60.

Hình 3.60: Định dạng gói Update

- **Unfeasible routes length**: Trường 2 byte này định nghĩa chiều dài của trường

tiếp theo.

- **Withdrawn routes**: Trường này liệt kê tất cả các tuyến phải xoá khỏi danh sách được quảng cáo lần trước.
- **Path attributes length**: Trường 2 byte này định nghĩa chiều dài của trường tiếp theo.
- **Path attributes**: Trường này định nghĩa các thuộc tính của đường đi tới mạng được quảng cáo.
- **Network layer reachability information**: Trường này định nghĩa mạng được thực sự quảng cáo trong gói này. Nó có trường chiều dài và một tiền tố địa chỉ IP. Chiều dài định nghĩa số bit của tiền tố. Tiền tố định nghĩa phần địa chỉ mạng. Ví dụ, nếu mạng là mạng lớp B với phần địa chỉ mạng là 153.18 thì giá trị trường chiều dài là 16 (16 bit) và tiền tố là 153.16.

❑ ***Gói Keepalive***

Các BGP bộ định tuyến trao đổi đều đặn các gói Keepalive (trước khi thời gian giữ của chúng hết hạn) để báo cho các bộ định tuyến khác biết rằng chúng vẫn tồn tại. Gói Keepalive chỉ chứa phần tiêu đề chung được chỉ ra trong Hình 3.61.

Hình 3.61: Định dạng gói Keepalive

❑ ***Gói Notification***

Gói Notification được bộ định tuyến gửi đi mỗi khi có lỗi hoặc bộ định tuyến muốn đóng kết nối. Định dạng của gói này được chỉ ra trong Hình 3.62.

Hình 3.62: Định dạng gói Notification

- **Error code**: Trường 1 byte này định nghĩa loại lỗi.
- **Error subcode**: Trường 1 byte này định nghĩa thêm về các kiểu lỗi trong mỗi loại.
- **Error data**: Trường này được sử dụng để cung cấp thêm thông tin chuẩn đoán lỗi.

Quá trình thỏa thuận BGP

Quá trình thỏa thuận BGP gồm nhiều giai đoạn, có thể được miêu tả theo khái niệm của máy hữu hạn trạng thái.

Hình 3.63: Máy hữu hạn trạng thái BGP

Máy hữu hạn trạng thái là một tập hợp hữu hạn các trạng thái của một quá trình, sự kiện nào gây ra những trạng thái này và sự kiện nào sẽ dẫn đến từ những trạng thái này. Hình 3.63 minh họa máy hữu hạn trạng thái của BGP, nó chứa các trạng thái và một số sự kiện gây ra chúng.

Sáu trạng thái của máy hữu hạn trạng thái BGP gồm:

- **Idle**: là trạng thái đầu tiên của kết nối BGP. BGP đang đợi sự kiện khởi động, thường là sự kiện được khởi tạo bởi mạng hoặc người quản trị. Khi có sự kiện khởi động, BGP khởi tạo tài nguyên và thiết lập lại bộ định thời thử kết nối. Sau đó, nó bắt đầu lắng nghe xem có thông báo TCP nào yêu cầu nó trở lại trạng thái Idle từ một trạng thái nào đó trong trường hợp có lỗi không.
- **Connect**: Trong trạng thái này, BGP đợi cho kết nối TCP hoàn thành. Nếu thành công, nó chuyển sang trạng thái OpenSend. Nếu kết nối TCP lỗi, nó chuyển về trạng thái Active, và bộ định tuyến thử kết nối lại. Nếu bộ định thời Thử kết nối lại hết hạn, trạng thái được giữ ở trạng thái Connect, bộ định thời được đặt lại và kết nối TCP được khởi tạo. Trong trường hợp có một sự kiện khác, có thể do mạng hoặc người quản trị khởi tạo, trạng thái trở về Idle.
- **Active**: Ở trạng thái này, BGP cố gắng có được một hàng xóm bằng cách khởi tạo một kết nối TCP. Nếu thành công, nó chuyển sang trạng thái OpenSend. Nếu bộ định thời *thử kết nối* lại hết hạn, BGP khởi tạo lại bộ định thời và chuyển sang trạng thái Connect. Khi ở trạng thái Active, BGP vẫn nghe xem có kết nối nào được khởi tạo từ phía bộ định tuyến khác không. Trạng thái có thể trở về Idle nếu một số sự kiện khác xuất hiện, chẳng hạn sự kiện dừng do hệ thống hoặc người quản trị khởi tạo.

  Nói chung, trạng thái của một bộ định tuyến chuyển liên tục giữa "Connect" và "Active" chỉ ra rằng có lỗi với kết nối TCP. Lỗi có thể do bộ định tuyến không thể tới được địa chỉ IP của hàng xóm.
- **OpenSend**: Ở trạng thái này, BGP đang đợi gói Open từ hàng xóm. Gói Open nhận được sẽ được kiểm tra. Trong trường hợp có lỗi, chẳng hạn số phiên bản không tương thích hoặc một AS không được chấp nhận, hệ thống gửi một thông báo lỗi và chuyển về trạng thái Idle. Nếu không có lỗi, BGP bắt đầu gửi gói Keepalive và khởi tạo lại bộ định thời Keepalive. Ở trạng thái này, thời gian giữ được thỏa thuận và giá trị nhỏ nhất được chọn. Nếu thời gian giữ được thỏa thuận là 0, bộ định thời giữ và bộ định thời Keepalive không được khởi tạo lại.

  Ở trạng thái OpenSend, BGP nhận diện xem hàng xóm có thuộc cùng AS hay không. BGP thực hiện điều này bằng cách so sánh số AS của nó với số AS của hàng xóm. Nếu cùng AS thì hai bộ định tuyến là hàng xóm IBGP, nếu khác thì là hàng xóm EBGP.

Khi ngắt kết nối TCP, trạng thái quay trở về Active. Đối với các lỗi khác, chẳng hạn bộ định thời giữ hết hạn, BGP gửi một gói thông báo với mã lỗi tương ứng. Sau đó trở về trạng thái Idle.

- **OpenConfirm**: Ở trạng thái này, BGP đợi gói Notification hoặc gói Keepalive. Nếu nhận được gói Keepalive, trạng thái chuyển sang Established và thỏa thuận hàng xóm hoàn thành. Nếu hệ thống nhận được gói Update hoặc Keepalive, nó khởi tạo lại bộ định thời giữ, giả sử rằng thời gian giữ được thỏa thuận khác 0. Nếu nhận được gói Notification, trạng thái chuyển về Idle. Hệ thống gửi định kỳ gói Keepalive. Trong trường hợp ngắt kết nối TCP hoặc để phản ứng lại sự kiện dừng, được khởi tạo bởi hệ thống hoặc người quản trị, trạng thái chuyển về Idle. Để phản ứng lại các sự kiện khác, hệ thống gửi gói thông báo với một mã lỗi và trở về trạng thái Idle.
- **Established**: là trạng thái cuối cùng trong quá trình thỏa thuận hàng xóm. BGP bắt đầu trao đổi gói Update với hàng xóm. Bộ định thời giữ được khởi tạo lại mỗi khi nhận được thông báo Update hoặc thông báo Keepalive.

Mỗi cập nhật đều được kiểm tra lỗi, chẳng hạn mất hoặc lặp thuộc tính. Nếu thấy lỗi, thông báo lỗi được gửi tới hàng xóm. Nhận được bất kỳ thông báo lỗi nào trong trạng thái Established buộc tiến trình BGP chuyển hàng xóm về trạng thái Idle. Nếu bộ định thời giữ hết hạn, thông báo ngắt kết nối được gửi đi hoặc nếu nhận được sự kiện dừng, hệ thống trở về trạng thái Idle.

Các thuộc tính của BGP

Rất nhiều công việc khi cấu hình BGP tập trung vào các thuộc tính của đường đi. Mỗi tuyến có một tập thuộc tính, có thể gồm: thông tin đường đi, ưu tiên tuyến, bước nhảy tiếp theo và thông tin tổng hợp. Các nhà quản trị sử dụng những giá trị này để thực thi chính sách cho tuyến. Dựa vào các thuộc tính, BGP có thể được cấu hình để lọc thông tin định tuyến, chọn đường đi ưa thích hoặc tùy chỉnh các hành động khác. Các thuộc tính BGP sẽ được trình bày chi tiết ở phần sau.

Mọi gói cập nhật đều có một dãy thuộc tính đường đi có chiều dài biến thiên với dạng như sau: <*loại thuộc tính, độ dài thuộc tính, giá trị thuộc tính*>

Do các thuộc tính đường đi sẽ được sử dụng một cách rộng rãi khi cấu hình chính sách định tuyến, nên không phải mọi triển khai BGP đều có thể nhận diện cùng các thuộc tính. Dưới đây là 4 loại thuộc tính khác nhau:

- **Thông dụng bắt buộc** - Là thuộc tính bắt buộc phải có trong gói cập nhật BGP. Nó phải được nhận ra bởi tất cả các triển khai BGP. Nếu thiếu thuộc tính này, thông báo lỗi sẽ được tạo ra. Điều này đảm bảo rằng tất cả các

triển khai BGP phải thống nhất với nhau một tập thuộc tính chuẩn. Ví dụ về thuộc tính thông dụng bắt buộc là thuộc tính AS PATH.

- **Thông dụng tùy chọn** – Là thuộc tính phải được nhận ra bởi tất cả triển khai BGP nhưng có thể không được gửi kèm với gói cập nhật. Một ví dụ về thuộc tính này là LOCAL_PREF.
- **Tùy chọn chuyển tiếp** – Là thuộc tính có thể được hoặc không được nhận ra bởi tất cả triển khai BGP. Có nghĩa nó là tùy chọn. Tuy nhiên do là thuộc tính chuyển tiếp nên BGP phải chấp nhận và quảng bá thuộc tính ngay cả khi nó không nhận ra được thuộc tính.
- **Tùy chọn không chuyển tiếp** – Là thuộc tính có thể được hoặc không được nhận ra bởi tất cả triển khai BGP. Cho dù BGP có nhận ra thuộc tính hay không, nó cũng không chuyển tới các BGP hàng xóm vì đây là thuộc tính không chuyển tiếp.

Mỗi thuộc tính được nhận dạng bởi loại và mã. Bảng 3.7 liệt kê các mã thuộc tính hiện đang được sử dụng.

Bảng 3.7: Một số thuộc tính đường đi hiện đang sử dụng

Mã thuộc tính	Loại
1 – ORIGIN	Thông dụng bắt buộc
2 – AS_PATH	Thông dụng bắt buộc
3 – NEXT_HOP	Thông dụng bắt buộc
4 – MULTI_EXIT_DISC	Tùy chọn không chuyển tiếp
5 – LOCAL_PREF	Thông dụng tùy chọn
6 – ATOMIC_AGGREGATE	Thông dụng tùy chọn
7 – AGGREGATOR	Thông dụng tùy chọn
8 – COMMUNITY	Tùy chọn chuyển tiếp
9 – ORIGINATOR_ID	Tùy chọn chuyển tiếp

3.5 IPv6

3.5.1 Các đặc tính của IPv6

IPv6 là từ viết tắt tiếng Anh của Internet Protocol version 6, một phiên bản của giao thức IP được thiết kế nhằm mục đích nâng cấp giao thức liên mạng phiên bản 4 (IPv4) hiện đang triển khai cho hầu hết lưu lượng mạng Internet. IPv4 đã hết địa chỉ, và IPv6 cho phép tăng lên đến 2^{128} địa chỉ, một sự gia tăng khổng lồ so với 2^{32} địa chỉ của IPv4.

3.5.1.1 Sự khác biệt giữa địa chỉ IPv4 và địa chỉ IPv6

So với địa chỉ IPv4, địa chỉ IPv6 có nhiều điểm khác biệt đáng kể. Những sự khác biệt này được thể hiện rõ nét trong

Bảng 3.8: So sánh sự khác biệt giữa địa chỉ IPv4 và địa chỉ IPv6

Địa chỉ IPv4	Địa chỉ IPv6
Địa chỉ dài 32 bit	Địa chỉ dài 128 bit
Tính năng IPSec chỉ là tùy chọn	Tính năng IPSec là bắt buộc
Không định dạng được luồng dữ liệu	Định dạng được luồng dữ liệu nên hỗ trỗ QoS tốt hơn
Sự phần mảnh được thực hiện tại các Host gửi và tại các Router, nên khả năng thực thi của Router chậm.	Sự phân mảnh chỉ xảy ra tại Host gửi.
Hỗ trợ gói tin kích thước 576 byte (có thể phân đoạn)	Hỗ trợ gói tin kích thước 1280 byte (không cần phân đoạn)
Header (phần tiêu đề) có trường Checksum	Header không có trường Checksum
Header có phần tùy chọn (Options)	Tất cả dữ liệu tùy chọn được chuyển vào phần Tiêu đề mở rộng (Extension headers)
Giao thức ARP sử dụng các khung yêu cầu quảng bá ARP (BroadcastARP Request) để phân giải địa chỉ IPv4 thành địa chỉ vật lý	Khung yêu cầu ARP (Frame ARP Request) được thay thế bởi các thông báo dò tìm các nút mạng truyền thông lân cận (Neighbor Solicitation messages)
Giao thức IGMP (Internet Group Management Protocol) được dùng để quản lý thành viên của các nhóm mạng	IGMP được thay thế bởi các thông báo MLD (Multicast Listener Discovery).

con cục bộ	
Giao thức IRDP (ICMP Router Discovery) được dùng để xác định địa chỉ IPv4 của Gateway mặc định phù hợp nhất, là tùy chọn	Sử dụng bản tin ICMPv6 Router Solicitation và Router Advertisement để xác định địa chỉ IPv6 của Gateway mặc định phù hợp nhất, là bắt buộc.
Sử dụng các địa chỉ quảng bá (Broadcast) để gửi lưu lượng đến tất cả các nút.	Không tồn tại địa chỉ quảng bá (Broadcast), thay vào đó là địa chỉ truyền thông nhóm (Multicast) đến tất cả các nút
Thiết bị phải cấu hình địa chỉ IP bằng tay hoặc thông qua giao thức DHCP	Thiết bị có thể được cấu hình tự động mà không cần nhờ đến DHCP hay bất kỳ máy chủ nào khác.
Sử dụng các mẫu tin chứa tài nguyên địa chỉ Host trong DNS để ánh xạ tên Host thành địa chỉ IPv4	Sử dụng các mẫu tin AAAA trong DNS để ánh xạ tên Host thành địa chỉ IPv6.

3.5.1.2 Các đặc tính của IPv6

Trong IPv6 giao thức Internet được cải tiến một cách mạnh mẽ để thích nghi được với sự phát triển không biết trước của Internet. Định dạng và độ dài của địa chỉ IP cũng được thay đổi với những gói định dạng. Những giao thức liên quan như ICMP cũng đựơc cải tiến. Những giao thức khác trong tầng mạng như ARP, RARP, IGMP đã hoặc bị xoá hoặc có trong giao thức ICMPv6. Những giao thức định tuyến như RIP, OSPF cũng được cải tiến để thích nghi với những thay đổi này. Thế hệ mới của IP hay IPv6 có những đặc tính như sau:

a) Tăng kích thước không gian địa chỉ

Do IPv6 sử dụng 128 bit địa chỉ nên theo lý thuyết IPv6 có thể cung cấp tới 2^{128} địa chỉ khác nhau. Nhưng 3 bit đầu luôn là 001 được dành cho các địa chỉ khả định tuyến toàn cầu (Globally Routable Unicast- GRU) nên sẽ còn lại 2^{125} địa chỉ. Trong khi IPv4 có 32 bít địa chỉ, với khả năng lý thuyết có thể cung cấp một không gian địa chỉ là 2^{32} địa chỉ. Do đó không gian địa chỉ của IPv6 sẽ nhiều hơn IPv4 khoảng 10^{28} lần. Đây là một không gian địa chỉ cực lớn với mục đích không chỉ cho Internet mà còn cho tất cả các mạng máy tính, hệ thống viễn thông, hệ thống điều khiển và thậm chí cho từng vật dụng trong gia đình. Người ta nói rằng từng chiếc điều hoà, tủ lạnh, máy giặt hay nồi cơm điện v.v... của từng gia đình một cũng sẽ mang một địa chỉ IPv6 để chủ nhân của chúng có thể kết nối và ra lệnh từ xa. Nhu cầu hiện tại chỉ cần 15% không gian địa chỉ IPv6, còn 85% dự phòng cho tương lai. Với không gian địa chỉ lớn này, các kỹ thuật bảo tồn địa chỉ như NAT sẽ không còn cần thiết nữa.

b) Tăng sự phân cấp địa chỉ

IPv6 chia địa chỉ thành một tập hợp các vùng xác định hay Boundary như trên Hình 3.64.

001	**TLA ID** 13 bit	**Res** 8 bit	**NLA ID** 24 bit	**SLA ID** 16 bit	**Interface ID** 64 bit

Hình 3.64: Cấu trúc địa chỉ IPv6

- **3 bit đầu**: Luôn có giá trị bằng 001 cho biết địa chỉ có thuộc địa chỉ khả định tuyến toàn cầu (GRU) hay không, giúp các thiết bị định tuyến có thể xử lý nhanh hơn.
- **TLA ID (Top Level Aggregation)**: Vùng này xác định nhà cung cấp cao nhất trong hệ thống các nhà cung cấp dịch vụ.
- **Res** (8 bit): Kiến trúc của IPv6 định nghĩa vùng dành riêng sao cho các giá trị TLA hoặc NLA có thể mở rộng. Hiện tại, giá trị này bằng 0 do chưa cần sử dụng.
- **NLA ID (Next Level Aggregation):** Xác định nhà cung cấp dịch vụ mức tiếp theo trong hệ thống các nhà cung cấp dịch vụ.
- **SLA ID (Site Level Aggregation):** được dùng bởi các tổ chức để tạo ra các kiến trúc địa chỉ bên trong của nó và để chỉ ra các mạng con.

- **Interface ID:** Là địa chỉ của Interface trong mạng con (Vùng này tương tự như vùng Host trên IPv4 nhưng nó được dẫn xuất từ dạng địa chỉ IEEE EUI-64 bit). Extended Unique Identifier (EUI-64 bit) xác định phương thức tạo 64 bit Interface ID bằng cách kết hợp địa chỉ MAC (48 bit) theo quy tắc sau (Hình 3.65):

Hình 3.65: Phương thức tạo Interface ID

- Địa chỉ MAC = 6 nhóm 8 bit = 48 bit. Trong đó 24 bit là mã nhà sản xuất, 24 bit còn lại là mã số thiết bị.
- Bước 1: Tách đôi địa chỉ MAC làm 2 nhóm (mỗi nhóm 24 bit), chèn vào giữa 16 bit giá trị FF:FE.
- Bước 2: Đảo ngược giá trị bit thứ 7 của nhóm đầu
- *Ví dụ*: Network Adapter có địa chỉ MAC là 00-AA-00-3F-2A-1C
- Bước 1: 00-AA-00-FF-FE-3F-2A-1C
- Bước2: 02- AA-00-FF-FE-3F-2A-1C
- Vậy Interface ID = 2AA:00FF:FE3F:2A1C.

c) Đơn giản hóa việc đặt địa chỉ Host

IPv6 sử dụng 64 bit sau cho địa chỉ Host, trong 64 bit đó có cả 48 bit là địa chỉ MAC của máy, do đó, phải đệm vào đó một số bit đã được định nghĩa trước mà các thiết bị định tuyến sẽ biết được những bit này trên Subnet (như trình bày trong mục *Interface ID* ở trên). Bằng cách này, mọi Host sẽ có một Host ID duy nhất trong mạng. Sau này nếu đã sử dụng hết 48 bit MAC thì có thể sẽ sử dụng luôn 64 bit mà không cần đệm.

d) Khuôn dạng tiêu đề đơn giản hóa

Tiêu đề của IPv6 đơn giản và hợp lý hơn IPv4. Ngoài trường địa chỉ nguồn (Source Address) và địa chỉ đích (Destination Address), tiêu đề IPv6 chỉ có 6 trường, trong khi tiêu đề IPv4 chứa 10 trường. IPv6 cung cấp các đơn giản hóa sau:

Định dạng được đơn giản hóa. Tiêu đề IPv4 có kích thước thay đổi. Còn tiêu đề IPv6 được cố định chiều dài là 40 byte với ít trường hơn IPv4 nên giảm được thời gian xử lý tiêu đề và tăng độ linh hoạt. Trường Header Length của IPv4 chỉ ra tổng chiều dài gói tin bao gồm cả trường Option. Khi trường Option xuất hiện trong tiêu đề của IPv4 thì nó làm tăng chiều dài của tiêu đề lên. Để thay thế cho trường Option thì IPv6 sử dụng trường Extension. Trường này được xử lý khác với cách mà IPv4 xử lý trường Option.

Không có Header Checksum. Công nghệ ở lớp 2 (Link Layer) đã thực hiện việc tính toán và kiểm soát lỗi, hơn nữa độ tin cậy của lớp 2 là rất tốt. Các giao thức ở lớp trên như UDP và TCP đều có kiểm tra lỗi, riêng kiểm tra lỗi của UDP trong IPv4 là tùy chọn nhưng trong IPv6 là bắt buộc. Vì những lý do đó mà trường Header Checksum là không cần thiết ở IPv6 và nó cũng làm giảm việc xử lý của các bộ định tuyến mỗi khi gói tin đi qua.

Không có sự phân mảnh theo từng Hop. Trong IPv4, khi các gói tin quá lớn thì bộ định tuyến có thể phân mảnh nó. Tuy nhiên việc này sẽ làm tăng thêm phụ tải cho gói. Trong IPv6, quá trình phân mảnh không được thực hiện bởi các bộ định tuyến trung gian trong mạng nữa mà bởi các nút mạng nơi bắt nguồn gói tin. IPv6 xóa bỏ trường Fragmentation trong tiêu đề, làm tăng khả năng xử lý của CPU khi gói tin đi qua các bộ định tuyến trung gian, và thay vào đó là dùng Path MTU Discovery để tránh việc phải phân mảnh các gói tin.

e) Tự cấu hình địa chỉ

Để đơn giản cho việc cấu hình các trạm, IPv6 hỗ trợ cả việc tự động cấu hình có trạng thái (Stateful Address Autoconfiguration) - khả năng cấu hình địa chỉ tự động bởi Server DHCP và tự động cấu hình địa chỉ không trạng thái (Stateless Address Autoconfiguration) – cấu hình tự động khi không liên lạc với Server DHCP. Với hình thức tự động cấu hình địa chỉ không trạng thái, các Host có thể tự động cấu hình địa chỉ của nó bằng cách sử dụng IPv6 Prefix nhận được từ bộ định tuyến (gọi là địa chỉ Link - Local). Hơn nữa, trong một mạng mà không có bộ định tuyến thì các trạm cũng có thể tự động cấu hình địa chỉ Link - local để liên lạc với trạm khác mà không phải thiết lập cấu hình thủ công.

f) Khả năng xác thực và bảo mật an ninh

Cấu trúc địa chỉ IPv6 sử dụng giao thức IPSec để đảm bảo tính toàn vẹn, bảo mật và xác thực nguồn gốc dữ liệu như là một bắt buộc (chứ không còn là tùy chọn như của IPv4). Tức là mọi điểm kết nối IPv6 đều được kích hoạt IPsec và luôn phải sử dụng tính năng này, do đó mạng Internet IPv6 được bảo mật tốt hơn mạng Internet IPv4. IPSec sử dụng hai tiêu đề mở rộng tùy chọn: Tiêu đề xác thực (AH - Authentication Header) và Tiêu đề mã hóa (ESP - Encrypted Security Payload). Hai tiêu đề này có thể được sử dụng chung hay riêng để hỗ trợ nhiều chức năng bảo mật khác nhau (Bảng 3.9).

Bảng 3.9: So sánh giữa hai tiêu đề AH và ESP trong IPv6

	AH	**ESP**
Giá trị trong IP Header	51	50
Toàn vẹn dữ liệu	Có	Có
Xác thực dữ liệu	Có	Có
Mã hóa dữ liệu	Không	Có

Chống tấn công phát lại	Có	Có
Hoạt động với NAT	Không	Có
Hoạt động với PAT	Không	Không
Bảo vệ gói tin IP	Có	Không
Chỉ bảo vệ dữ liệu	Không	Có

g) Hỗ trợ tốt hơn tính năng di động

Mobile IP là một tiêu chuẩn IETF có sẵn cho cả IPv4 và IPv6, cho phép thiết bị di động được di chuyển mà không vi phạm các kết nối hiện tại. Trong IPv6, Mobile IP được tích hợp hoàn toàn vào trong và được tăng cường thêm nhiều tính năng mới hỗ trợ cho thiết bị di động mà IPv4 không có (Home Address, Care-of Address, Binding, Home Agent). Còn trong IPv4, di động là một chức năng mới cần phải được bổ sung dưới dạng các tùy chọn mở rộng mà có thể không được hỗ trợ bởi tất cả các nút IPv4. Do đó, khả năng IP di động sẽ tận dụng được các ưu điểm của IPv6 so với IPv4.

h) Khả năng mở rộng dễ dàng

IPv6 có phần tiêu đề mở rộng nằm ngay sau phần tiêu đề IPv6 cho phép thêm vào các chức năng mới khi có yêu cầu.

3.5.2 Biểu diễn địa chỉ IPv6

Địa chỉ IPv6 có độ dài 128 bit. Tuy nhiên, nếu viết một dãy số 128 bit nhị phân thì không thuận tiện, và để nhớ được chúng thì lại là một việc rất khó khăn. Vì vậy, địa chỉ IPv6 thường được biểu diễn dưới dạng một dãy chữ số Hexa. Người ta chia 128 bit ra thành 8 nhóm, mỗi nhóm chiếm 2 bytes, gồm 4 số được viết dưới hệ số 16, và mỗi nhóm được ngăn cách nhau bằng dấu hai chấm. Vì thế cho nên địa chỉ gồm 32 chữ số trong hệ đếm 16 với mỗi 4 chữ số lại có một dấu ":" (Hình 3.66).

Hình 3.66: Địa chỉ IP phiên bản 6

Qui tắc rút gọn

Không như địa chỉ IPv4, địa chỉ IPv6 có rất nhiều dạng. Trong đó có những dạng chứa nhiều chữ số 0 đi liền nhau. Nếu viết toàn bộ và đầy đủ những con số này thì dãy số biểu diễn địa chỉ IPv6 thường rất dài. Do vậy, có thể rút gọn cách viết địa chỉ IPv6 theo hai quy tắc sau đây:

Quy tắc 1: Trong một nhóm 4 số hexa, có thể bỏ bớt những số 0 bên trái. Ví dụ cụm số "0000" có thể viết thành "0", cụm số "09C0" có thể viết thành "9C0".

Quy tắc 2: Trong cả địa chỉ IPv6, một số nhóm liền nhau chứa toàn số 0 có thể không viết và chỉ viết thành "::".Ta có thể áp dụng ở đầu hay ở cuối địa chỉ, cách viết này đặc biệt có lợi khi biểu diễn các địa chỉ truyền thông nhóm (Multicast), vòng lặp (Loopback) hay các địa chỉ chưa chỉ định.

Tuy nhiên, chỉ được thay thế một lần như vậy trong toàn bộ một địa chỉ IPv6. Vì nếu thực hiện thay thế hai hay nhiều lần các nhóm số 0 bằng "::",ta sẽ không thể biết được số các số 0 trong một cụm thay thế bởi "::" để từ đó khôi phục lại chính xác địa chỉ IPv6 ban đầu.

Ví dụ: Đối với địa chỉ 1080:0000:0000:0000:0008:0800:200C:463A thì sau khi áp dụng 2 quy tắc trên, ta được địa chỉ được rút gọn là 1080::8:800:200C:463A.

Ngược lại, việc khôi phục lại các địa chỉ rút gọn rất đơn giản: Chỉ cần thêm số 0 vào cho đến khi nhận được địa chỉ nguyên bản (4 chữ số trong một phần, 32 chữ số trong một địa chỉ).

Ví dụ: Khôi phục địa chỉ IPv6 FADC:BA98::7654:3210. Ta thấy địa chỉ IPv6 có tổng cộng là 8 nhóm, mà địa chỉ đã cho chỉ có 4 nhóm, như vậy ở giữa hai dấu hai chấm sẽ là 4 nhóm số 0. Do đó địa chỉ trên có thể viết lại đầy đủ là FADC:BA98:0:0:0:0:7654:3210.

3.5.3 Phân loại địa chỉ IPv6

3.5.3.1 Địa chỉ Unicast

Unicast (truyền thông đơn hướng) là một tên mới thay cho kiểu địa chỉ điểm-điểm đã được sử dụng trong IPv4. Địa chỉ Unicast được sử dụng để định danh cho một Interface trên mạng.

Trong mô hình định tuyến, các gói tin có địa chỉ đích là Unicast chỉ được gửi tới một Interface duy nhất định danh bởi địa chỉ này. Địa chỉ Unicast được sử dụng trong giao tiếp một-một. Do vậy, để cung cấp dịch vụ cho nhiều khách hàng, máy chủ sẽ phải mở nhiều kết nối tới các máy tính khách hàng (Hình 3.67).

Hình 3.67: Kết nối Unicast tới các máy tính khách hàng

Các loại địa chỉ sau thuộc Unicast:

- Địa chỉ định danh toàn cầu (Global Unicast Addresses- GUA)
- Địa chỉ phục vụ cho giao tiếp trên một đường kết nối (Link Local Address)
- Địa chỉ phục vụ cho giao tiếp phạm vi một mạng (Site Local Address)
- Địa chỉ Unique Local Unicast (Unique Local Unicast Address)
- Các địa chỉ đặc biệt (Special Addresses)

a. Địa chỉ định danh toàn cầu (GUA)

Là dạng địa chỉ tương đương với địa chỉ IPv4 (Public) đang được sử dụng, do Tổ chức quốc tế IANA đảm nhiệm việc phân bổ và cấp phát. Địa chỉ định danh toàn cầu được định tuyến và có thể liên kết tới trên phạm vi toàn bộ mạng Internet.

Hình 3.68: Cấu trúc địa chỉ định danh toàn cầu (GUA)

Địa chỉ định danh toàn cầu được phân cấp định tuyến như sau (Hình 3.68):

3 bit đầu tiên: Xác định dạng địa chỉ định danh toàn cầu, luôn luôn có giá trị cố định là 001 (Prefix = 2000::/3).Tức là IPv6 toàn cầu đang sử dụng địa chỉ thuộc vùng

2000::/3, không gian địa chỉ này được phân cấp nhỏ hơn cho từng mục đích sử dụng cụ thể.

45 bit tiếp theo (phần định tuyến toàn cầu): Các tổ chức quản lý sẽ phân cấp quản lý vùng địa chỉ này, chuyển giao lại cho các tổ chức khác khi các tổ chức đó đăng ký địa chỉ IPv6 toàn cầu. Thông thường, kích thước địa chỉ nhỏ nhất được phân bổ cho một ISP là /32 và nếu khách hàng của ISP cần nhiều hơn một Subnet thì khi đó tổ chức sẽ nhận được prefix là /48.Tuy nhiên vùng địa chỉ toàn cầu luôn được thay đổi và xem xét để phù hợp nhất với nhu cầu và hoạt động mạng.

16 bit tiếp theo (vùng định tuyến trong mạng – site): Là không gian địa chỉ mà tổ chức có thể tự mình quản lý, phân bổ, cấp phát và tổ chức định tuyến bên trong mạng của mình. Với một vùng địa chỉ /48, tổ chức có thể tạo nên 65.536 mạng con cỡ /64 hoặc nhiều cấp định tuyến phân cấp hiệu quả sử dụng trong mạng của mình.

64 bit cuối cùng: Là địa chỉ của các Interface trong mạng.

b. Địa chỉ phục vụ cho giao tiếp trên một liên kết (Link Local Addresses- LLA)

LLA là loại địa chỉ phục vụ cho giao tiếp nội bộ, giữa các nút mạng IPv6 trên cùng một Ethernet. LLA luôn được nút mạng IPv6 cấu hình một cách tự động, khi bắt đầu hoạt động, ngay cả khi không có sự tồn tại của mọi dạng địa chỉ truyền thông đơn hướng khác (do nút mạng IPv6 có khả năng tự động cấu hình 64 bit định danh giao diện). Mặt khác, khi không có bộ định tuyến, các nút mạng IPv6 trên một đường kết nối sẽ sử dụng LLA để giao tiếp với nhau, do vậy địa chỉ này có phạm vi trên một đường kết nối (phạm vi link), phục vụ cho giao tiếp giữa các nút mạng lân cận.

Về cấu trúc, LLA bắt đầu bởi 10 bit tiền tố FE80::/10, tiếp theo là 54 bit 0, 64 bit còn lại là phần định danh giao diện (Interface ID) (Hình 3.69).

Hình 3.69: Cấu trúc địa chỉ Link-local

Chú ý là các bit đầu tiên (trường hợp này là 10 bit) tương tự như các bit nhận dạng lớp địa chỉ (Class bit) của IPv4 nhưng ở IPv6 được gọi là Prefix dùng để phân biệt các loại, các kiểu địa chỉ khác nhau trong IPv6. Trường "Interface ID" (trong các

trường hợp còn lại cũng vậy) dùng để nhận dạng thiết bị như nút hay Router nhưng đều sử dụng cùng tên miền.

c. *Địa chỉ phục vụ cho giao tiếp trong nội bộ một mạng (Site Local Addresses - SLA)*

Các địa chỉ SLA tương tự như các địa chỉ Private trong IPv4 (10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 và 192.168.0.0/16), được thiết kế với mục đích sử dụng trong phạm vi một mạng. Khi đó các bộ định tuyến IPv6 không chuyển tiếp gói tin có địa chỉ Site-local ra khỏi phạm vi mạng riêng. Do vậy, một vùng địa chỉ Site-local có thể được dùng trùng lặp cho nhiều mạng cơ quan, tổ chức … mà không gây xung đột định tuyến IPv6 toàn cầu. Địa chỉ Site-local trong một mạng dùng riêng không thể được truy cập từ một mạng khác.

SLA luôn bắt đầu bằng 10 bit Prefix FEC0::/10, tiếp theo là 38 bit 0 và 16 bit mà tổ chức có thể phân chia mạng con (Subnet), định tuyến trong phạm vi mạng của mình. 64 bit cuối là 64 bit định danh giao diện cụ thể trong một mạng con (Hình 3.70).

Hình 3.70: Cấu trúc địa chỉ Site-local

d. *Địa chỉ Unique Local Unicast (ULA)*

Đối với các tổ chức có nhiều Site, Prefix của SLA có thể bị trùng lặp. Có thể thay thế SLA bằng ULA (RFC 4193), ULA là địa chỉ duy nhất của một trạm trong hệ thống có nhiều Site. Phạm vi sử dụng của địa chỉ này là toàn cầu.

Hình 3.71: Cấu trúc địa chỉ Unique Local Unicast

Như chỉ ra trên Hình 3.71, địa chỉ ULA luôn bắt đầu bằng 8 bit Prefix FD00::/8, tiếp theo là 40 bit Global ID (địa chỉ Site) và 16 bit mà tổ chức có thể phân chia mạng con (Subnet trong Site), định tuyến trong phạm vi mạng của mình.

e. Địa chỉ đặc biệt (Special Addresses)

Các địa chỉ đặc biệt trong IPv6 gồm:

Địa chỉ 0:0:0:0:0:0:0:0 hay còn được viết "::" là loại địa chỉ "không xác định", được nút mạng IPv6 sử dụng để thể hiện rằng hiện tại nó không có địa chỉ. Địa chỉ "::" được sử dụng làm địa chỉ nguồn cho các gói tin trong quy trình hoạt động của một nút mạng IPv6 khi tiến hành kiểm tra xem có một nút mạng nào khác trên cùng đường kết nối đã sử dụng địa chỉ IPv6 mà nó đang dự định dùng hay chưa. Địa chỉ này không bao giờ được gắn cho một giao diện hoặc được sử dụng làm địa chỉ đích.

Địa chỉ 0:0:0:0:0:0:0:1 hay "::1" được sử dụng làm địa chỉ xác định giao diện Loopback, cho phép một nút mạng gửi gói tin cho chính nó, tương đương với địa chỉ 127.0.0.1 của IPv4. Các gói tin có địa chỉ đích ::1 không bao giờ được gửi trên đường kết nối hay chuyển tiếp đi bởi bộ định tuyến. Phạm vi của dạng địa chỉ này là phạm vi nút mạng.

Địa chỉ IPv4-Tương thích (IPv4-Compatible - IPv4CA)

Địa chỉ IPv4-Tương thích được tạo từ 32 bit địa chỉ IPv4 theo cách thức gắn các bit toàn 0 vào trước 32 bit địa chỉ IPv4 và được viết như sau: 0:0:0:0:0:0:w.x.y.z hoặc ::w.x.y.z (w.x.y.z là địa chỉ IPv4 viết theo cách thông thường).

Hình 3.72: Cấu trúc địa chỉ IPv4CA

Khi một gói tin IPv6 có địa chỉ nguồn và đích dạng IPv4-Tương thích, gói tin IPv6 đó sẽ được tự động bọc trong gói tin có phần đầu IPv4 và gửi tới đích sử dụng cơ sở hạ tầng mạng IPv4.

Địa chỉ IPv4-Ánh xạ (IPv4-Mapped Address - IPv4MA)

Được tạo nên từ 32 bit địa chỉ IPv4 theo cách thức gắn 80 bit 0 đầu tiên, tiếp theo là 16 bit có giá trị Hexa FFFF với 32 bit địa chỉ IPv4. Định dang địa chỉ IPv4-ánh xạ như sau: 0:0:0:0:0:FFFF:w.x.y.z hoặc ::FFFF:w.x.y.z (trong đó w.x.y.z là địa chỉ IPv4 viết theo cách thông thường).

80 bit	16 bit	32 bit
000…000	FFFF	Địa chỉ IPv4

Hình 3.73: Cấu trúc địa chỉ IPv4MA

Địa chỉ IPv4-ánh xạ sử dụng để biểu diễn một nút mạng thuần IPv4 thành một nút mạng IPv6 để phục vụ trong công nghệ biên dịch địa chỉ IPv4 – IPv6, ví dụ công nghệ NAT-PT. Địa chỉ IPv4-ánh xạ không bao giờ được dùng làm địa chỉ nguồn hay địa chỉ đích của một gói tin IPv6.

Địa chỉ 6to4

Trong vùng địa chỉ định danh toàn cầu (xác định bằng 3 bit đầu 001), IANA dành riêng một dải địa chỉ, đặt tên là địa chỉ 6to4, làm một dạng địa chỉ tương thích phục vụ cho một công nghệ tạo đường hầm có tên gọi công nghệ đường hầm 6to4. Địa chỉ 6to4 được sử dụng trong giao tiếp giữa hai nút mạng chạy đồng thời cả hai giao thức IPv4 và IPv6 trên mạng cơ sở hạ tầng định tuyến của IPv4.

Địa chỉ 6to4 được hình thành như sau: trong vùng địa chỉ định danh toàn cầu, IANA đã cấp phát một dải địa chỉ dành riêng 2002::/16 để tạo nên địa chỉ 6to4 và bằng cách gắn 16 bit tiền tố "2002" nói trên với 32 bit địa chỉ IPv4 viết dưới dạng Hexa, từ đó tạo nên một vùng địa chỉ IPv6 kích thước /48. Vùng địa chỉ này sẽ được sử dụng để tạo nên mạng IPv6. Các mạng này sẽ kết nối với nhau trên cơ sở hạ tầng mạng Internet IPv4.

3.5.3.2 Địa chỉ Multicast

Trong hoạt động của IPv6 không tồn tại khái niệm Broadcast. Địa chỉ IPv6 Multicast thay thế cho cả địa chỉ Broadcast và Multicast của IPv4.

Địa chỉ Multicast (địa chỉ truyền thông nhóm) định danh một nhóm nhiều Interface. Gói tin có địa chỉ đích là địa chỉ Multicast sẽ được gửi tới tất cả các Interface trong nhóm được gắn địa chỉ đó (Hình 3.74). Địa chỉ Multicast được sử dụng trong giao tiếp một – nhiều. Một nút mạng IPv6 có thể nghe lưu lượng của nhiều loại địa chỉ Multicast ở tại cùng một thời điểm và nút mạng IPv6 cũng có thể ra nhập hoặc rời bỏ nhóm Multicast IPv6 tại bất cứ thời điểm nào.

Hình 3.74: Kết nối Multicast

Cấu trúc địa chỉ Multicast như trên Hình 3.75.

8 bit	4 bit	4 bit	80 bit	32 bit
1111 1111	Flags	Scope	000…000	Group ID

Hình 3.75: Cấu trúc địa chỉ Multicast

Vùng địa chỉ có tiền tố FF::/8 (8 bit đầu là 1111 1111), chiếm 1/256 không gian địa chỉ IPv6 được dành riêng để làm địa chỉ Multicast. Địa chỉ Multicast không bao giờ được sử dụng làm địa chỉ nguồn của một gói tin IPv6.

4 bit cờ (Flags): trường này có bốn bit "000T", trong đó 3 bit đầu hiện chưa sử dụng được đặt giá trị 0, bit T sẽ xác định đây là dạng địa chỉ truyền thông nhóm được IANA gắn vĩnh viễn, sử dụng thống nhất trong hoạt động Internet IPv6 toàn cầu, hay là dạng địa chỉ Multicast do người sử dụng tự gắn.

- Nếu bit T = 0, đây là địa chỉ truyền thông nhóm vĩnh viễn được IANA quy định. Danh sách các địa chỉ này được cung cấp trong RFC2375 (IPv6 Multicast Address Assignments). Trong số đó có những dạng địa chỉ phục vụ cho những quy trình hoạt động cốt yếu của IPv6, sử dụng cho những giao tiếp khi một nút mạng cần giao tiếp với toàn bộ hoặc với nhóm các nút mạng xác định trên một đường kết nối (Ethernet).

Ví dụ:

FF02::1 là địa chỉ truyền thông nhóm để gửi tới mọi nút mạng trên một đường kết nối.

FF02::2 là địa chỉ truyền thông nhóm để gửi tới mọi bộ định tuyến trên một đường kết nối.

- Nếu bit T = 1, đây là dạng địa chỉ truyền thông nhóm được gắn bởi người sử dụng trong một phạm vi nhất định. Địa chỉ truyền thông nhóm sẽ không có ý nghĩa ngoài phạm vi đó. Một cách thức để tạo nên địa chỉ này là tổ chức sử dụng tiền tố (Prefix) của vùng địa chỉ định danh toàn cầu của mình gắn cùng với 8 bit tiền tố FF để tạo nên địa chỉ truyền thông nhóm.

Phạm vi (Scope): Trường này cũng gồm 4 bit (có giá trị từ 0 đến F trong hệ thập lục phân) dùng để xác định phạm vi của nhóm địa chỉ Multicast, tùy thuộc vào giá trị mà phạm vi được xác định như sau:

- Scope = 1 : phạm vi Nút
- Scope = 2 : phạm vi Link
- Scope = 5 : phạm vi Site
- Scope = 8 : phạm vi Tổ chức (Organization)
- Scope = E : phạm vi Toàn cầu (Global)
- Còn lại đều đang dự phòng

Bộ định tuyến sẽ sử dụng giá trị trường Scope của địa chỉ Multicast để quyết định có chuyển tiếp lưu lượng có địa chỉ Multicast hay không.

Ví dụ: địa chỉ FF02::2 , địa chỉ này có Scope = 2 , thuộc phạm vi Link-local nên bộ định tuyến sẽ không bao giờ chuyển tiếp gói tin này ra khỏi phạm vi Local link.

Nhóm Group ID: Thực hiện chức năng định danh các nhóm Multicast. Có những group ID được định nghĩa từ trước (Predefined Group ID), sau đây là một số địa chỉ IPv6 Multicast được định nghĩa từ trước như thế:

- Multicast tới mọi nút mạng: Nhóm này được gắn giá trị Group ID = 1
  + FF01::1 – Địa chỉ Multicast mọi nút mạng, phạm vi nút mạng (Scope=1: xác định phạm vi nút mạng; Group ID = 1 xác định nhóm Multicast mọi nút mạng)
  + FF02::1–Địa chỉ Multicast mọi nút mạng, phạm vi Link (Scope=2; Group ID = 1)
- Multicast tới mọi Router: Nhóm này được gắn giá trị Group ID = 2
  + FF01::2 – Địa chỉ Multicast mọi Router phạm vi nút mạng (Scope = 1: xác định phạm vi nút; Group ID = 2: xác định nhóm Multicast mọi Router)
  + FF02::2 – Địa chỉ Multicast mọi Router phạm vi Link (Scope = 2; Group ID = 2)

+ FF05::2 – Địa chỉ Multicast mọi Router phạm vi Site. Địa chỉ này xác định mọi Router IPv6 trong phạm vi một Site (Scope = 5; Group ID = 2)

Địa chỉ Multicast của IPv6 có nhiều ưu điểm hơn so với địa chỉ Multicast của IPv4. Một trong số đó là số lượng địa chỉ để sử dụng. Trong IPv4, Class D được dành cho Multicast, đó chỉ là khoảng không gian địa chỉ nhỏ từ 224.0.0.0 tới 239.255.255.255. Nhưng trong địa chỉ IPv6, vùng địa chỉ dành cho Multicast chiếm tới 1/256 không gian địa chỉ khổng lồ. Do vậy địa chỉ Multicast có thể được sử dụng thoải mái hơn. Thêm nữa cơ sở hạ tầng có hỗ trợ Multicast có thể xây dựng dễ dàng hơn, bởi vì không như IPv4, địa chỉ Multicast là bắt buộc trong thực hiện IPv6.

3.5.3.3 Địa chỉ Anycast

Anycast là khái niệm mới trong địa chỉ IPv6. Đây là địa chỉ dùng để định vị nhiều Interface. Tuy vậy, trong mô hình định tuyến, gói tin có địa chỉ đích là Anycast chỉ được gửi tới một Interface duy nhất trong số các Interface có cùng địa chỉ Anycast, thông thường Interface đó là Interface "gần nhất" tính theo giao thức định tuyến trong nhóm.

Anycast không có không gian địa chỉ riêng mà thuộc vùng địa chỉ Unicast (vùng địa chỉ xác định bởi tiền tố 001). Khi một địa chỉ Unicast được gắn cho một Interface, nó là địa chỉ Unicast, còn khi một địa chỉ Unicast được gắn đồng thời cho nhiều Interface, nó lại trở thành địa chỉ Anycast. Đối với những nút gán địa chỉ này phải được cấu hình với ý nghĩa của địa chỉ Anycast. Một địa chỉ Anycast có thể được gắn cho nhiều Interface của nhiều nút mạng.

Địa chỉ Anycast không bao giờ được sử dụng làm địa chỉ nguồn của một gói tin IPv6. Hiện nay, địa chỉ Anycast không được gán cho một trạm IPv6 mà chỉ được gán cho một bộ định tuyến IPv6. Ứng dụng mong muốn của địa chỉ Anycast là sử dụng để xác định một tập các bộ định tuyến thuộc về một nhà cung cấp dịch vụ Internet.

Có một loại địa chỉ Anycast đặc biệt được sử dụng để định danh cho một mạng gọi là Subnet-Router Anycast. Cấu trúc của loại địa chỉ này như trên Hình 3.76.

n bit	(128 - n) bit
Tiền tố mạng	000…000

Hình 3.76: Cấu trúc địa chỉ Anycast

Phần "Tiền tố mạng" trong cấu trúc này xác định một liên kết cụ thể. Tính chất của loại địa chỉ Anycast này giống với địa chỉ Unicast link-local gán cho các Interface trong đó phần "Interface ID" đặt bằng 0.

Loại địa chỉ này được sử dụng cho những nút cần giao tiếp đồng thời với một tập các bộ định tuyến trên mạng. Ví dụ người dùng di động có nhu cầu đồng thời cùng một lúc giao tiếp với các trạm cố định và các trạm trong mạng di động.

3.6 Công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS

3.6.1 Nhu cầu phát triển MPLS

Để đáp ứng nhu cầu phát triển mạng lưới, xu hướng của các ISP là thiết kế và sử dụng các thiết bị định tuyến chuyên dụng với dung lượng chuyển tải lớn, hỗ trợ các giải pháp tích hợp, chuyển mạch đa lớp cho mạng đường trục. MPLS là giải pháp nhằm liên kết định tuyến lớp mạng và cơ chế hoán đổi nhãn thành một giải pháp đơn nhất để đạt được các mục tiêu sau:

- Cải thiện hiệu năng định tuyến;
- Cải thiện tính mềm dẻo của định tuyến trên các mô hình xếp chồng truyền thống;
- Tăng tính mềm dẻo trong quá trình đưa và phát triển các loại hình dịch vụ mới.

Chỉ trong vòng vài năm MPLS đã trở thành giao thức được lựa chọn để đơn giản hoá và tích hợp giải pháp trong mạng lõi. Nó cho phép các nhà khai thác giảm chi phí, đơn giản hoá việc quản lý lưu lượng và hỗ trợ các dịch vụ Internet xếp chồng. MPLS sử dụng chế độ tích hợp, bởi vậy nó có được cả những điểm mạnh của ATM như tốc độ cao, QoS, điều khiển luồng cũng như độ mềm dẻo và khả năng mở rộng của IP. MPLS không những giải quyết được rất nhiều vấn đề của mạng hiện tại mà còn hỗ trợ thêm nhiều chức năng mới. Chính vì thế, nó được coi là giải pháp cơ sở cho IP thế hệ tiếp theo với việc cung cấp khả năng đáp ứng băng thông và QoS theo yêu cầu của người sử dụng.

3.6.2 Nguyên lí hoạt động của MPLS

Bước cải tiến cơ bản của MPLS là thay đổi các thiết bị lớp 2 trong mạng như chuyển mạch ATM thành các bộ định tuyến chuyển mạch nhãn. Các bộ định tuyến này có thể được xem như một sự kết hợp giữa hệ thống chuyển mạch ATM với bộ định tuyến IP truyền thống. Các giao thức MPLS được sử dụng để liên lạc giữa những bộ định tuyến chuyển mạch nhãn trong miền MPLS. Tại biên của miền MPLS là các bộ định tuyến biên được thiết kế để thích ứng với công nghệ IP truyền thống.

Trong MPLS, nhãn được sử dụng để truyền các gói tin qua mạng. Các nhãn này gắn vào các gói tin IP và cho phép bộ định tuyến chuyển tiếp lưu lượng theo nhãn mà

không cần địa chỉ IP đích. MPLS dựa trên mô hình ngang cấp, vì vậy mỗi thiết bị MPLS chạy một giao thức định tuyến, trao đổi thông tin định tuyến với các thiết bị lân cận, và chỉ duy trì một không gian cấu hình mạng với một không gian địa chỉ.

MPLS chia bộ định tuyến làm hai phần chức năng riêng biệt là chuyển tiếp gói tin và điều khiển. Phần chức năng chuyển tiếp gói sử dụng cơ chế hoán đổi nhãn. Kỹ thuật hoán đổi nhãn về bản chất là việc tìm chặng kế tiếp cho gói tin trong một bảng chuyển tiếp nhãn, sau đó thay thế giá trị nhãn của gói rồi chuyển tới cổng ra của bộ định tuyến. Việc này đơn giản hơn nhiều so với việc xử lý gói tin thông thường ở lớp mạng và do vậy cải tiến được năng lực của thiết bị. Phần chức năng điều khiển của MPLS bao gồm các giao thức định tuyến với nhiệm vụ phân phối thông tin định tuyến giữa các bộ định tuyến, và thủ tục gán nhãn để chuyển thông tin định tuyến thành bảng chuyển tiếp nhãn. MPLS có thể hoạt động được với các giao thức định tuyến Internet như OSPF và BGP hay PNNI của ATM.

Khi các gói tin vào mạng MPLS, bộ định tuyến không chuyển tiếp theo từng gói mà thực hiện phân loại chúng thành các lớp chuyển tiếp, sau đó liên kết các lớp này với các giá trị nhãn. Một giao thức phân bổ nhãn sẽ được sử dụng để ấn định và phân bổ các liên kết nhãn với lớp chuyển tiếp. Khi giao thức phân bổ nhãn hoàn thành nhiệm vụ của nó, một đường dẫn chuyển mạch nhãn sẽ được thiết lập từ lối vào tới lối ra. Với mỗi gói tin vào mạng, bộ định tuyến lối vào kiểm tra các trường trong tiêu đề gói để xác định xem nó sẽ thuộc về lớp chuyển tiếp nào. Nếu đã có một liên kết nhãn với lớp chuyển tiếp đó thì bộ định tuyến gắn nhãn cho gói và định hướng nó tới giao diện đầu ra tương ứng. Sau đó gói được hoán đổi nhãn qua các nút mạng cho đến khi nó đến bộ định tuyến lối ra. Tại đó nhãn bị loại bỏ và gói được xử lý tiếp ở lớp 3.

Như vậy, hiệu năng đạt được trong MPLS là nhờ việc đưa quá trình xử lý lớp 3 tới biên của mạng và chỉ thực hiện một lần tại đó thay cho việc xử lý tại từng nút trung gian như trong IP. Tại các nút trung gian việc xử lý chỉ là tìm sự tương quan giữa nhãn trong gói với thực thể tương ứng trong bảng chuyển tiếp và sau đó hoán đổi nhãn. Quá trình này có thể được thực hiện bằng phần cứng nên đạt tốc độ rất cao.

Các khả năng cơ bản của MPLS được liệt kê sau đây:

- Hỗ trợ liên kết điểm-điểm và multicast;
- Làm việc với hầu hết các công nghệ liên kết dữ liệu;
- Tương thích với hầu hết các giao thức lớp mạng và công nghệ khác liên quan đến Internet;
- Hoạt động độc lập với các giao thức định tuyến và có khả năng tìm đường đi linh hoạt dựa vào nhãn cho trước;
- Hỗ trợ định tuyến hiện;
- Có khả năng tạo các luồng băng thông cố định tương tự như kênh ảo của

ATM hay Frame Relay;

- Cung cấp khả năng điều khiển lưu lượng và QoS;
- Hỗ trợ việc cấu hình quản trị và bảo trì hệ thống (OAM);
- Hỗ trợ truy nhập máy chủ và VPN;
- Có thể hoạt động trong mạng phân cấp.

3.6.3 Ứng dụng của MPLS

Những ưu việt của MPLS đã tăng cường khả năng cạnh tranh của các nhà khai thác dịch vụ. Các sản phẩm MPLS đã được triển khai và ứng dụng rộng rãi trên phạm vi toàn cầu. Sau đây là một số ứng dụng cơ bản của MPLS xét từ góc độ các giải pháp mạng.

Ứng dụng đầu tiên của chuyển mạch nhãn là điều khiển lưu lượng (TE – Traffic Engineering), trong một số trường hợp còn được gọi là định tuyến với việc dành trước tài nguyên. Việc điều khiển lưu lượng ban đầu được thực hiện theo cấu hình tĩnh. Điều này có nghĩa là người quản trị phải cấu hình tất cả các bước để một luồng lưu lượng nào đó có thể truyền qua mạng. Bổ sung sau đó cho việc điều khiển lưu lượng là cấu hình động khi sử dụng giao thức định tuyến trạng thái liên kết. Người quản trị không phải cấu hình để điều khiển lưu lượng theo từng bước. Giao thức định tuyến theo trạng thái liên kết truyền nhiều thông tin hơn, để đường hầm có thể tạo ra theo nhiều cách thức khác nhau. Do đó giảm được số lượng công việc cho người vận hành, và điều này đã làm cho điều khiển lưu lượng trong MPLS trở nên phổ biến hơn.

Trước khi xuất hiện MPLS-VPN, chuyển mạch nhãn vẫn chưa được phổ biến rộng rãi. Khi phiên bản phần mềm điều khiển bộ định tuyến hỗ trợ cho MPLS-VPN đầu tiên được phát hành, nó thành công ngay lập tức bởi vì nhiều nhà khai thác đang mong muốn nhanh chóng cung cấp dịch vụ mạng riêng ảo trên nền MPLS cho khách hàng của họ. Ngày nay, MPLS-VPN là ứng dụng phổ biến nhất trong tất cả các ứng dụng của MPLS.

Ứng dụng to lớn tiếp theo của MPLS là AToM (Any Transport over MPLS). Giải pháp AToM đầu tiên đưa ra trong phiên bản Cisco IOS 12.0(10)ST vào năm 2000, hỗ trợ truyền ATM AAL-5 qua mạng đường trục MPLS. Sau đó nhiều thành phần khác đã được thêm vào AToM. Ví dụ, tại lớp 2 các thành phần có thể truyền qua mạng AToM là Frame Relay, ATM, PPP, HDLC, Ethernet và 802.1Q. Đặc biệt, việc truyền Ethernet qua mạng MPLS đường trục ngày nay đã thu được nhiều thành công. Tuy nhiên, AToM bị hạn chế khi nó truyền khung Ethernet qua mạng đường trục MPLS trong kiểu truyền điểm-điểm.

Dịch vụ LAN riêng ảo VPLS (Virtual Private LAN Service) cho phép truyền các khung Ethernet theo kiểu điểm-đa điểm. Thực chất, VPLS là một dịch vụ lớp 2 mô phỏng LAN qua mạng MPLS. Phiên bản Cisco IOS đầu tiên bổ sung VPLS được đưa

ra vào đầu năm 2004 trên nền bộ định tuyến 7600 là 12.2(17d)SXB.

Như vậy, có thể thấy MPLS đã kết hợp được những ưu điểm của cả Frame Relay, ATM và công nghệ trên nền IP. Giải pháp truyền gói mới này đã mở ra các lĩnh vực ứng dụng mang lại nhiều thành công lớn như là MPLS-VPN, MPLS-TE, AToM và VPLS.

3.7 Tổng kết

Trong chương này trình bày những vấn đề cơ bản nhất liên quan đến hoạt động của lớp Mạng.

Chức năng của lớp Mạng là chuyển các gói tin từ nguồn tới đích qua môi trường liên mạng. Có thể nói, lớp mạng là lớp thấp nhất xử lí việc truyền từ đầu cuối tới đầu cuối. Để hoàn thành được nhiệm vụ chuyển các gói tin đến đích, lớp mạng phải biết được cấu trúc liên kết của mạng và lựa chọn các đường đi thích hợp cho gói tin qua mạng. Chức năng này được gọi là định tuyến, và đây là chức năng quan trọng nhất của lớp mạng.

Định tuyến là sự lựa chọn một con đường để truyền một đơn vị dữ liệu (gói tin) từ trạm nguồn đến trạm đích trong một liên mạng. Quá trình định tuyến bao gồm hai chức năng: xác định đường đi và chuyển mạch. Chức năng xác định đường đi chọn ra một đường đi tối ưu đến đích theo một tiêu chí nào đó. Chức năng chuyển mạch chuyển gói tin từ cổng vào tới cổng ra tương ứng với đường đi tối ưu đã chọn.

Có nhiều cách để phân loại định tuyến, trong đó cách phân loại phổ biến nhất là phân thành định tuyến tĩnh và định tuyến động; định tuyến vectơ khoảng cách và định tuyến trạng thái liên kết. Định tuyến tĩnh là định tuyến mà các tuyến được cập nhật nhân công bởi người quản trị mạng. Các tuyến tĩnh sẽ không tự động thay đổi trong trường hợp tôpô mạng thay đổi. Thay vào đó, người quản trị mạng phải cập nhật lại tuyến một cách nhân công. Định tuyến động tự động cập nhật tuyến khi tôpô mạng thay đổi.

Định tuyến vectơ khoảng cách tính toán tuyến tối ưu đựa trên khoảng cách mạng (số bước nhảy). Các bộ định tuyến sử dụng giao thức định tuyến vectơ khoảng cách gửi định kỳ cập nhật định tuyến tới tất cả hàng xóm. Cập nhật này chứa toàn bộ bảng định tuyến của bộ định tuyến. Định tuyến trạng thái liên kết sử dụng giải thuật đường đi ngắn nhất trước (SPF) để tính toán tuyến tối ưu. Các bộ định tuyến sử dụng định tuyến trạng thái liên kết chỉ gửi một phần thông tin trong bảng định tuyến, nhưng lại gửi tới toàn bộ bộ định tuyến trong mạng. Việc gửi cũng không được thực hiện định kỳ mà được thực hiện lúc khởi tạo hoặc khi tôpô mạng thay đổi.

Các giao thức lớp mạng điển hình được trình bày là IP, ICMP, ARP/RARP và các giao thức định tuyến như RIP, OSPF, BGP. Các giao thức định tuyến có thể được phân loại theo nhiều cách, phụ thuộc vào việc chúng được sử dụng ở đâu trong mối quan hệ với doanh nghiệp. Các giao thức chạy bên trong doanh nghiệp được gọi là giao thức trong (IGP), chẳng hạn RIPv1; RIPv2; IGRP; EIGRP và OSPF. Giao thức chạy bên ngoài doanh nghiệp, hoặc giữa các hệ tự trị, được gọi là giao thức ngoài (EGP). BGPv4 là một giao thức EGP phổ biến nhất hiện nay.

3.8 Câu hỏi ôn tập

1. Giới thiệu các chức năng của lớp Mạng và bài toán định tuyến.
2. Giới thiệu các khái niệm cơ bản về định tuyến.
3. Nêu các phương pháp phân loại kĩ thuật định tuyến.
4. Phân biệt định tuyến tĩnh và định tuyến động.
5. Trình bày các đặc điểm chính của kĩ thuật định tuyến vectơ khoảng cách.
6. Trình bày các đặc điểm chính của kĩ thuật định tuyến trạng thái liên kết.
7. Nêu khái niệm về định tuyến lai cân bằng.
8. Trình bày cấu trúc của IP datagram
9. Trình bày các lớp địa chỉ IP
10. Khái niệm phân mạng con và cách chia phân mạng con
11. Trình bày những đặc điểm chính của giao thức ICMP
12. Trình bày những đặc điểm chính của giao thức ARP
13. Trình bày những đặc điểm chính của giao thức RARP
14. Trình bày những đặc điểm chính của giao thức định tuyến RIP
15. Trình bày những đặc điểm chính của giao thức định tuyến OSPF
16. Trình bày những đặc điểm chính của giao thức định tuyến BGP
17. Trình bày những đặc điểm chính của công nghệ MPLS

CHƯƠNG 4. LỚP GIAO VẬN

Lớp giao vận không chỉ là một lớp bình thường, mà là trái tim của toàn bộ hệ thống phân lớp giao thức. Nhiệm vụ của nó là cung cấp, vận chuyển một cách có hiệu quả nhất dữ liệu từ máy chủ đến máy đích, một cách độc lập với mạng vật lý hay mạng hiện tại đang sử dụng. Nếu không có lớp giao vận, toàn bộ các lớp giao thức đều trở nên vô nghĩa. Trong chương này, chúng ta sẽ nghiên cứu một cách chi tiết về lớp giao vận, bao gồm các dịch vụ, thiết kế, giao thức và hiệu suất của nó.

4.1 Các dịch vụ giao vận

4.1.1.1 Dịch vụ được cung cấp tới các lớp trên

Mục tiêu cuối cùng của lớp giao vận là cung cấp được một dịch vụ hiệu quả, đáng tin cây, chi phí thấp đến với người sử dụng, thông thường là các quá trình trong lớp ứng dụng. Để đạt được mục tiêu này, lớp giao vận sử dụng các dịch vụ được cung cấp bởi lớp mạng. Phần cứng và/hoặc phần mềm nằm trong lớp giao vận làm nhiệm vụ đó được gọi là **thực thể truyền tải**. Thực thể truyền tải có thể được đặt trong một hệ điều hành, trong quá trình sử dụng riêng biệt, trong một gói thư viện liên kết với các ứng dụng mạng, hoặc được hình dung trên card mạng. Các mối liên hệ (về mặt logic) của các lớp mạng , giao vận và ứng dụng được minh họa ở Hình 4.1.

Hình 4.1: Lớp mạng, giao vận và ứng dụng

Giống như 2 loại dịch vụ mạng, hướng kết nối và không kết nối, cũng có 2 loại dịch vụ giao vận. Dịch vụ giao vận hướng kết nối cũng tương tự như bên dịch vụ mạng. Ở cả hai trường hợp, kết nối có ba giai đoạn: thiết lập, truyền dữ liệu và giải phóng kết nối. Việc giải quyết và kiểm soát sự truyền tải cũng tương

tự ở cả hai lớp. Hơn nữa, dịch vụ giao vận phi kết nối cũng rất giống với dịch vụ mạng phi kết nối.

Câu hỏi tất yếu được đặt ra: Nếu các dịch vụ lớp giao vận giống với dịch vụ lớp mạng , vậy tại sao lại cần phải có hai lớp riêng biệt? Tại sao một lớp lại không đủ? Câu trả lời rất tinh tế nhưng lại quan trọng, và mở lại Hình 1.3. Mã truyền tải chạy hoàn toàn trên máy người dùng, nhưng lớp mạng phần lớn lại chạy trên các bộ định tuyến, được điều hành bên phía nhà cung cấp (ít nhất là cho một mạng diện rộng). Điều gì xảy ra nếu lớp mạng cung cấp dịch vụ không đầy đủ? Giả sử nó thường xuyên mất gói? Điều gì sẽ xảy ra nếu các bộ định tuyến gặp vấn đề bất cứ lúc nào?

Vấn đề xảy ra, đó là những gì? Người dùng không có được quyền điều khiển trên lớp mạng, vì vậy, họ không thể giải quyết được các vấn đề của dịch vụ kém bằng cách sử dụng các bộ định tuyến tốt hơn hay đặt nhiều bộ xử lý lỗi hơn trong lớp liên kết dữ liệu. Khả năng duy nhất để đặt lớp mạng lên trên các lớp khác là để cải thiện chất lượng dịch vụ. Nếu ở trong một mạng hướng kết nối , một đơn vị truyền tải được thông báo truyền tải một nửa quãng đường thì bị mất kết nối mạng, không có một dấu hiệu nào cho biết được điều gì đã xảy ra với những dữ liệu đang trong quá trình truyền tải, nó sẽ được thiết lập một kết nối mạng mới tới đơn vị truyền tải từ xa. Việc sử dụng kết nối mạng mới này, nó có thể gửi một truy vấn tới cấp ngang hàng với nó để kiểm tra dữ liệu nào đến và không đến, sau đó tìm lại từ nơi nó bị ngắt.

Về bản chất, sự tồn tại của lớp giao vận làm có thể làm cho dịch vụ giao vận trở nên đáng tin cậy hơn so với các dịch vụ mạng cơ bản. Việc mất gói tin và thiếu hụt dữ liêu có thể được phát hiện và bù lại bởi lớp giao vận. hơn nữa, các dịch vụ giao vận nguyên thủy có thể được thực hiện như là các cuộc gọi tới các hàm thư viện để làm chúng trở nên độc lập với các dịch vụ mạng nguyên thủy. Các cuộc gọi dịch vụ mạng có thể thay đổi đáng kể từ mạng này sang mạng khác (ví dụ: dịch vụ phi kết nối của mạng LAN có thể khác hoàn toàn so với dịch vụ hướng kết nối của mạng WAN). Bằng cách dấu đi các dịch vụ mạng đằng sau một tập các dịch vụ truyền tải nguyên thủy, sự thay đổi dịch vụ mạng chỉ yêu cầu thay thế một tập các hàm thư viện bởi một cái khác mà có những chức năng giống nhau với một dịch vụ cơ bản khác.

Nhờ có lớp giao vận, lập trình viên có thể viết mã theo một bộ tiêu chuẩn ban đầu và các chương trình này làm việc trên một loạt các mạng mà không cần phải lo lắng về việc đối phó với các giao diện mạng con khác nhau và sự truyền tải không đáng tin cậy. Nếu tất cả các mạng thật đều được hoàn thiện và có các dịch vụ nguyên thủy như nhau và được đảm bảo không bao giờ thay đổi, thì lớp giao vận đã có thể không được cần đến. Tuy nhiên, trong thực tế, nó thực hiện tốt các chức năng quan trọng của việc phân ly các lớp trên với kỹ thuật, thiết kế và các thiếu sót của mạng con.

Vì lý do này, nhiều người đã phân biệt giữa các lớp từ 1 đến 4 trên một mặt và các lớp từ 4 trở lên trên mặt khác. Bốn lớp dưới cùng được xem như **là nhà cung cấp dịch vụ giao vận**, trong khi các lớp trên được coi là **người dùng dịch vụ giao vận**. Sự phân biệt này của nhà cung cấp so với người dùng có một tác động đáng kể về thiết kế của các lớp và đặt lớp giao vận vào một vị trí quan trọng, vì nó tạo thành biên giới chính giữa các nhà cung cấp và người sử dụng các dịch vụ truyền dữ liệu đáng tin cậy.

4.1.1.2 Dịch vụ giao vận nguyên thủy

Để cho phép người dùng truy cập dịch vụ giao vận, lớp giao vận phải cung cấp một số hoạt động tới các chương trình ứng dụng, đó chính là giao diện dịch vụ giao vận. Mỗi một dịch vụ giao vận thì có một giao diện riêng của nó. Trong phần này, chúng ta sẽ xem xét một dịch vụ giao vận đơn giản (giả thiết) và giao diện của nó để thấy được bản chất vấn đề. Ở phần tiếp theo, chúng ta sẽ nhìn vào ví dụ thưc tế.

Dịch vụ giao vận thì tương tương với dịch vụ mạng, nhưng có một số điểm khác nhau quan trọng. Điểm khác nhau chính là dịch vụ mạng được dùng để mô hình hóa các dịch vụ được cung cấp bởi mạng thực. Mạng thực có thể bị mất gói tin, vì vậy dịch vụ mạng nói chung là không đáng tin cậy. Ngược lại, dịch vụ giao vận (hướng kết nối) lại rất đáng tin cậy. Tất nhiên, các mạng thực tế thì không có lỗi, nhưng mục đích chính của lớp giao vận là cung cấp một dịch vụ tin cậy trên các mạng không tin cậy.

Ví dụ, hãy xem xét hai quá trình kết nối trong UNIX. Sự kết nối giữa chúng được cho là hoàn hảo, không muốn thừa nhận những thứ như mất gói tin, nghẽn mạng hay bất cứ điều gì như thế. Những gì mong muốn là độ tin cậy của kết nối đạt 100%. Quá trình A đưa dữ liệu vào một đầu của đường dẫn, và quá trình B lấy nó ra ở đầu khác. Đó là tất cả những vấn đề của dịch vụ giao vận theo hướng kết nối – giấu đi những điểm thiếu sót của dịch vụ mạng để người dùng chỉ có thể giả định sự tồn tại của một dòng bit lỗi.

Mặt khác, lớp giao vận cũng có thể cung cấp dịch vụ (gói dữ liệu) không tin cậy. Tuy nhiên, điều này rất ít, vì vậy chúng ta sẽ tập trung chủ yếu vào dịch vụ giao vận hướng kết nối trong chương này. Tuy vậy, chúng ta cũng sẽ nói thêm một chút sau về một số ứng dụng, chẳng hạn như những máy chủ phía khách hàng và dòng đa phương tiện – những cái mà được hưởng lợi từ việc truyền tải phi kết nối .

Điểm khác nhau thứ 2 giữa dịch vụ mạng và dịch vụ giao vận là đối tượng mà các dịch vụ hướng tới. Dịch vụ mạng thì chỉ được sử dụng bởi các đơn vị truyền tải. Chỉ có một số ít người dùng viết ra các đơn vị truyền tải riêng cho họ, và do đó, có ít người hoặc chương trình có thể nhìn thấy được cái lõi của dịch vụ mang. Ngược lại, có rất nhiều chương trình (và người lập trình) có thể nhìn thấy sự truyền tải nguyên thủy. Do vậy, các dịch vụ giao vận trở nên thuận tiện và dễ sử dụng hơn.

Để có được ý tưởng cho những gì dịch vụ giao vận có thể đạt được, chúng ta hãy xem xét 5 khái niệm cơ bản được liệt kê ở Bảng 4.1 dưới đây. Giao diện truyền tải là xương sống, nó mang những điều cơ bản nhất mà giao diện truyền tải có hướng kết nối phải làm. Nó cho phép các chương trình ứng dụng có thể thiết lập, sử dụng, sau đó giải phóng kết nối, những thứ đủ cho nhiều ứng dụng.

Bảng 4.1: Các khái niệm cơ bản của dịch vụ giao vận đơn giản

Primitive	Packet sent	Meaning
LISTEN	(none)	Block until some process tries to connect
CONNECT	CONNECTION REQ.	Actively attempt to establish a connection
SEND	DATA	Send information
RECEIVE	(none)	Block until a DATA packet arrives
DISCONNECT	DISCONNECTION REQ.	This side wants to release the connection

Để xem cách thức mà các khái niệm căn bản sử dụng, chúng ta xem xét một ứng dụng với máy chủ và một số khách hàng từ xa. Để bắt đầu, máy chủ thực hiện một lệnh Lắng nghe, thông thường là gọi một hàm thư viện để làm cho hệ thống gọi chặn máy chủ cho đến khi khách hàng chuyển lên. Khi máy khách muốn trao đổi với máy chủ, nó sẽ thực hiện lệnh Kết nối. Các đơn vị truyền tải thực hiện các lệnh cơ bản này này bằng cách chặn phía gọi và gửi gói tin đến máy chủ. Gói tin này mang một thông báo của lớp vận chuyển cho đơn vị vận chuyển của máy chủ.

Một lưu ý về thuật ngữ ở đây. Do thiếu một thuật ngữ chính xác hơn, chúng ta sẽ sử dụng từ viết tắt **TPDU (Đơn vị dữ liệu giao thức truyền tải)** cho các thông báo được gửi từ các đơn vị truyền tải với nhau. Do vậy, các TPDU (được trao đổi bởi lớp giao vận) được chứa trong các gói tin (trao đổi bởi lớp mạng). Đổi lại, các gói dữ liệu lại được chứa trong khung (và được trao đổi bởi lớp liên kết dữ liệu). Khi một khung đến, lớp liên kết dữ liệu sẽ xử lý các tiêu đề của khung và chuyển nội dung của khung tới các thực thể mạng. Các thực thể mạng xử lý tiêu đề gói tin, và chuyển nội dung trọng tải gói tin tới thực thể truyền tải. Điều này được minh hoạ trong Hình 4.2.

Hình 4.2: Mô hình của TPDU, gói và khung

Trở lại với ví dụ về máy chủ phía khách hàng, kết nối cuộc gọi của khách hàng gửi yêu cầu kết nối TPDU tới máy chủ. Khi yêu cầu được gửi đến, thực thể truyền tải sẽ kiểm tra để thấy rằng các máy chủ đã chặn trên Lắng nghe (tức là, đã quan tâm đến việc xử lý yêu cầu). Sau đó nó mở chặn máy chủ và gửi lệnh Chấp nhận kết nối TPDU trở lại phía khách hàng. Khi mà TPDU đến, phía khách cũng được mở và kết nối được thiết lập.

Dữ liệu có thể được trao đổi bằng cách sử dụng các lệnh Gửi và Nhận cơ bản. Trong một hình thức đơn giản, một trong 2 bên có thể chặn lệnh Nhận để đợi bên kia thực hiện lệnh Gửi. Khi mà TPDU đến, phía nhận được mở. Sau đó nó xử lý các

TPDU và gửi trả lời lại. Sơ đồ này được coi là hoạt động tốt nếu cả hai bên có thể theo dõi lần lượt gửi cho nhau.

Một điều chú ý rằng, tại lớp giao vận, ngay cả một trao đổi dữ liệu một chiều cũng phức tạp hơn hẳn so với tại lớp mạng. Khi kết thúc, tất cả các gói dữ liệu được gửi đi cũng sẽ được ghi nhận lại. Các gói mà điều khiển các TPDU cũng được công nhận một cách trực tiếp hay gián tiếp. Những sự ghi nhận này được quản lý bởi các thực thể truyền tải, sử dụng giao thức lớp mạng, và nó không hiển thị tới những người dùng truyền tải. Tương tự như vậy, các thực tể truyền tải cũng cần phải quan tâm đến vấn đề thời gian và sự truyền phát lại. Không có một thiết bị nào hiển thị cho người dùng truyền tải. Để tới người dùng truyền tải, kết nối là một đường bit đáng tin cậy: một người dùng gửi các bit ở một đầu và họ nhận lại nó ở đầu bên kia. Khả năng này là lý do mà các giao thức lớp giao vận thực sự là một công cụ mạnh mẽ.

Khi mà kết nối không còn cần thiết, nó phải được ngắt để giải phóng không gian giữa 2 thực thể truyền tải. Ngắt kết nối có hai loại: đối xứng và bất đối xứng. Trong kiểu bất đối xứng: người dùng truyền tải có thể cấp 1 lệnh Ngắt kết nối cơ bản – là kết quả trong lệnh Ngắt kết nối của TPDU đã được gửi tới thực thể truyền tải từ xa. Khi nó đến nơi, kết nối được giải phóng.

Trong kiểu đối xứng: mỗi chiều được đóng riêng biệt, độc lập với nhau. Khi một bên đã Ngắt kết nối, có nghĩa là nó không có dữ liệu gửi đi, nhưng vẫn sẵn sàng nhận dữ liệu từ các đối tác của nó.Trong mô hình này, một kết nối được giải phóng khi cả 2 bên đều đã Ngắt kết nối.

Sơ đồ minh họa cho việc thiết lập và giải phóng kết nối đơn giản được mô tả trong Hình 4.3. Quá trình chuyển đổi có nhãn in nghiêng là gói tin đến. Đường liền hiển thị trạng thái khách hàng. Các đường đứt nét hiển thị trạng thái máy chủ.

Mỗi chuyển tiếp được kích hoạt bởi một số sự kiện, hoặc là một lệnh cơ bản được thực hiện bởi người dùng truyền tải cục bộ hay một gói tin đến. Để đơn giản, chúng ta giả định rằng mỗi TPDU đều được ghi nhận riêng biệt. Chúng ta cũng giả định rằng một mô hình ngắt kết nối đối xứng được sử dụng, với các khách hàng đầu tiên. Lưu ý rằng mô hình này hoàn toàn không hề phức tạp. Chúng ta sẽ xem xét các mô hình thực tế ở phần sau.

Hình 4.3 Sơ đồ chương trình quản lý kết nối đơn giản

4.2 Chức năng lớp giao vận

Dịch vụ giao vận được thực hiện bởi một **giao thức truyền tải** sử dụng giữa các thực thể truyền tải. Ở một khía cạnh nào đó, giao thức truyền tải giống như các giao thức liên kết dữ liệu đã nghiên cứu chi tiết trong chương 2. Cả hai phải đối phó với kiểm soát lỗi, trình tự, và kiểm soát luồng và các vấn đề khác.

Tuy nhiên, sự khác biệt đáng kể giữa hai vấn đề cũng tồn tại. Những khác biệt này là do sự không tương đồng lớn giữa môi trường trong đó hai giao thức hoạt động, như trong Hình 4.4. Tại lớp liên kết dữ liệu, hai router giao tiếp trực tiếp thông qua một kênh vật lý, trong khi ở lớp giao vận, kênh vật lý này được thay thế bằng toàn bộ phân mạng . Sự khác biệt này có nhiều ý nghĩa quan trọng cho các giao thức, như chúng ta sẽ thấy trong chương này.

Hình 4.4: (a) Môi trường của lớp liên kết dữ liệu (b) Môi trường lớp giao vận

4.2.1 Đánh địa chỉ

Khi một ứng dụng (ví dụ, một người sử dụng) mong muốn thiết lập một kết nối đến một ứng dụng từ xa, nó phải xác định kết nối tới đâu. Các phương pháp thường được sử dụng là xác định địa chỉ vận chuyển mà quá trình có thể lắng nghe yêu cầu kết nối. Trong Internet, các điểm kết thúc được gọi là **cổng**. Trong mạng ATM, chúng

được gọi là **AAL-SAP**. Chúng ta sẽ sử dụng thuật ngữ chung **TSAP (Điểm truy cập dịch vụ giao vận).** Điểm kết thúc tương tự trong lớp mạng (ví dụ, địa chỉ lớp mạng) sau đó được gọi là **NSAP**. Địa chỉ IP là những ví dụ của NSAP.

Hình 6-8 minh họa mối quan hệ giữa NSAP, TSAP và kết nối giao vận. Trong quá trình ứng dụng, cả máy khách và máy chủ, có thể gắn vào một TSAP để thiết lập một kết nối đến một TSAP từ xa. Những kết nối này chạy qua NSAPs trên mỗi máy chủ, như đã chỉ ra. Mục đích của việc có TSAPs là trong một số mạng, mỗi máy tính có một NSAP duy nhất, do một cách nào đó là cần thiết để phân biệt nhiều điểm kết thúc vận tải chia sẻ NSAP đó.

Hình 4.5 TSAPs, NSAPs, và kết nối giao thông

Trong khi địa chỉ TSAP ổn định làm việc cho một số ít các dịch vụ quan trọng mà không bao giờ thay đổi (ví dụ: máy chủ Web), nói chung, trong quá trình sử dụng, thường muốn nói chuyện với quá trình người dùng khác chỉ tồn tại trong một thời gian ngắn và không có một địa chỉ TSAP được biết trước. Hơn nữa, sẽ là lãng phí để mỗi chúng hoạt động và nghe một địa chỉ TSAP ổn định cả ngày nếu có khả năng nhiều quá trình máy chủ, hầu hết trong số đó ít được sử dụng. Tóm lại, một kế hoạch tốt hơn là cần thiết.

Một trong những chương trình được thể hiện trong Hình 4.6 trong một hình thức đơn giản hóa. Nó được gọi là **giao thức kết nối ban đầu**. Thay vì mỗi máy chủ có thể tưởng tượng lắng nghe tại một TSAP nổi tiếng, mỗi máy có nhu cầu cung cấp dịch vụ cho người dùng từ xa có một **máy chủ quá trình** đặc biệt hoạt động như một đại diện cho máy chủ sử dụng nhiều. Nó nghe một tập hợp các cổng cùng một lúc, chờ đợi một yêu cầu kết nối. Người dùng tiềm năng của một dịch vụ bắt đầu bằng cách làm một yêu cầu CONNECT , xác định địa chỉ TSAP của dịch vụ mà họ muốn. Nếu không có máy chủ đang chờ đợi họ, họ có được một kết nối đến máy chủ quá trình, như Hình 4.6(a).

Hình 4.6 thiết lập một kết nối với một máy chủ thời gian trong ngày trong máy trạm 2

4.2.2 Thiết lập kết nối

Thiết lập kết nối nghe có vẻ dễ dàng, nhưng đáng ngạc nhiên là nó thực sự khá phức tạp. Ở cái nhìn đầu tiên, có vẻ như một thực thể vận chuyển đến chỉ cần gửi một Yêu cầu kết nối TPDU tới điểm đến và chờ đợi CHẤP NHẬN KẾT NỐI trả lời. Vấn đề xảy ra khi mạng có thể bị mất, lưu trữ và sao chép các gói tin. Hành vi này gây ra hậu quả nghiêm trọng.

Hãy tưởng tượng một phân mạng bị tắc nghẽn và phải thừa nhận hầu như không bao giờ quay trở lại trong thời gian và mỗi gói thời gian ra và được truyền lại hai hoặc ba lần. Giả sử rằng phân mạng sử dụng gói dữ liệu bên trong và tất cả các gói tin đi theo một con đường khác nhau. Một số các gói tin có thể bị mắc kẹt trong một sự cố nghẽn mạng trong các mạng con và mất nhiều thời gian đến, điều đó nghĩa là chúng đã được lưu lại trong phân mạng và sẽ được đẩy ra sau.

Điều tồi tệ nhất có thể là như sau. Một người sử dụng thiết lập một kết nối với một ngân hàng, gửi thông điệp nói với các ngân hàng để chuyển một lượng tiền lớn vào tài khoản của người không hoàn toàn đáng tin cậy, và sau đó giải phóng kết nối. Thật không may, mỗi gói trong mọi trường hợp đều được nhân đôi và được lưu trữ trong mạng con. Sau khi kết nối đã được giải phóng, tất cả các các gói bật ra khỏi mạng và đến các điểm đến theo thứ tự, yêu cầu các ngân hang thiết lập một kết nối mới, chuyển tiền (một lần nữa), và giải phóng các kết nối. Ngân hàng có không có cách nào nói rằng đây là những bản sao. Nó phải thừa nhận rằng đây là một cái thứ hai, độc lập giao dịch, và chuyển tiền một lần nữa. Đối với phần còn lại của phần này chúng ta sẽ nghiên cứu các vấn đề của bản sao hoãn lại, với sự nhấn mạnh đặc biệt về các thuật toán để thiết lập kết nối trong một cách đáng tin cậy, do đó, những điều tồi tệ như trên có thể không xảy ra.

Điểm mấu chốt của vấn đề là sự tồn tại của bản sao bị trì hoãn. Nó có thể bị tấn công trong các cách khác nhau. Một cách là sử dụng địa chỉ truyền tải throw-away. Trong phương pháp này, mỗi lần một địa chỉ vận chuyển là cần thiết, một cái mới

được tạo ra. khi một kết nối được giải phóng, địa chỉ được bỏ đi và không bao giờ được sử dụng một lần nữa. Cách thức này làm cho mô hình máy chủ quá trình Hình 4.6 là không thể.

Một khả năng khác là để cho mỗi kết nối một định danh kết nối (ví dụ, một số thứ tự tăng lên cho mỗi kết nối thành lập) được lựa chọn bởi các bên khởi xướng và đặt trong từng TPDU, trong đó có một yêu cầu kết nối. Sau mỗi kết nối được giải phóng, mỗi tổ chức truyền tải có thể cập nhật một bảng liệt kê các kết nối như lỗi thời theo cặp (thực thể vận chuyển ngang, nhận dạng kết nối) . Bất cứ khi nào một yêu cầu kết nối xuất hiện, nó có thể được kiểm tra đối với bảng, để xem nếu nó thuộc về một kết nối trước đây giải phóng.

Thật không may, kế hoạch này có một lỗ hổng cơ bản: nó đòi hỏi mỗi thực thể vận chuyển duy trì một lượng thông tin nhất định trong lịch sử thông tin vô thời hạn. Nếu máy tính bị hỏng hay mất dữ liệu, nó sẽ không được biết định danh kết nối đã sử dụng.

Thay vào đó, chúng ta cần phải có một chiến thuật khác nhau. Thay vì cho phép các gói tin tồn tại mãi mãi trong mạng con, chúng ta phải đưa ra một cơ chế để loại bỏ các gói tin mà vẫn còn được hobbling về. Nếu chúng ta có thể đảm bảo rằng không có gói tin nào tồn tại lâu hơn một thời gian được biết, vấn đề trở nên phần nào dễ quản lý hơn.

Gói thời gian sống có thể được hạn chế tối đa sử dụng để được biết đến một (hoặc nhiều hơn) như sau trong kỹ thuật:

1. Thiết kế mạng con bị hạn chế.
2. Đặt một truy cập hop trong mỗi gói.
3. Timestamping mỗi gói

Phương pháp đầu tiên bao gồm bất kỳ các phương pháp có thể ngăn chặn các gói tin từ việc lặp, kết hợp với một số cách ranh giới gây chậm trễ tắc nghẽn trên đường dài nhất có thể. Các Phương pháp thứ hai gồm có bộ đếm hop khởi tạo một số giá trị thích hợp và giảm đi mỗi lần gói tin được chuyển tiếp. Giao thức mạng chỉ đơn giản là loại bỏ bất kỳ gói có truy cập hop trở thành số không. Phương pháp thứ ba yêu cầu mỗi gói tin phải chịu thời gian nó được tạo ra, với các bộ định tuyến đồng ý loại bỏ bất kỳ gói tin lớn hơn một số thỏa thuận thời gian. Phương pháp này đòi hỏi các đồng hồ định tuyến để được đồng bộ hóa, mà chính nó là một nhiệm vụ không tầm thường, trừ khi đồng bộ hóa được thực hiện bên ngoài vào mạng, ví dụ như sử dụng GPS hoặc một số đài phát thanh rằng chương trình phát sóng thời gian chính xác theo định kỳ.

4.2.3 Giải phóng kết nối

Giải phóng một kết nối dễ dàng hơn việc thiết lập một kết nối. Tuy nhiên, có nhiều bẫy hơn người ta mong muốn. Như chúng ta đã đề cập trước đó, có hai cách chấm dứt một kết nối: giải phóng không đối xứng và giải phóng đối xứng. Giải phóng không đối xứng là cách hệ thống điện thoại hoạt động: khi một bên gác máy, kết nối bị

đứt. Giải phóng đối xứng xử lý các kết nối như hai kết nối theo một hướng riêng biệt và đòi hỏi mỗi người sẽ được giải phóng một cách riêng biệt.

Giải phóng không đối xứng là đột ngột và có thể dẫn đến mất dữ liệu. Xem xét các kịch bản của Hình 4.7. Sau khi kết nối được thiết lập, máy chủ 1 sẽ gửi một TPDU đến đúng lúc máy chủ 2. sau đó máy chủ 1 gửi một TPDU. Thật không may, máy chủ 2 cấp một lệnh DISCONNECT trước khi TPDU thứ hai đến. Kết quả là kết nối được giải phóng và dữ liệu bị mất.

Hình 4.7 Ngắt kết nối đột ngột với mất dữ liệu

Rõ ràng, một thủ tục giải phóng phức tạp hơn là cần thiết để tránh mất dữ liệu. Một cách là sử dụng giải phóng đối xứng, trong đó mỗi chiều được giải phóng độc lập của một đường khác. Ở đây, một máy chủ có thể tiếp tục nhận được dữ liệu ngay cả sau khi nó đã gửi một TPDU DISCONNECT.

Giải phóng đối xứng làm công việc khi mỗi quá trình có một số lượng cố định dữ liệu để gửi và biết rõ ràng khi nó đã gửi. Trong tình huống khác, xác định rằng tất cả các công việc đã được thực hiện và kết nối phải được chấm dứt không phải là quá rõ ràng. Người ta có thể hình dung một giao thức trong đó máy chủ 1 nói: tôi đang làm. Bạn đang thực hiện không? Nếu máy chủ 2 trả lời: Tôi đang thực hiện. Tạm biệt, kết nối có thể được giải phóng một cách an toàn.

Thật không may, giao thức này không luôn luôn làm việc. Có một vấn đề nổi tiếng để minh họa vấn đề này. Nó được gọi là **vấn đề hai đội quân**. Hãy tưởng tượng rằng một đội quân trắng được đóng trại trong một thung lũng, như thể hiện trong Hình 4.8. Trên cả hai sườn đồi xung quanh là các đội quân màu xanh. Đội quân màu trắng là lớn hơn so với một trong các đội quân màu xanh đứng một mình, nhưng tổng số đội quân màu xanh là lớn hơn đội quân màu trắng. Nếu một trong hai đội quân màu xanh thực hiện cuộc tấn công một mình, nó sẽ bị đánh bại, nhưng nếu hai đội quân màu xanh tấn công cùng một lúc, họ sẽ chiến thắng.

Hình 4.8 Vấn đề hai đội quân

Đội quân màu xanh muốn đồng bộ hóa các cuộc tấn công của họ. Tuy nhiên, cách liên lạc duy nhất của họ là gửi sứ giả đi bộ xuống thung lũng, nơi họ có thể bị bắt và thông báo bị mất (tức là, họ phải sử dụng một kênh truyền thông không tin cậy). Câu hỏi là: Có tồn tại một giao thức mà để cho đội quân màu xanh giành chiến thắng?

Giả sử rằng người chỉ huy của quân đội màu xanh # 1 sẽ gửi một thông điệp :" Tôi đề nghị chúng ta tấn công vào rạng sáng ngày 29 tháng 3. Làm thế nào về nó?" Bây giờ giả sử rằng các tin nhắn đến, người chỉ huy đội quân màu xanh # 2 đồng ý, và tin trả lời của ông trở về an toàn tới người # 1. Sẽ xảy ra tấn công? Có lẽ là không, bởi vì chỉ huy # 2 không biết câu trả lời của ông đã được thông qua. Nếu không, đội quân màu xanh # 1 sẽ không tấn công, do đó, sẽ là ngu ngốc cho anh ta khi xông lên chiến đấu.

Bây giờ chúng ta cải thiện giao thức bằng cách làm cho nó một bắt tay ba chiều. Người khởi xướng của đề xuất ban đầu phải thừa nhận các phản ứng. Giả sử không có tin nhắn bị mất, đội quân màu xanh # 2 sẽ nhận được sự thừa nhận, nhưng người chỉ huy của quân đội màu xanh # 1 bây giờ sẽ ngần ngại. Sau tất cả, ông ta không biết rằng ý kiến của mình đã được đồng ý chưa, và nếu chưa thì quân đội màu xanh # 2 sẽ không tấn công. Chúng ta có thể làm cho một giao thức bắt tay bốn chiều, nhưng điều đó cũng không giúp được gì.

Trong thực tế, nó có thể được chứng minh rằng không có giao thức nào hoạt động. Giả sử rằng một số giao thức đã tồn tại. Hoặc thông báo cuối cùng của giao thức là điều cần thiết hay không. Nếu không phải là nó, loại bỏ nó (và bất kỳ tin nhắn không cần thiết khác) cho đến khi chúng ta chỉ còn với một giao thức trong đó mỗi tin nhắn là cần thiết. Điều gì xảy ra nếu thông điệp cuối cùng không được thông qua? Chúng ta chỉ nói rằng đó là cần thiết, vì vậy nếu nó bị mất, cuộc tấn công không diễn ra. Kể từ khi người gửi thông điệp cuối cùng không bao giờ có thể chắc chắn đến của mình, ông sẽ không mạo hiểm tấn công. Tệ hơn nữa, đội quân màu xanh khác biết điều này, vì vậy họ sẽ không tấn công.

Để xem sự liên quan của vấn đề hai quân đội tới việc giải phóng các kết nối, chỉ cần thay thế "ngắt kết nối" cho "tấn công". Nếu không bên nào được chuẩn bị để ngắt kết nối cho đến khi nó là tin rằng phía bên kia là chuẩn bị để ngắt kết nối quá, ngắt kết nối sẽ không bao giờ xảy ra.

Trong thực tế, một là thường chuẩn bị sẵn sàng chấp nhận rủi ro hơn khi giải phóng kết nối so với khi tấn công đội quân màu trắng, vì vậy tình hình không hoàn toàn vô vọng. Hình 4.9 minh họa bốn kịch bản giải phóng bằng cách sử dụng bắt tay ba bên. Trong khi giao thức này không phải là không thể sai lầm. (a) Trường hợp bình thường của bắt tay ba bên. (b) cuối cùng ACK bị mất. (c) đáp ứng bị mất. (d) Đáp ứng bị mất và sau đó DRS bị mất.

Hình 4.9 Bốn kịch bản giao thức cho giải phóng một kết nối

Trong Hình 4.9(a), chúng ta thấy trường hợp bình thường, trong đó một trong những người sử dụng gửi một DR TPDU (YÊU CẦU NGẮT KẾT NỐI) để bắt đầu giải phóng kết nối. Khi nó đến, người nhận gửi lại một DR TPDU, và bắt đầu tính giờ, chỉ đến khi trường hợp DR của nó bị mất. Khi DR này đến, người gửi ban đầu gửi lại một ACK TPDU và giải phóng kết nối. Cuối cùng, khi ACK TPDU đến, người nhận cũng giải phóng kết nối. Giải phóng một kết nối có nghĩa là các thực thể vận chuyển loại bỏ các thông tin về các kết nối từ bảng của các kết nối hiện đang mở và tín hiệu chủ sở hữu của kết nối (người sử dụng giao thông) bằng cách nào đó. Hành động này là khác nhau từ một người sử dụng giao thông vận tải ban hành DISCONNECT nguyên thủy.

Nếu ACK TPDU kết thúc bị mất, như thể hiện trong Hình 4.9 (b), tình hình được lưu bởi bộ đếm thời gian. Khi thời gian hết hạn, kết nối được giải phóng bất cứ cách nào.

Bây giờ xem xét trường hợp của DR thứ hai bị mất. Người sử dụng khởi tạo ngắt kết nối sẽ không nhận được phản ứng dự kiến, sẽ hết, và sẽ bắt đầu lại. Trong Hình 4.9 (c) chúng ta thấy cách làm việc này, giả định rằng lần thứ hai TPDU không bị mất và tất cả các TPDU đều đến một cách chính xác và kịp thời.

Kịch bản cuối cùng của chúng ta, Hình 4.9 (d), cũng giống như Hình 4.9(c) ngoại trừ việc bây giờ chúng ta giả định tất cả các nỗ lực lặp đi lặp lại để truyền lại các DR cũng thất bại do các TPDU mất. Sau *N* lần thử, người gửi từ bỏ và giải phóng kết nối. Trong khi đó, thời gian nhận hết và cũng thoát ra.

Trong khi giao thức này thường đầy đủ, về mặt lý thuyết nó có thể thất bại nếu DR và N truyền lại ban đầu tất cả đều bị mất. Người gửi sẽ từ bỏ và giải phóng các kết nối, trong khi phía bên kia không biết gì về những nỗ lực để ngắt kết nối và vẫn hoàn toàn chủ động. Tình trạng này dẫn đến một kết nối nửa mở (half-open).

Chúng ta có thể tránh được vấn đề này bằng cách không cho phép người gửi từ bỏ sau khi N lần thử lại nhưng buộc nó phải đi mãi cho đến khi nó nhận được một phản ứng. Tuy nhiên, nếu phía bên kia đồng ý thời gian hết, sau đó người gửi sẽ thực sự đi mãi, bởi vì không có phản hồi sẽ được gửi tới. Nếu chúng ta không cho phép bên nhận tới thời gian hết, sau đó giao thức treo như trong Hình 4.9(d).

Một cách để chặn các kết nối nửa mở là phải có một quy tắc nói rằng nếu không có TPDU nào đến cho một số lượng nhất định của giây, kết nối được sau đó tự động ngắt. Bằng cách đó, nếu một bên ngắt kết nối, phía bên kia sẽ phát hiện các hoạt động thiếu và cũng ngắt kết nối. Tất nhiên, nếu quy tắc này được giới thiệu, điều cần thiết cho mỗi thực thể vận chuyển là có một bộ đếm thời gian được dừng lại và sau đó khởi động lại bất cứ khi nào một TPDU được gửi đi. Nếu bộ đếm thời gian này hết hạn, một TPDU giả được truyền đi, chỉ để giữ cho phía bên kia từ việc ngắt kết nối. Mặt khác, nếu quy tắc ngắt kết nối tự động được sử dụng và quá nhiều TPDU giả liên tiếp bị mất trên một kết nối không dùng đến, một bên đầu tiên, sau đó ở phía bên kia sẽ tự động ngắt kết nối.

Chúng ta sẽ không bàn vấn đề này nữa, nhưng bây giờ nó nên được rõ ràng rằng giải phóng kết nối mà không mất dữ liệu là không đơn giản như nó xuất hiện đầu tiên tại.

4.2.4 Điều khiển luồng và bộ đệm

Sau khi tìm hiểu việc thiết lập kết nối và giải phóng kết nối , bây giờ chúng ta xem làm thế nào kết nối được quản lý trong khi họ đang sử dụng. Một trong những vấn đề quan trọng đã đưa ra trước đây: kiểm soát luồng. Trong một số cách vấn đề kiểm soát luồng trong lớp giao vận cũng giống như trong lớp liên kết dữ liệu, nhưng theo những cách khác nhau nó là khác nhau. Sự giống nhau cơ bản là trong cả hai lớp một cửa sổ trượt hoặc chương trình khác là cần thiết trên mỗi kết nối để giữ cho một máy phát nhanh chạy trên một máy thu chậm. Sự khác biệt chính là một bộ định tuyến

thường có tương đối ít đường, trong khi một máy chủ có thể có nhiều kết nối. Sự khác biệt này làm cho nó không thực tế để thực hiện chiến lược đệm liên kết dữ liệu trong lớp vận chuyển.

Trong lớp liên kết dữ liệu, bên gửi phải đệm khung đi bởi vì họ có thể có được truyền lại. Nếu phân mạng cung cấp dịch vụ gói, đơn vị vận chuyển gửi cũng phải đệm, với cùng một lý do. Nếu người nhận biết rằng người gửi đệm tất cả TPDUs cho đến khi họ được công nhận, người nhận có thể có hoặc có thể không dành bộ đệm cụ thể kết nối cụ thể, nếu thấy phù hợp. Người nhận có thể, ví dụ, duy trì một vùng đệm đơn chia sẻ bởi tất cả các kết nối. Khi một TPDU đến, một nỗ lực được thực hiện để có được tự động một bộ đệm mới. Nếu nó sẵn sàng, các TPDU được chấp nhận, nếu không, nó sẽ bị loại bỏ. Kể từ khi người gửi chuẩn bị để truyền lại TPDUs bị mất do các mạng con, không có hại được thực hiện bởi việc nhận thả các TPDU, mặc dù một số tài nguyên bị lãng phí. Người gửi chỉ cần giữ cố gắng cho đến khi nó được một sự thừa nhận.

Tóm lại, nếu các dịch vụ mạng là không đáng tin cậy, người gửi phải đệm tất cả các TPDU gửi, cũng như trong lớp liên kết dữ liệu. Tuy nhiên, với dịch vụ mạng đáng tin cậy, những đánh đổi khác trở thành có thể. Đặc biệt, nếu người gửi biết rằng người nhận luôn luôn có không gian đệm, nó cần không giữ lại bản sao của TPDU gửi. Tuy nhiên, nếu người nhận không thể đảm bảo rằng tất cả các TPDU đến sẽ được chấp nhận, người gửi sẽ phải đệm bất cứ cách nào. Trong trường hợp sau, người gửi không thể tin tưởng sự thừa nhận của lớp mạng, bởi vì sự thừa nhận có nghĩa là duy nhất là các TPDU đến, không phải là nó đã được chấp nhận. Chúng ta sẽ quay trở lại điểm quan trọng này sau.

Ngay cả khi người nhận đã đồng ý để làm đệm, vẫn còn có các câu hỏi của kích thước bộ đệm. Nếu hầu hết các TPDU gần như cùng kích thước, điều đó là tự nhiên để tổ chức các vùng đệm như một hồ bơi của bộ đệm có kích thước giống nhau, với một TPDU mỗi bộ đệm, như trong Hình 4.10(a). Tuy nhiên, nếu có là sự khác biệt lớn về kích thước TPDU, từ một vài ký tự gõ vào một thiết bị đầu cuối cho đến hàng ngàn người chuyển tập tin, kích thước bộ đệm là vấn đề cần quan tâm. Nếu kích thước bộ đệm được chọn bằng TPDU lớn nhất có thể, không gian sẽ bị lãng phí bất cứ khi nào một TPDU ngắn đến. Nếu kích thước bộ đệm được chọn nhỏ hơn kích thước tối đa TPDU, nhiều bộ đệm sẽ được cần thiết cho các TPDU dài, với sự phức tạp giả định.

Hình 4.10: (a) bộ đệm kích thước cố định. (b) bộ đệm kích thước thay đổi. (c) bộ đệm quay vòng cho mỗi kết nối

Một cách tiếp cận đối với vấn đề kích thước bộ đệm là sử dụng bộ đệm kích thước biến thiên, như trong Hình 4.10 (b). Lợi thế ở đây là sử dụng bộ nhớ tốt hơn, với mức quản lý bộ đệm phức tạp hơn. Khả năng thứ ba là để dành một bộ đệm quay vòng lớn duy nhất cho mỗi kết nối, như trong Hình 4.10 (c). Hệ thống này cũng sử dụng bộ nhớ tốt, với điều kiện là tất cả các kết nối có rất nhiều tải, nhưng là không hiệu quả nếu một số kết nối có tải nhẹ.

Tối ưu cân bằng giữa đệm nguồn và đệm đích phụ thuộc vào loại hình giao vận thực hiện bởi các kết nối. Đối với sự bùng phát lưu lượng băng thông thấp, chẳng hạn như sản xuất bởi một thiết bị đầu cuối tương tác, tốt hơn là không để dành bất kỳ bộ đệm nào, mà là để chúng được tự do linh động ở cả hai đầu. Kể từ khi người gửi không thể chắc chắn người nhận có thể có được một bộ đệm, người gửi phải giữ lại một bản sao của TPDU cho đến khi nó được thừa nhận. Mặt khác, để chuyển file và lưu lượng truy cập băng thông cao khác, nó là tốt hơn nếu người nhận dành các bộ đệm với đầy đủ cửa sổ, để cho phép các dữ liệu lưu thông với tốc độ tối đa. Như vậy, để bùng phát lưu lượng băng thông thấp, sẽ rốt hơn khi có bộ đệm ở phía gửi, và để sự trơn tru lưu lượng băng thông cao, đặt bộ đêm ở phía nhận sẽ tốt hơn.

Khi các kết nối được mở và đóng và như mô hình lưu thông thay đổi, người gửi và người nhận cần phải tự động điều chỉnh phân bổ đệm của họ. Do đó, giao thức truyền tải nên cho phép máy chủ gửi đến yêu cầu không gian đệm ở đầu kia. Bộ đệm có thể là phân bổ cho mỗi kết nối, hoặc tập thể, cho tất cả các kết nối chạy giữa hai máy chủ. Ngoài ra, người nhận, biết được tình trạng bộ đệm của nó (nhưng không biết giao thông được cung cấp) có thể cho nói với người gửi " Tôi đã đặt *X* bộ đệm cho bạn" Nếu số lượng kết nối mở tăng, việc phân bổ được giảm bớt có thể là cần thiết, do đó giao thức nên cung cấp cho khả năng này

Một cách hợp lý để quản lý phân bổ bộ đệm động là tách các đệm từ sự thừa nhận, trái ngược với các giao thức cửa sổ trượt của chương 2. Quản lý bộ đệm động có ý nghĩa, một cách có hiệu lực, một cửa sổ biến kích thước. Ban đầu, người gửi yêu

cầu một số lượng nhất định của bộ đệm, dựa trên nhu cầu nhận thức của nó. Người nhận sau đó nhận như nó có đủ khả năng. Mỗi khi người gửi truyền một TPDU, nó phải giảm giá trị nó phân bổ, dừng lại hoàn toàn khi phân bổ đạt đến số không. Sau đó người nhận trở lại một cách riêng biệt cả sự thừa nhận và phân bổ đệm vào lưu lượng truy cập ngược lại.

4.2.5 Khôi phục kết nối

Nếu máy chủ và thiết bị định tuyến gặp sự cố, khả năng phục hồi từ những sự cố trở thành một đề tài. Nếu thực thể truyền tải là hoàn toàn bên trong các máy chủ, phục hồi từ sự cố mạng và router là đơn giản. Nếu lớp mạng cung cấp dịch vụ gói dữ liệu, các thực thể vận chuyển mong đợi mất các TPDU trong tất cả các thời gian và biết làm thế nào để đối phó với chúng. Nếu lớp mạng cung cấp dịch vụ hướng kết nối, sau đó mất một mạch ảo được xử lý bằng cách thiết lập một cái mới và sau đó thăm dò thực thể vận chuyển từ xa để yêu cầu nó mà các TPDU đã nhận được và cả những cái đã không nhận được. Những cái đến sau có thể được phát lại.

Một vấn đề rắc rối hơn là làm thế nào để phục hồi từ sự cố máy chủ. Đặc biệt, nó có thể là mong muốn cho khách hàng để có thể tiếp tục làm việc khi máy chủ sụp đổ và sau đó nhanh chóng khởi động lại. Để minh họa cho những khó khăn, chúng ta hãy giả sử rằng một máy chủ, khách hàng, gửi một tập tin dài đến máy chủ khác, các máy chủ tập tin, sử dụng một giao thức dừng-và-chờ đợi đơn giản. Lớp giao vận trên các máy chủ chỉ đơn giản là vượt qua các TPDU đang đến cho người dùng vận chuyển, từng người một. Một phần khác thông qua việc truyền, máy chủ bị treo. Khi nó trở lại, các bảng của nó được khởi tạo lại, do đó, nó không còn biết chính xác nơi nó đã ở.

4.3 Giao thức TCP

Tầng giao vận chịu trách nhiệm chuyển phát toàn bộ bản tin từ ứng dụng tới ứng dụng. Tại tầng này có hai giao thức chính là TCP và UDP. Mỗi giao thức cung cấp một loại dịch vụ giao vận: hướng kết nối và phi kết nối. Sau đây ta sẽ xem xét chi tiết hơn về hai giao thức này.

Một giao thức tầng giao vận thường có nhiều chức năng. Một trong số đó là tạo một truyền thông tiến trình-tới-tiến trình (chương trình-tới-chương trình). Để thực hiện điều này, TCP sử dụng cổng (port). Một chức năng khác của giao thức tầng giao vận là tạo một cơ chế điều khiển luồng và điều khiển lỗi ở mức giao vận. TCP sử dụng giao thức cửa sổ trượt để thực hiện điều khiển luồng. Nó sử dụng gói xác nhận, thời gian chờ và truyền lại để thực hiện điều khiển lỗi.

TCP là một giao thức hướng kết nối. Nó có trách nhiệm thiết lập một kết nối với phía nhận, chia luồng dữ liệu thành các đơn vị có thể vận chuyển, đánh số chúng và sau đó gửi chúng lần lượt.

4.3.1 Truyền thông tiến trình-tới-tiến trình

Trước khi tìm hiểu TCP, chúng ta phải hiểu về truyền thông trạm-tới-trạm và truyền thông tiến trình-tới-tiến trình, cũng như sự khác nhau giữa chúng. IP có trách nhiệm truyền thông từ trạm-tới-trạm. Là một giao thức tầng mạng, IP chỉ có thể chuyển phát các thông báo tới máy đích. Tuy nhiên, đây chưa phải là một sự chuyển phát hoàn chỉnh. Thông báo cần được xử lý bởi đúng chương trình ứng dụng. Trách nhiệm chuyển thông báo tới chương trình ứng dụng thích hợp là chức năng của TCP.

4.3.1.1 Địa chỉ cổng

Mặc dù có một số cách để thực hiện truyền thông tiến trình-tới-tiến trình, nhưng cách thông dụng nhất là thực hiện thông qua mô hình khách-chủ (client-server). Một tiến trình trên máy cục bộ, được gọi là khách, cần một dịch vụ từ một ứng dụng trên trạm ở xa, được gọi là chủ. Cả hai tiến trình (khách, chủ) có cùng một tên. Ví dụ, để lấy thời gian và ngày tháng từ một máy chủ ở xa, chúng ta cần một tiến trình khách Daytime chạy trên máy cục bộ và một tiến trình chủ Daytime chạy trên máy ở xa.

Các hệ điều hành hiện nay hỗ trợ cả môi trường đa người dùng và đa chương trình. Một máy ở xa có thể chạy nhiều chương trình ứng dụng cùng lúc, giống như nhiều máy cục bộ có thể chạy một hoặc nhiều chương trình khách cùng lúc. Để truyền thông, chúng ta cần xác định:

- Trạm cục bộ,
- Tiến trình cục bộ
- Trạm ở xa
- Tiến trình ở xa

Trạm cục bộ và trạm ở xa được xác định sử dụng địa chỉ IP. Để xác định các tiến trình, chúng ta cần một số hiệu nhận dạng thứ hai, đó là *số cổng*. Trong TCP/IP, số cổng là một số nguyên nằm trong khoảng từ 0 đến 65535 (số 2 byte).

Chương trình khách tự xác định nó bằng một số cổng được chọn ngẫu nhiên. Cổng này được gọi là cổng ngẫu nhiên.

Chương trình chủ cũng phải tự xác định bằng một số cổng. Tuy nhiên, cổng này không thể được chọn ngẫu nhiên. Nếu máy chủ ở xa chạy một tiến trình chủ và lấy một số ngẫu nhiên là số cổng, thì ứng dụng ở máy khách muốn truy nhập và sử dụng dịch vụ trên máy chủ đó sẽ không biết được số cổng cần sử dụng. Tất nhiên, một giải pháp có thể là gửi một gói đặc biệt để yêu cầu số cổng của một ứng dụng chủ cụ thể, tuy nhiên cách này làm tăng lưu lượng mạng. TCP/IP đã chọn cách sử dụng các số

cổng thông dụng cho các ứng dụng chủ. Mọi tiến trình khách phải biết số cổng của tiến trình chủ tương ứng.

Bây giờ, chúng ta đã biết rằng địa chỉ IP và số cổng đóng vai trò khác nhau trong việc chọn đích cuối cùng của dữ liệu. Địa chỉ IP đích xác định trạm trong số nhiều trạm khác nhau. Sau khi trạm đã được chọn, số cổng xác định một tiến trình trên trạm cụ thể đó.

Các số cổng được chia thành ba vùng: thông dụng, đăng ký và động.

- *Cổng thông dụng*. Các cổng nằm trong khoảng từ 0 đến 1023 là các cổng thông dụng. Những cổng này được gán và giám sát bởi IANA. Một số cổng TCP thông dụng được liệt kê trong Bảng 4.2.

Bảng 4.2: Các cổng TCP thông dụng

Cổng	Giao thức	Miêu tả
20	FTP, data	Giao thức truyền tệp (kết nối dữ liệu)
21	FTP, control	Giao thức truyền tệp (kết nối điều khiển)
23	TELNET	Giao thức đăng nhập từ xa
25	SMTP	Giao thức truyền thư đơn giản
53	DNS	Hệ thống tên miền
80	HTTP	Giao thức truyền siêu văn bản
110	POP3	Giao thức nhận thư điện tử

- *Cổng đăng ký*. Các cổng nằm trong khoảng từ 1024 đến 49151 không do IANA gán và điều khiển. Chúng chỉ có thể được đăng ký với IANA để tránh trùng lặp.
- *Cổng động*. Các cổng nằm trong khoảng từ 49152 đến 65535 có thể được sử dụng bởi mọi tiến trình. Chúng còn được gọi là các cổng ngẫu nhiên.

4.3.1.2 Địa chỉ socket

Để thiết lập kết nối, TCP cần hai số hiệu nhận dạng: địa chỉ IP và số cổng. Sự kết hợp địa chỉ IP và số cổng được gọi là địa chỉ socket. Để sử dụng dịch vụ TCP, chúng ta cần một cặp địa chỉ socket: địa chỉ socket khách và địa chỉ socket chủ. Địa chỉ socket khách để định danh duy nhất ứng dụng khách. Địa chỉ socket chủ để định danh duy nhất ứng dụng chủ. Bốn thông tin này là một phần của tiêu đề IP và tiêu đề TCP. Tiêu đề IP chứa địa chỉ IP, còn tiêu đề TCP chứa địa chỉ cổng.

Các dịch vụ TCP

- *Dịch vụ dữ liệu luồng*

TCP được xem như một dịch vụ luồng tầng giao vận, nghĩa là TCP gửi chấp nhận một luồng ký tự từ chương trình ứng dụng gửi, tạo gói (được gọi là phân đoạn) có kích thước thích hợp được trích ra từ luồng dữ liệu, và gửi chúng qua mạng. TCP phía nhận sẽ nhận các phân đoạn, trích phần dữ liệu, sắp xếp thứ tự nếu chúng đến không đúng thứ tự, và chuyển chúng dưới dạng một luồng ký tự tới chương trình ứng dụng nhận.

Để chuyển phát theo luồng, TCP phía gửi và phía nhận sử dụng các bộ đệm. TCP gửi sử dụng một bộ đệm gửi để lưu dữ liệu đến từ chương trình ứng dụng gửi. TCP nhận lưu các phân đoạn nhận được ở bộ đệm nhận.

- *Dịch vụ song công*

TCP cung cấp dịch vụ song công, nghĩa là dữ liệu có thể truyền theo hai hướng cùng lúc. Sau khi hai chương trình ứng dụng được kết nối với nhau, chúng có thể gửi và nhận dữ liệu. Một kết nối TCP có thể mang dữ liệu từ ứng dụng A đến ứng dụng B cùng lúc với dữ liệu từ ứng dụng B đến ứng dụng A. Khi gói được gửi từ A đến B, nó có thể mang thông tin xác nhận về các gói mà A đã nhận được của B và ngược lại. Nghĩa là dữ liệu có thể được gửi kèm xác nhận. Tất nhiên, nếu một phía không có dữ liệu để gửi, nó có thể chỉ gửi xác nhận mà không có dữ liệu.

- *Dịch vụ tin cậy*

TCP là một giao thức giao vận tin cậy. Nó sử dụng cơ chế xác nhận để kiểm tra sự an toàn và sự đến của dữ liệu.

4.3.2 Phân đoạn TCP

Đơn vị dữ liệu truyền giữa hai thiết bị sử dụng TCP được gọi là phân đoạn (segment). Phân đoạn TCP gồm một phần tiêu đề có chiều dài từ 20 byte đến 60 byte, theo sau là dữ liệu từ chương trình ứng dụng. Tiêu đề có chiều dài 20 byte nếu nó không chứa tùy chọn và có chiều dài tối đa 60 byte nếu nó chứa các tùy chọn. Định dạng của tiêu đề phân đoạn TCP được cho ở Hình 4.11.

<table>
<tr><th>Bit 0-3</th><th>Bit 4-7</th><th>Bit 8-11</th><th>Bit 12-15</th><th>Bit 16-19</th><th>Bit 20-23</th><th>Bit 24-27</th><th>Bit 28-31</th></tr>
<tr><td colspan="4">Source port</td><td colspan="4">Destination port</td></tr>
<tr><td colspan="8">Sequence number</td></tr>
<tr><td colspan="8">Acknowledgement number</td></tr>
<tr><td>HL</td><td>Reserved</td><td colspan="2">Flags</td><td colspan="4">Window size</td></tr>
<tr><td colspan="4">Checksum</td><td colspan="4">Urgent pointer</td></tr>
<tr><td colspan="8">Options</td></tr>
</table>

Hình 4.11: Cấu trúc tiêu đề TCP

Các trường của phần tiêu đề:

- *Source Port*: Trường 16 bit này xác định số cổng của chương trình ứng dụng gửi.
- *Destination Port*: Trường 16 bit này xác định số cổng của chương trình ứng dụng nhận.
- *Sequence number:* Trường 32 bit này xác định số được gán cho byte dữ liệu đầu tiên chứa trong phân đoạn. Như chúng ta đã nói ở phần trước, TCP là một giao thức giao vận luồng. Để đảm bảo tính kết nối, mỗi byte được gửi đi phải được đánh số. Số trình tự nói cho đích biết số hiệu byte đầu tiên trong phân đoạn. Trong giai đoạn thiết lập kết nối, mỗi phía sử dụng một bộ tạo số ngẫu nhiên để tạo một số trình tự khởi đầu (ISN), số này thường khác nhau trong mỗi hướng. Ví dụ, nếu số ISN là 2367 và gói thứ nhất mang 1000 byte dữ liệu, số trình tự là 2369 (2367 và 2368 được sử dụng để thiết lập kết nối); phân đoạn thứ hai mang 500 byte dữ liệu sẽ có số trình tự 3369 (2369 + 1000), v.v.
- *Acknowledgment Number*: Số 32 bit này xác định số hiệu byte mà trạm gửi phân đoạn đang chờ để nhận. Nếu nó đã nhận thành công byte số x, thì số xác nhận của nó là x + 1.
- *HL – Header Length*: Trường 4 bit này cho biết chiều dài tính theo từ (4 byte) của phần tiêu đề TCP.
- *Reserved*: Trường 6 bit này được dùng cho tương lai.
- *Flags*: Trường này xác định 6 bit điều khiển khác nhau. Một hoặc nhiều bit này

có thể được đặt tại cùng thời điểm. Sáu bit cờ lần lượt là:

+ *URG*: Khi cờ này được đặt, trường con trỏ khẩn sẽ có hiệu lực. Khi cờ này không được đặt, trường con trỏ khẩn được bỏ qua.

+ *ACK*: Cờ này được đặt để cho biết giá trị của trường xác nhận là hợp lệ.

+ *PSH*: Khi cờ này được đặt, toàn bộ dữ liệu trong bộ đệm (kể cả dữ liệu được lưu từ trước) sẽ được chuyển ngay lên cho chương trình ứng dụng. Còn nếu cờ này không được đặt, TCP chờ đến khi thích hợp mới chuyển dữ liệu đi, nhằm tăng hiệu quả của hệ thống.

+ *RST*: Cờ này được đặt để báo cho bên nhận biết bên gửi đang từ bỏ kết nối.

+ *SYN*: Cờ này được đặt để đồng bộ hoá các hiệu trình tự.

+ *FIN*: Cờ này được đặt để báo bên gửi không còn dữ liệu.

- *Window Size*: Trường 16 bit này xác định kích thước của cửa sổ (tính theo byte) mà phía kia phải duy trì. Kích thước tối đa của cửa sổ là 65.535. Chúng ta sẽ tìm hiểu chi tiết hơn về trường này ở phần cửa sổ trượt.
- *Checksum*: Trường 16 bit này chứa mã kiểm tra lỗi (theo phương pháp CRC) cho toàn bộ phân đoạn (cả tiêu đề và dữ liệu).
- *Urgent Pointer*: Trường 16 bit này chỉ hợp lệ khi cờ URG được đặt. Nó xác định số phải cộng với số trình tự để lấy được số hiệu của byte khẩn cuối cùng trong phần dữ liệu.
- *Options:* Trường có chiều dài tối đa 40 byte này chứa các thông tin tùy chọn.

4.3.3 Điều khiển luồng (flow control)

Điều khiển luồng định nghĩa lượng dữ liệu mà nguồn có thể gửi trước khi nhận một xác nhận từ đích. Trong trường hợp đặc biệt, giao thức tầng giao vận có thể gửi một byte dữ liệu và đợi xác nhận trước khi gửi byte tiếp theo. Nhưng nếu làm như vậy, quá trình gửi sẽ diễn ra rất chậm. Nếu dữ liệu phải đi qua đoạn đường dài thì nguồn sẽ ở trạng thái rỗi trong khi đợi xác nhận.

Trong một trường hợp đặc biệt khác, giao thức tầng giao vận có thể gửi tất cả dữ liệu nó có mà không quan tâm tới xác nhận. Làm như vậy sẽ tăng tốc độ truyền, nhưng có thể làm trạm đích không thể xử lý kịp. Bên cạnh đó, nếu một phần dữ liệu bị mất, bị nhân đôi, sai thứ tự hoặc bị hỏng thì trạm nguồn sẽ không biết.

TCP sử dụng một giải pháp nằm giữa hai trường hợp đặc biệt này. Nó định nghĩa một cửa sổ, đặt cửa sổ này lên bộ đệm gửi và chỉ gửi lượng dữ liệu bằng kích thước cửa sổ.

4.3.3.1 Cửa sổ trượt (sliding window)

Để thực hiện điều khiển luồng, TCP sử dụng kĩ thuật cửa sổ trượt. Hai trạm ở hai đầu kết nối TCP đều sử dụng một cửa sổ trượt. Cửa sổ này bao phủ phần dữ liệu trong bộ đệm mà một trạm có thể gửi trước khi quan tâm tới xác nhận từ trạm kia. Nó được gọi là cửa sổ trượt do có thể trượt trên bộ đệm khi trạm gửi nhận được xác nhận.

Hình 4.12: Cửa sổ trượt

Hình 4.12 minh hoạ một cửa sổ trượt có kích thước là 10. Trước khi nhận xác nhận từ đích, nguồn có thể gửi tối đa 10 byte. Tuy nhiên, nếu nó chỉ nhận được xác nhận về 3 byte đầu tiên, thì nó sẽ trượt sang phải 3 byte. Điều này có nghĩa nó có thể gửi 10 byte nữa trước khi quan tâm tới xác nhận.

Cửa sổ chúng ta thấy ở ví dụ trên có kích thước cố định. Tuy nhiên kích thước của cửa sổ trượt có thể thay đổi, và trong mỗi xác nhận đích có thể định nghĩa kích thước của cửa sổ.

4.3.3.2 Quản lý cửa sổ

TCP sử dụng hai bộ đệm và một cửa sổ để điều khiển luồng dữ liệu. TCP bên gửi có một bộ đệm lưu dữ liệu đến từ chương trình ứng dụng gửi. Chương trình ứng dụng tạo dữ liệu và ghi chúng vào bộ đệm. Bên gửi đặt cửa sổ lên bộ đệm và gửi các phân đoạn khi kích thước của cửa sổ lớn hơn 0. TCP bên nhận cũng có một bộ đệm. Nó nhận dữ liệu, kiểm tra chúng, và lưu trữ chúng trong bộ đệm để chương trình ứng dụng nhận dùng.

Như chúng ta đã biết, kích thước cửa sổ của bên gửi do bên nhận xác định và được thông báo trong các phân đoạn xác nhận. Nhưng làm cách nào để bên nhận chọn kích thước của cửa sổ? Thường thì kích thước cửa sổ được thông báo bằng với kích thước còn rỗi trong bộ đệm nhận. Trong ví dụ ở Hình 4.13, TCP bên gửi định nghĩa một bộ

đệm rất lớn, nhưng TCP bên nhận chỉ định nghĩa một bộ đệm 4000 byte. Trong quá trình thiết lập kết nối, bên nhận thông báo kích thước cửa sổ là 4000, bằng với kích thước bộ đệm của nó.

Hình 4.13: Quản lý cửa sổ

TCP bên phát gửi 4000 byte dữ liệu trong phân đoạn đầu tiên. Khi đó, bộ đệm của bên nhận đầy. Bên nhận gửi xác nhận đã nhận được phân đoạn nhưng thông báo kích thước cửa sổ là 0. Bên gửi không thể gửi dữ liệu nữa (do kích thước cửa sổ bằng 0), và phải đợi đến khi nhận được một xác nhận có thông báo kích thước cửa sổ lớn hơn 0 rồi mới tiếp tục truyền. Tại phía nhận, chương trình ứng dụng dùng 1000 byte dữ liệu trong bộ đệm. Dó đó, có 1000 byte trống. Bên nhận gửi một xác nhận mới với kích thước cửa sổ là 1000. Lúc này, bên phát có thể gửi một phân đoạn 1000 byte.

4.3.4 Điều khiển lỗi

TCP là một giao thức giao vận tin cậy. Ngoài điều khiển luồng, TCP còn cho phép điều khiển lỗi. Điều khiển lỗi gồm các cơ chế phát hiện phân đoạn bị hỏng, bị mất, sai thứ tự hoặc nhân đôi. Nó cũng gồm cơ chế sửa lỗi sau khi chúng được phát hiện.

Phát hiện lỗi trong TCP được thực hiện thông qua việc sử dụng ba công cụ đơn giản: tổng kiểm tra, xác nhận và thời gian chờ (time-out). Mỗi phân đoạn có chứa một trường tổng kiểm tra để phát hiện phân đoạn lỗi. Nếu phân đoạn được phát hiện là có lỗi, nó sẽ bị TCP bên nhận bỏ đi. TCP sử dụng phương pháp xác nhận để thông báo gói đã tới đích mà không hỏng. Không có xác nhận phủ định (xác nhận gói hỏng) trong TCP. Nếu một phân đoạn không được xác nhận trước khi thời gian chờ hết hiệu lực thì nó được xem như bị hỏng hoặc bị mất trên đường đi.

Cơ chế sửa lỗi trong TCP cũng rất đơn giản. TCP nguồn đặt một bộ định thời cho mỗi phân đoạn được gửi đivà bộ định thời này được kiểm tra định kỳ. Khi nó tắt, phân đoạn tương ứng được xem như bị hỏng hoặc bị mất và nó sẽ được truyền lại.

4.3.5 Các bộ định thời của TCP

Để hỗ trợ hoạt động, TCP sử dụng bốn bộ định thời sau:

4.3.5.1 Bộ định thời truyền lại (retransmission)

Để điều khiển một phân đoạn mất hoặc bị hỏng, TCP dùng bộ định thời truyền lại. Bộ định thời này có tác dụng xử lý thời gian truyền lại hay thời gian đợi xác nhận của một phân đoạn. Khi TCP gửi một phân đoạn, nó tạo một bộ định thời truyền lại cho phân đoạn đó. Khi đó hai trường hợp có thể xảy ra. Nếu xác nhận của phân đoạn này được nhận trước khi bộ định thời tắt thì bộ định thời mất hiệu lực. Nếu bộ định thời tắt trước khi xác nhận đến, phân đoạn sẽ được truyền lại và bộ định thời được đặt lại.

4.3.5.2 Bộ định thời kiên nhẫn (persistence)

Để giải quyết các thông báo kích thước cửa sổ bằng 0, TCP sử dụng một bộ định thời khác. Giả sử TCP nhận thông báo một kích thước cửa sổ bằng 0. TCP gửi sẽ ngừng truyền cho tới khi bên nhận gửi xác nhận thông báo kích thước cửa sổ lớn hơn 0. Tuy nhiên xác nhận này có thể bị mất. Chúng ta cần nhớ rằng, trong TCP không có xác nhận cho một xác nhận. Nếu xác nhận đó mất, bên nhận nghĩ rằng mình đã làm xong nhiệm vụ và đợi bên gửi gửi dữ liệu. Trong khi đó, bên gửi không nhận được xác nhận và tiếp tục đợi bên nhận gửi xác nhận thông báo kích thước cửa sổ khác 0. Khi đó cả hai bên TCP đợi nhau vô hạn.

Để giải quyết vấn đề này, TCP sử dụng một bộ định thời *kiên nhẫn* cho mỗi kết nối. Khi bên gửi nhận được một xác nhận thông báo kích thước của sổ bằng 0, nó khởi động bộ định thời kiên nhẫn. Khi bộ định thời kiên nhẫn hết hạn, TCP bên phát gửi một phân đoạn đặc biệt, được gọi là *probe*. Phân đoạn này chỉ chứa một byte dữ liệu. Nó cũng có số trình tự, nhưng số trình tự của nó không bao giờ được xác nhận. Phân đoạn *probe* cảnh báo cho bên nhận biết xác nhận đã bị mất và cần gửi lại.

Giá trị của bộ định thời kiên nhẫn được đặt bằng giá trị của thời gian truyền lại. Tuy nhiên, nếu không nhận được trả lời nào từ bên nhận, một phân đoạn *probe* nữa lại được gửi, giá trị của bộ định thời kiên nhẫn được nhân đôi và được thiết lập lại. Bên phát sẽ tiếp tục gửi các phân đoạn *probe*, nhân đôi và thiết lập lại bộ định thời kiên nhẫn cho đến khi đạt tới một ngưỡng (thường là 60 giây). Sau đó, cứ 60 giây, bên phát gửi một phân đoạn *probe* cho đến khi cửa sổ được mở lại.

4.3.5.3 Bộ định thời còn tồn tại (keepalive)

Bộ định thời *còn tồn tại* được sử dụng để tránh tình trạng một kết nối giữa hai trạm ở trạng thái rỗi quá lâu. Giả sử một máy khách mở một kết nối TCP tới máy chủ, truyền một số dữ liệu và sau đó không làm gì cả. Trong trường hợp này kết nối có thể được mở mãi mãi.

Để giải quyết tình trạng này, hầu hết các thực thi TCP đều trang bị cho máy chủ một bộ định thời *còn tồn tại*. Mỗi khi máy chủ nghe thấy từ một máy khách, nó đặt lại bộ định thời này (thường là 2 giờ). Nếu trong hai giờ đồng hồ, máy chủ không nghe thấy gì từ máy khách, nó gửi một phân đoạn *probe*. Nếu không có trả lời sau 10 *probe* (cứ 75 giây gửi một *probe*), nó cho rằng máy khách không hoạt động và sẽ kết thúc kết nối.

4.3.5.4 Bộ định thời thời gian đợi (time-waited)

Bộ định thời *thời gian đợi* được sử dụng trong giai đoạn kết thúc kết nối. Khi TCP đóng một kết nối, nó không xem kết nối đã thực sự đóng. Kết nối được giữ trong tình trạng lấp lửng trong khoảng thời gian đợi. Như thế, các phân đoạn FIN sao y tới đích được bỏ đi. Giá trị của bộ định thời này thường được đặt bằng hai lần thời gian tồn tại của một phân đoạn.

4.3.6 Thiết lập và giải phóng kết nối

TCP là một giao thức hướng kết nối. Nghĩa là nó thiết lập một kết nối ảo giữa nguồn và đích. Mọi phân đoạn thuộc cùng một thông báo được chuyển qua kênh ảo này. Việc sử dụng một đường đi ảo cho toàn bộ thông báo làm đơn giản quá trình xác nhận cũng như truyền lại.

4.3.6.1 Thiết lập kết nối

Việc thiết lập kết nối TCP được thực hiện thông qua thủ tục bắt tay ba bước như sau (Hình 4.14):

1) Máy khách gửi phân đoạn đầu tiên, phân đoạn SYN. Phân đoạn này chứa một số trình tự khởi tạo được sử dụng để đánh số các byte dữ liệu gửi từ nguồn đến đích. Nếu máy khách muốn định nghĩa MSS mà nó có thể nhận từ phía đích, nó thêm tùy chọn tương ứng. Cũng vậy, nếu máy khách muốn kích thước cửa sổ lớn, nó có thể định nghĩa thừa số co dãn cửa sổ. Phân đoạn này báo cho máy chủ biết máy khách muốn thiết lập kết nối với một số tham số nhất định. Chú ý rằng phân đoạn này không chứa số xác nhậnvà không định nghĩa kích thước cửa sổ. Kích thước cửa sổ chỉ có hiệu lực khi phân đoạn chứa số xác nhận.

Hình 4.14: Thủ tục bắt tay ba bước

2) Máy chủ gửi phân đoạn thứ hai, phân đoạn SYN và ACK. Phân đoạn này có hai mục đích. Thứ nhất, nó xác nhận sự nhận phân đoạn đầu tiên bằng cách sử dụng cờ ACK và trường số xác nhận. Số xác nhận bằng số trình tự khởi tạo của máy khách cộng một. Máy chủ cũng phải xác định kích thước cửa sổ của máy khách. Thứ hai, phân đoạn được sử dụng như phân đoạn khởi tạo cho máy chủ. Nó chứa số trình tự khởi tạo để đánh số các byte gửi máy chủ tới máy khách. Nó cũng chứa thừa số co dãn cửa sổ và MSS (nếu cần). Đây thực chất là hai phân đoạn gộp một.

3) Máy khách gửi phân đoạn thứ ba. Đây chỉ là phân đoạn ACK. Nó xác nhận sự nhận phân đoạn thứ hai sử dụng cờ ACK và trường số xác nhận. Số xác nhận này bằng số trình tự khởi tạo của máy chủ cộng một. Máy khách cũng định nghĩa kích thước cửa sổ của máy chủ. Chú ý rằng dữ liệu có thể gửi kèm phân đoạn thứ ba.

4.3.6.2 Giải phóng kết nối

Đóng kết nối có thể xuất phát từ phía bất kỳ. Khi kết nối trong một hướng đã được đóng, phía kia vẫn có thể truyền dữ liệu trong hướng khác. Do vậy, cần có bốn hành động để đóng kết nối (Hình 4.15):

1) Máy khách gửi phân đoạn thứ nhất, phân đoạn FIN.

2) Máy chủ gửi phân đoạn thứ hai, phân đoạn ACK, để thông báo sự nhận phân đoạn FIN từ máy khách. Phân đoạn này sử dụng số xác nhận, bằng số trình tự trong phân đoạn FIN cộng một.

Hình 4.15: Thủ tục giải phóng kết nối bốn bước

3) Máy chủ có thể tiếp tục gửi dữ liệu trong hướng máy chủ-máy khách. Khi không còn dữ liệu truyền nữa, nó gửi phân đoạn thứ ba. Phân đoạn này là một phân đoạn FIN.

4) Khách gửi phân đoạn thứ tư, phân đoạn ACK, để thông báo sự nhận phân đoạn FIN từ máy chủ. Phân đoạn này chứa số xác nhận, bằng số trình tự trong phân đoạn FIN của máy chủ cộng một.

4.4 Giao thức UDP

UDP (User Datagram Protocol) là một giao thức truyền thông phi kết nối và không tin cậy, được dùng thay thế cho TCP ở trên IP theo yêu cầu của ứng dụng. UDP có trách nhiệm truyền các thông báo từ tiến trình-tới-tiến trình, nhưng không cung cấp các cơ chế giám sát và quản lý. UDP cũng cung cấp cơ chế gán và quản lý các số cổng để định danh duy nhất cho các ứng dụng chạy trên một trạm của mạng. Do ít chức năng phức tạp nên UDP có xu thế hoạt động nhanh hơn so với TCP. Nó thường được dùng cho các ứng dụng không đòi hỏi độ tin cậy cao trong giao vận.

4.4.1 Cổng UDP

Cũng giống như TCP, UDP sử dụng địa chỉ cổng để nhận diện ứng dụng. Một số cổng UDP thông dụng được liệt kê ở Bảng 4.3.

Bảng 4.3: Các cổng UDP thông dụng

Cổng	Giao thức	Miêu tả
13	Daytime	Trả về ngày tháng
53	DNS	Hệ thống tên miền
67	Bootps	Cổng máy chủ để tải thông tin khởi động
68	Bootpc	Cổng máy khách để tải thông tin khởi động
69	TFTP	Giao thức truyền tệp thông thường
111	RPC	Gọi thủ tục ở xa
123	NTP	Giao thức thời gian mạng
161	SNMP	Giao thức quản lý mạng đơn giản

4.4.2 Định dạng UDP datagram

Định dạng của UDP datagram được mô tả trong Hình 4.16, với các trường tham số đơn giản hơn nhiều so với phân đoạn TCP.

<table>
<tr><td>Bít 0-3</td><td>Bít 4-7</td><td>Bít 8-11</td><td>Bít 12-15</td><td>Bít 16-19</td><td>Bít 20-23</td><td>Bít 24-27</td><td>Bít 28-31</td></tr>
<tr><td colspan="4">Source port</td><td colspan="4">Destination Port</td></tr>
<tr><td colspan="4">Total Length</td><td colspan="4">Checksum</td></tr>
<tr><td colspan="8">Data</td></tr>
</table>

Hình 4.16: Định dạng của UDP datagram

Các trường trong tiêu đề UDP datagram gồm:

- *Cổng nguồn (Source Port)*: Trường 16 bit này xác định số cổng của chương trình ứng dụng gửi.
- *Cổng đích (Destination Port)*: Trường 16 bit này xác định số cổng của chương trình ứng dụng nhận.
- *Độ dài tổng (Total length)*: Trường 16 bit này xác định độ dài tổng (cả tiêu đề và dữ liệu) của UDP datagram.

- *Tổng kiểm tra (Checksum)*: Trường 16 bit này chứa mã kiểm tra lỗi (theo phương pháp CRC) cho toàn bộ phân đoạn (cả tiêu đề và dữ liệu).

4.4.3 Dịch vụ phi kết nối của UDP

Như đã đề cập ở trên, UDP cung cấp dịch vụ phi kết nối. Điều này có nghĩa mỗi gói dữ liệu UDP gửi đi là một gói độc lập. Không có mối quan hệ giữa các gói dữ liệu, cho dù chúng tới từ cùng một tiến trình nguồn và đến cùng một tiến trình đích. Các gói dữ liệu không được đánh số, cũng như không có giai đoạn thiết lập kết nối và giải phóng kết nối như TCP.

Do là dịch vụ phi kết nối nên các tiến trình sử dụng UDP không thể gửi một luồng dữ liệu cho UDP và yêu cầu UDP chia chúng thành các gói có liên quan đến nhau. Thay vào đó, mỗi yêu cầu phải đủ nhỏ để vừa với UDP datagram. Do vậy chỉ những giao thức sử dụng các bản tin ngắn mới phù hợp với UDP.

4.5 Tổng kết

Chương này trình bày các vấn đề cơ bản của lớp giao vận trong mạng truyền thông. Những nội dung chính được đề cập bao gồm:

- Các dịch vụ giao vận, bao gồm các dịch vụ được cung cấp tới lớp trên và các dịch vụ giao vận nguyên thủy ;
- Các chức năng cơ bản của lớp giao vận, bao gồm: đánh địa chỉ, thiết lập và giải phóng kết nối, điều khiển luồng và bộ đệm, khôi phục kết nối;
- Các đặc điểm và hoạt động của giao thức TCP;
- Các đặc điểm và hoạt động của giao thức UDP;

4.6 Câu hỏi ôn tập

1. Giới thiệu về các dịch vụ giao vận, bao gồm các dịch vụ được cung cấp tới lớp trên và các dịch vụ giao vận nguyên thủy ;
2. Trình bày chức năng đánh địa chỉ của lớp giao vận;
3. Trình bày chức năng thiết lập kết nối của lớp giao vận;
4. Trình bày chức năng giải phóng kết nối của lớp giao vận;
5. Trình bày chức năng điều khiển luồng và bộ đệm của lớp giao vận;
6. Trình bày chức năng khôi phục kết nối của lớp giao vận;
7. Giới thiệu về truyền thông tiến trình tới tiến trình và khái niệm địa chỉ cổng
8. Trình bày cấu trúc phân đoạn TCP
9. Trình bày cơ chế điều khiển luồng của TCP
10. Trình bày cơ chế điều khiển lỗi của TCP

11. Giới thiệu về các bộ định thời của TCP
12. Trình bày thủ tục thiết lập và giải phóng kết nối TCP
13. Trình bày định dạng của UDP datagram
14. Khái niệm dịch vụ phi kết nối của UDP

CHƯƠNG 5. CÁC LỚP TRÊN

5.1 Lớp Phiên

Phần này giới thiệu những vấn đề liên quan đến hoạt động của lớp Phiên trong mô hình phân lớp mạng . Lớp phiên cung cấp một phương pháp có cấu trúc để trao đổi dữ liệu giữa các tiến trình xử lý (hay ứng dụng) trên các máy trạm giao tiếp. Lớp này sử dụng khái niệm phiên thay vì khái niệm kết nối để biểu thị rằng việc truyền thông được xem xét từ góc độ ứng dụng chứ không phải từ góc độ các máy trạm. Cụ thể hơn, một phiên áp đặt một bộ quy tắc trên cách thức giao tiếp của các ứng dụng. Đồng thời cũng cần quan tâm là làm thế nào một phiên có thể thực hiện đàm phán giữa hai ứng dụng , đồng bộ hóa và kiểm soát việc trao đổi thông tin giữa các ứng dụng (ví dụ , làm thế nào chúng có thể thay phiên nhau) , nội dung của bản tin (ví dụ , chúng liên quan đến hồ sơ từ cơ sở dữ liệu hoặc tổ hợp phím trên một thiết bị đầu cuối) , đối phó với sự cố truyền dẫn , và hủy bản tin theo yêu cầu bởi một số ứng dụng .

Đầu tiên chúng ta sẽ xem xét các dịch vụ phiên nguyên thủy sự sử dụng chúng bởi các lớp cao hơn. Sau đó chúng ta sẽ mô tả các giao thức phiên và các vấn đề liên quan , chẳng hạn như việc sử dụng các thẻ bài, đồng bộ hóa , xử lý lỗi , và cấu trúc các bản tin phiên . Cuối cùng, chúng ta sẽ giới thiệu một số tiêu chuẩn của lớp phiên.

5.1.1 Các dịch vụ

Như với các lớp trước, dịch vụ phiên được định nghĩa dựa theo các dịch vụ nguyên thủy. Bảng 5.1 tóm tắt các dịch vụ nguyên thủy lớp phiên cùng với những dạng và thông số có thể của chúng.

Bảng 5.1: Các dịch vụ nguyên thủy lớp Phiên

Primitive	Loại	Thông số	Mục đích
S-CONNECT	request indicate response confirm	(addresses, QoS, result, requirements, serial no., token, user data)	Khởi tạo một phiên kết nối (kết nối luôn được khởi tạo bởi người sử dụng dịch vụ) (initiating a session Connection)

S-RELEASE	request indicate response confirm	(result, user data)	Giải phóng một kết nối (release of a Connection)
S-U-ABORT	request indicate	(user data)	Hủy dịch vụ khởi tạo bởi người sử dụng (Service User-initiated Abort)
S-P-ABORT	indicate	(reason)	Hủy dịch vụ khởi tạo bởi nhà cung cấp dịch vụ (Service Provider-initiated Abort)
S-U-EXCEPTION-REPORT	request indicate	(reason, user data)	Báo cáo ngoại lệ bởi người sử dụng dịch vụ (exception reporting by a Service user)
S-P-EXCEPTION-REPORT	indicate	(indication)	Báo cáo ngoại lệ bởi nhà cung cấp dịch vụ (exception reporting by a service provider)
S-DATA	request indicate	(user data)	Truyền dữ liệu bình thường (normal data transfer)
S-EXPEDITED-DATA	request indicate	(user data)	Truyền dữ liệu ưu tiên cao (high priority data transfer)
S-TYPED-DATA	request indicate	(user data)	Truyền dữ liệu nhập vào (typed data transfer)
S-CAPABILITY-DATA	request indicate	(user data)	Trao đổi dữ liệu khi không có hoạt động nào đang tiến hành (data exchange when no activity is in progress)
S-ACTIVITY-START	request indicate	(activity ID, user data)	Bắt đầu một hoạt động (starting an activity)

S-ACTIVITY-INTERRUPT	request indicate response confirm	(reason)	Tạm thời gián đoạn một hoạt động (temporarily interrupting an Activity)
S-ACTIVITY-RESUME	request indicate	(new ID, old ID, serial no., user data)	Khôi phục một hoạt động bị gián đoạn (resuming an interrupted Activity)
S-ACTIVITY-DISCARD	request indicate response confirm	(reason)	Loại bỏ một hoạt động (discarding an activity)
S-ACTIVITY-END	request indicate response confirm	(serial no., user data)	Kết thúc một hoạt động (ending an activity)
S-TOKEN-PLEASE	request indicate	(tokens, user data)	Được sử dụng bởi người dùng dịch vụ để yêu cầu một thẻ bài (by a service user for requesting a token)
S-TOKEN-GIVE	request indicate	(tokens)	Được sử dụng bởi người dùng dịch vụ để chuyển tiếp một thẻ bài cho người khác (by a service user for forwarding a token to the other user)
S-CONTROL-GIVE	request indicate	()	Được sử dụng bởi người dùng dịch vụ để chuyển tất cả các thẻ bài cho người khác (by a service user for forwarding all tokens to the other user)
S-SYNC-MINOR	request indicate response confirm	(type, serial no., user data)	Thiết lập một điểm đồng bộ phụ (setting a minor synchronization point)
S-SYNC-MAJOR	request indicate response confirm	(serial no., user data)	Thiết lập một điểm đồng bộ chính (setting a major

			synchronization point)
S-RESYNCHRONIZE	request indicate response confirm	(type, serial no., tokens, user data)	Được sử dụng để tái đồng bộ (Resynchronization)

Hình 5.1 minh họa việc sử dụng các dịch vụ phiên trong một kịch bản mẫu . Người sử dụng dịch vụ phiên A yêu cầu một kết nối bán song công (half-duplex) , được chỉ định đến người sử dụng phiên B bởi nhà cung cấp dịch vụ. B đáp ứng các yêu cầu và cung cấp dịch vụ xác nhận với A. Hai quá trình truyền dữ liệu bình thường từ A đến B được thực hiện , với một chu kỳ đồng bộ nhỏ ở giữa. B sau đó yêu cầu A cho một thẻ bài dữ liệu, A bàn giao cho B. B gửi một vài dữ liệu tới A, và sau đó yêu cầu hủy bỏ phiên làm việc.

Hình 5.1: Kịch bản mẫu của các dịch vụ phiên

5.1.1.1 Vai trò của lớp phiên

Vai trò chính xác của lớp phiên được thể hiện thông qua việc xem xét đến mối quan hệ của nó với các lớp khác. Mặc dù lớp phiên có vị trí ở dưới và nhận các yêu cầu từ lớp trình diễn , vai trò chính của nó là để phục vụ lớp ứng dụng bằng cách cho phép các ứng dụng trao đổi một cách có cấu trúc. Lớp trình diễn là hoàn toàn trong suốt đối với quá trình này.

Giao diện giữa lớp phiên và lớp vận chuyển là rất đơn giản. Nó cung cấp việc mở và đóng kết nối truyền dẫn và chuyển giao dữ liệu đáng tin cậy trên các kết nối. Giao diện đơn giản này được làm phong phú bởi lớp phiên nhờ vào tập các dịch vụ

đảm bảo cho việc sử dụng cuối cùng bởi lớp ứng dụng. Hình 6.65 minh họa cho điều này.

Hình 5.2: Vai trò của lớp phiên

5.1.1.2 Các nhóm chức năng

Nói chung là hiếm khi một ứng dụng yêu cầu sử dụng tất cả các dịch vụ của lớp phiên, thường là một tập hợp tương đối nhỏ là đủ. Để tạo điều kiện cho đặc điểm này, các dịch vụ lớp phiên được chia thành 13 nhóm chức năng (xem Bảng 5.2). Mỗi nhóm chức năng bao gồm một số dịch vụ phiên có liên quan với nhau. Các nhóm chức năng được thương lượng và lựa chọn trong quá trình thiết lập kết nối bằng cách sử dụng thông số *Requirements* trong yêu cầu kết nối. Nhóm chức năng được lựa chọn sẽ xác định những dịch vụ nào là khả dụng trong thời gian của phiên giao dịch. Nhóm Kernel đại diện cho tập các dịch vụ cơ bản nhất mà các ứng dụng có thể sử dụng . Tất cả các thực thi lớp phiên đều phải cung cấp tập con tối thiểu này.

Bảng 5.2: Các nhóm chức năng dịch vụ phiên

Nhóm chức năng	Dịch vụ nguyên thủy	Công dụng
Kernel	S-CONNECT S-DATA S-RELEASE S-U-ABORT S-P-ABORT	Cung cấp các dịch vụ cơ bản cho việc thiết lập một kết nối, truyền dữ liệu, và chấm dứt kết nối.
Negotiated Release	S-RELEASE S-TOKEN-PLEASE S-TOKEN-GIVE	Cung cấp khả năng đàm phán để giải phóng kết nối.
Exceptions	S-U-EXCEPTION-REPORT	Cung cấp khả năng báo cáo lỗi.

	S-P-EXCEPTION-REPORT	
Expedited data	S-EXPEDITED-DATA	Cung cấp khả năng truyền dữ liệu nhanh .
Typed Data	S-TYPED-DATA	Cung cấp khả năng truyền dữ liệu nhập mà không phụ thuộc vào thẻ bài dữ liệu.
Capability Data	S-CAPABILITY-DATA	Cung cấp khả năng truyền dữ liệu khi không có hoạt động nào đang tiến hành.
Activity Management	S-ACTIVITY-START S-ACTIVITY-INTERRUPT S-ACTIVITY-RESUME S-ACTIVITY-DISCARD S-ACTIVITY-END S-TOKEN-PLEASE S-TOKEN-GIVE S-CONTROL-GIVE	Cung cấp khả năng quản lý hoạt động
Half Duplex	S-TOKEN-PLEASE S-TOKEN-GIVE	Cung cấp khả năng trao đổi dữ liệu bán song công sử dụng thẻ bài dữ liệu.
Full Duplex	S-TOKEN-PLEASE S-TOKEN-GIVE	Cung cấp khả năng trao đổi dữ liệu bán song công
Minor Synchronize	S-SYNC-MINOR S-TOKEN-PLEASE S-TOKEN-GIVE	Cung cấp khả năng đồng bộ nhỏ.
Symmetric Synchronize	S-SYNC-MINOR S-TOKEN-PLEASE S-TOKEN-GIVE	Giống như đồng bộ nhỏ, nhưng hoạt động theo cả hai hướng.
Major Synchronize	S-SYNC-MAJOR S-TOKEN-PLEASE S-TOKEN-GIVE	Cung cấp khả năng đồng bộ lớn.
Resynchronize	S-RESYNCHRONIZE	Cung cấp khả năng tái đồng bộ

5.1.2 Giao thức

Như với các giao thức ở lớp vận chuyển, giao thức lớp phiên chủ yếu là hướng kết nối. Nó bao gồm ba giai đoạn: thiết lập kết nối, truyền dữ liệu, và giải phóng kết nối. Việc chuyển giao dữ liệu là phức tạp nhất trong ba giai đoạn, chiếm hầu hết các dịch vụ nguyên thủy. Dưới đây chúng ta sẽ phân tích các vấn đề liên quan đến giao thức mà chủ yếu là để xử lý giai đoạn truyền dữ liệu.

5.1.2.1 Thẻ bài (Token)

Thẻ bài cung cấp một cơ chế để hạn chế việc sử dụng cùng những dịch vụ phiên nhất định cho một trong hai người dùng phiên tại một thời điểm . Bốn loại thẻ bài được cung cấp:

· **Data Token**: được sử dụng cho các kết nối bán song công. Người sử dụng dịch vụ sở hữu thẻ có đặc quyền phát yêu cầu S -DATA . Dữ liệu trao đổi sử dụng các yêu cầu S-EXPEDITED-DATA và S-TYPED-DATA không bị ảnh hưởng bởi thẻ này . Thẻ này không liên quan đến và không sử dụng được trong kết nối song công (full-duplex).

· **Release Token**: được sử dụng cho các kết nối đã thoả thuận thành công việc sử dụng nhóm chức năng *Negotiated Release*. Người sử dụng dịch vụ sở hữu thẻ có đặc quyền phát ra yêu cầu S-RELEASE. Việc ngắt kết nối sử dụng yêu cầu S-U-ABORT không bị ảnh hưởng bởi thẻ này.

· **Sync-Minor Token**: được sử dụng cho các kết nối đã thỏa thuận thành công việc sử dụng nhóm chức năng *Minor Synchronize*. Người sử dụng dịch vụ sở hữu thẻ có đặc quyền phát yêu cầu S-SYNC-MINOR. Thẻ này không thích hợp và không khả dụng khi nhóm chức năng Symmetric Synchronize được sử dụng để thay thế.

· **Sync-Major/Activity Token**: được sử dụng cho các kết nối đã thỏa thuận thành công việc sử dụng các nhóm chức năng *Major Synchronize* hay *Activity Management*. Người sử dụng dịch vụ sở hữu thẻ có đặc quyền giải phóng các yêu cầu S- SYNC-MAJOR và S-ACTIVITY .

Việc phân phối thẻ được quản lý bởi ba dịch vụ nguyên thủy. S-TOKEN-PLEASE được sử dụng bởi người sử dụng dịch vụ để yêu cầu quyền sở hữu một hoặc nhiều thẻ từ người sử dụng khác . S-TOKEN-GIVE được sử dụng bởi người sở hữu một hoặc nhiều thẻ để chuyển tiếp chúng cho người khác . Cuối cùng, S-CONTROL-GIVE cho phép người dùng dịch vụ chuyển tất cả các thẻ của mình cho người sử dụng khác .

5.1.2.2 SPDU

Các bản tin lớp phiên được trao đổi bởi lớp giao vận sử dụng đơn vị dữ liệu giao thức phiên (SPDU). Hầu hết các dịch vụ nguyên thủy đều được triển khai như một hoặc hai SPDU (SPDU bổ sung được sử dụng khi cần yêu cầu báo nhận). Một số SPDU được ánh xạ riêng vào TSDUs (ví dụ, Connect and Disconnect SPDU). Còn các SPDU khác luôn gắn với Token và Give-Token SPDU, sau đó ánh xạ vào TSDUs (ví dụ, tất cả các Activity SPDU).

Bảng 5.3: Cấu trúc tổng quát của SPDU

		Trường	**Mô tả**
		Service ID	Quy định kiểu của SPDU.
		Length Indicator	Tổng chiều dài các thông số theo sau.
THÔNG SỐ	Ví dụ thông số đơn	Parameter ID	Xác định kiểu của thông số này.
		Length Indicator	Chiều dài của thông số.
		Parameter Value	Xác định giá trị của thông số.
		... các thông số hoặc nhóm thông số khác...	
	Ví dụ nhóm thông số	Parameter Group ID	Xác định một nhóm các thông số.
		Length Indicator	Tổng chiều dài của các thông số trong nhóm này.
		Group	Các thông số của nhóm xuất hiện từng cái một ở đây
		Parameters	và có thể chứa các nhóm khác.
		User Data	Dữ liệu người dùng dịch vụ phiên thực tế

Cấu trúc chung của một SPDU được thể hiện trong Bảng 5.3. Các thông số chính xác phụ thuộc vào loại SPDU. Như đã nêu trong bảng, thông số có thể được nhóm lại với nhau. Hơn nữa, các nhóm thông số có thể chứa các phân nhóm.

5.1.3 Các chuẩn

Các dịch vụ phiên thảo luận ở trên được xác định bởi các tiêu chuẩn ISO 8326 và ITU-T X.215. Còn các giao thức phiên được định nghĩa và trình bày trong tiêu chuẩn ISO 8327 và ITU-T X.225.

5.2 Lớp trình diễn

Các ứng dụng sử dụng một loạt các hình thức dữ liệu khác nhau, từ phức tạp (ví dụ, cấu trúc dữ liệu lồng nhau) đến rất đơn giản (ví dụ, văn bản). Thông tin liên lạc giữa các ứng dụng liên quan đến việc trao đổi những dữ liệu như vậy . Tuy nhiên, tất cả các dạng dữ liệu phụ thuộc vào ngôn ngữ lập trình và máy tính, có nghĩa là mặc dù dữ liệu được chuyển đổi sang định dạng chấp nhận được bởi các ứng dụng, ý nghĩa của dữ liệu vẫn sẽ bị mất trong quá trình truyền.

Vai trò của lớp trình diễn là để hỗ trợ việc trao đổi dữ liệu bảo toàn ngữ nghĩa giữa hai ứng dụng ngang hàng. Lớp trình bày đạt được điều này thông qua hai giai đoạn: (i) hai ứng dụng ngang hàng thống nhất một cú pháp mức cao cho định nghĩa dữ liệu, và (ii) đàm phán để thống nhất một cú pháp chuyển đổi định dạng phục vụ cho mục đích truyền dẫn.

5.2.1 Các dịch vụ

Khái niệm cú pháp là khái niệm quan trọng và trung tâm của các dịch vụ tầng trình bày. Dưới đây là một số mô tả về các dịch vụ nguyên thủy tầng trình bày và các nhóm chức năng dịch vụ.

5.2.1.1 Cú pháp (Syntax)

Dữ liệu được cấu trúc theo một bộ quy tắc, gọi là cú pháp. Tùy vào mức độ, quy tắc cú pháp có thể được phân thành hai loại: trừu tượng và cụ thể. Cú pháp trừu tượng là một đặc tả mức cao của dữ liệu mà không liên quan đến cách biểu diễn dữ liệu trong máy tính. Cú pháp trừu tượng mô tả đặc điểm chung của dữ liệu một cách khái quát. Cú pháp cụ thể, là một đặc tả ở mức thấp (bit-level) của dữ liệu bám theo một số cách biểu diễn dữ liệu cụ thể trên máy tính. Nói chung, một cú pháp cụ thể được rút ra từ cú pháp trừu tượng thông qua việc áp dụng một bộ quy tắc mã hóa. Đó là một ánh xạ

một-nhiều giữa cú pháp trừu tượng của dữ liệu và cú pháp cụ thể của nó, có nghĩa là, cùng một dữ liệu có thể được biểu diễn trong nhiều định dạng khác nhau.

Ví dụ, hãy xem xét phát biểu sau đây:

Một màu RGB được định nghĩa là một đối tượng của ba thành phần (màu đỏ, màu xanh lá cây, và màu xanh), mỗi thành phần trong số đó là một đại lượng số nguyên.

Đây là một ví dụ về đặc tả cú pháp trừu tượng. Nó chỉ ra những đặc điểm khái quát của một màu RGB mà không nói gì về cách biểu diễn chúng trong máy tính. Một số cách thức mà dữ liệu này có thể được biểu diễn tại mức thấp thể hiện trong Hình 5.3. Định dạng 1 sử dụng một số nguyên có dấu 16 bit để đại diện cho mỗi màu cơ bản trong một loại máy mà các bit được sắp xếp từ trái sang phải. Định dạng 2 giống với định dạng 1, nhưng các bit được sắp xếp từ phải sang trái. Định dạng 3 sử dụng các số nguyên 8-bit không dấu với các bit sắp xếp từ trái sang phải. Trong định dạng 4, các màu cơ bản xuất hiện theo thứ tự ngược lại.

Hình 5.3: Bốn cách biểu diễn dữ liệu của một mầu RGB

Cú pháp cụ thể là cần thiết mỗi khi dữ liệu được lưu trữ ở dạng số hoặc được truyền đi. Nói chung, mỗi hệ thống có cú pháp cụ thể riêng của mình mà có thể khác với cú pháp cụ thể của các hệ thống khác. Hai ứng dụng giao tiếp chạy trên hai hệ thống như vậy sẽ phải chuyển đổi dữ liệu vào một cú pháp cụ thể chung để tạo điều

kiện thuận lợi cho việc truyền dẫn. Chúng ta sẽ sử dụng các thuật ngữ cú pháp cụ thể ứng dụng và cú pháp cụ thể truyền tải để phân biệt hai loại cú pháp này .

Để bảo toàn các đặc tính của dữ liệu cần chuyển đổi, hai ứng dụng cần thống nhất chuẩn hóa về cú pháp trừu tượng. Hình 5.4 minh họa vai trò của các loại cú pháp khác nhau.

Hình 5.4: Vai trò của các loại cú pháp khác nhau

5.2.1.2 Các dịch vụ nguyên thủy

Như đã đề cập trong các phần trước, tầng trình bày là trong suốt giữa lớp ứng dụng và Phiên để thực hiện việc trao đổi ứng dụng . Do đó, mỗi dịch vụ nguyên thủy tầng phiên được tương ứng bởi một nguyên thủy lớp trình diễn. Lớp trình diễn bổ sung thêm chức năng cho bốn dịch vụ nguyên thủy lớp phiên và cung cấp các dịch vụ nguyên thủy mới (Bảng 5.4). Các dịch vụ nguyên thủy còn lại là giống hệt về chức năng so với các nguyên thủy tương ứng của lớp phiên.

Bảng 5.4: Các dịch vụ nguyên thủy lớp trình diễn

Nguyên thủy lớp trình diễn	Loại	Nguyên thủy lớp Phiên liên quan	Công dụng
P-CONNECT	request indicate response confirm	S-CONNECT	Tương tự như S-CONNECT, nhưng là thương lượng các nhóm chức năng trình diễn, tập ngữ cảnh được định nghĩa, và ngữ cảnh mặc định.
P-RELEASE	request indicate response confirm	S-RELEASE	Tương tự như S-RELEASE, nhưng xóa tập ngữ cảnh được định nghĩa.
P-U-ABORT	request	S-U-ABORT	Tương tự như S-U-ABORT, nhưng xóa

	indicate		tập ngữ cảnh được định nghĩa.
P-P-ABORT	indicate	S-P-ABORT	Giống như S-P-ABORT, nhưng xóa tập ngữ cảnh được định nghĩa
P-*other*	...	S-*other*	Giống như những nguyên thủy tương ứng ở lớp Phiên.
P-ALTER-CONTEXT	request indicate response confirm	none	Sử dụng để thay đổi tập ngữ cảnh được định nghĩa sau khi một kết nối đã được thiết lập.

5.2.2 Ký hiệu cú pháp trừu tượng ASN.1

Ký hiệu cú pháp trừu tượng (Abstract Syntax Notation) ASN.1 là một ngôn ngữ hình thức được thiết kế để cho phép các ứng dụng chia sẻ một cách định nghĩa dữ liệu chung. Nó hỗ trợ cách định nghĩa dữ liệu độc lập với ngôn ngữ lập trình và máy tính. ASN.1 được sử dụng bởi tầng ứng dụng để xác định dữ liệu ứng dụng , và bởi tầng trình bày để định nghĩa đơn vị dữ liệu giao thức sử dụng để trao đổi dữ liệu. Một ký hiệu khác, BER , được sử dụng để chỉ các cú pháp cụ thể.

7.2.1. Các định nghĩa trong ASN.1

Một tập hợp các định nghĩa kiểu dữ liệu ASN.1 được đóng vào trong một module . Cấu trúc tổng quát của một module như sau:

Module-name DEFINITIONS ::= BEGIN

Type-assignment 1

...

Type-assignment n

END

Định nghĩa này đơn giản chỉ ra rằng một module bao gồm một hoặc nhiều phép gán kiểu (*Type-assignment)*. Mỗi phép gán kiểu có dạng :

Type-name ::= Type-definition

Type-definition có thể chỉ là một tham chiếu đến một kiểu đơn giản hoặc bao gồm một kiểu có cấu trúc . Ví dụ về một kiểu đơn giản có thể là:

PacketLifetime :: = INTEGER

Bảng 5.5 tóm tắt các kiểu đơn giản được xây dựng trong ASN.1.

Bảng 5.5: Các kiểu đơn giản trong ASN.1

Loại	Mô tả
BOOLEAN	Đại diện cho dữ liệu logic (lấy giá trị đúng hoặc sai).
INTEGER	Đại diện cho tất cả các số nguyên.
REAL	Đại diện cho các số thực.
BIT STRING	Đại diện cho chuỗi tùy ý các bit.
OCTET STRING	Đại diện cho chuỗi tùy ý các octet.
ENUMERATED	Đại diện cho tập các giá trị có tên duy nhất.
NULL	Đại diện cho tập rỗng (không có thông tin).

Kiểu có cấu trúc (Structured type) luôn được xác định theo các kiểu khác. Một ví dụ về kiểu có cấu trúc là:

```
Message ::= SEQUENCE {
        protocol        INTEGER,
        ack-needed      BOOLEAN,
        source          Address,
        destination     Address,
        data            BIT STRING
}
```

Kiểu này định nghĩa Message như một chuỗi gồm năm thành phần khác. Address biểu thị một kiểu được định nghĩa bởi người dùng mà chúng ta giả định là đã được định nghĩa từ trước. Bảng 5.6 tóm tắt các kiểu có cấu trúc được xây dựng sẵn trong ASN.1.

Bảng 5.6: Các kiểu có cấu trúc xây dựng sẵn trong ASN.1

Loại	Mô tả
SET	Tập hợp các thực thể với kiểu có thể khác nhau và không theo thứ tự cụ thể.
SET OF	Giống như SET, nhưng tất cả các thực thể có cùng kiểu.
SEQUENCE	Tập hợp các thực thể với kiểu có thể khác nhau nhưng theo một thứ tự cụ thể.
SEQUENCE OF	Tương tự như SEQUENCE nhưng tất cả các thực thể có cùng kiểu.
CHOICE	Kiểu dữ liệu có thể giả định một trong nhiều loại.
SELECTION	Kiểu dữ liệu mà trước đó đã được định nghĩa như kiểu CHOICE.
ANY	Đại diện cho bất kỳ kiểu hợp lệ nào của ANS.1.
TAGGED	Đại diện cho cách để chỉ ra sự xuất hiện nhiều lần của cùng một kiểu.

5.2.3 Giao thức

Giao thức tầng trình bày rất giống với giao thức tầng phiên, và đơn vị dữ liệu giao thức tầng trình bày (PPDU) cũng chỉ khác SPDU trong một vài chi tiết nhỏ. Điểm bổ sung chính trong giao thức tầng trình bày là khả năng đàm phán tập ngữ cảnh định nghĩa, cả trong thời gian kết nối và trong quá trình truyền dữ liệu.

Việc đàm phán tập ngữ cảnh định nghĩa dẫn đến là người sử dụng dịch vụ lớp trình bày đề xuất một tập các cú pháp trừu tượng, với mỗi trong số đó một hoặc nhiều cú pháp truyền tải . Mỗi cặp "cú pháp trừu tượng + cú pháp truyền tải" được định nghĩa như là một định danh ngữ cảnh (context Identifier). Người sử dụng dịch vụ đầu kia có thể chấp nhận hoặc không chấp nhận từng cặp như vậy . Với mỗi cặp được chấp nhận, đối tác cũng lựa chọn một trong các cú pháp truyền tải được đề xuất. Bằng cách này xác định được một tập các ngữ cảnh trình bày và thiết lập nên tập ngữ cảnh định nghĩa.

Bởi vì có thể có nhiều hơn một ngữ cảnh trình bày trong tập ngữ cảnh định nghĩa , mỗi hoạt động chuyển giao dữ liệu được gắn với một định danh ngữ cảnh của

ngữ cảnh trình bày phù hợp . Phía nhận sẽ sử dụng thẻ này để xác định cần phải giải mã dữ liệu như thế nào.

5.2.4 Các chuẩn

Dịch vụ trình bày thảo luận ở trên được định nghĩa bởi các tiêu chuẩn ISO 8822 và ITU-T X.216. ISO 8823 và ITU-T X.226 định nghĩa các giao thức lớp trình bày. ASN.1 được định nghĩa bởi các tiêu chuẩn ISO 8824 và ITU-T X.208. ISO 8825 và ITU-T X.209 mô tả thành phần BER của ASN.1.

5.3 Lớp ứng dụng

5.3.1 Giới thiệu

Phần chính của quá trình phát triển ứng dụng mạng là viết chương trình chạy trên các hệ thống đầu cuối khác nhau để thực hiện truyền thông qua mạng. Ví dụ, trong ứng dụng web có hai chương trình phần mềm riêng biệt truyền thông với nhau: phần mềm trình duyệt chạy trên thiết bị đầu cuối của người sử dụng (máy tính bàn, máy tính xách tay, PDA, điện thoại di động, …) và phần mềm máy chủ chạy trên máy chủ web. Hoặc ví dụ khác, trong hệ thống chia sẻ tệp ngang hàng (P2P file sharing) có một chương trình chạy ở cả hai trạm đều tham gia vào cộng đồng chia sẻ tệp. Trong trường hợp này, các chương trình trong các trạm khác nhau có thể gần giống hoặc giống hệt nhau.

Hệ thống mạng máy tính thường có một trong hai mô hình sau: khách/chủ (Client/Server) và ngang hàng (peer-to-peer). Nhiều môi trường mạng sử dụng cả hai mô hình. Ví dụ, một công ty có thể dùng đồng thời các hệ điều hành Netware khách/chủ cùng với Novell và Windows for Workgroup ngang hàng của Microsoft.

5.3.2 Kiến trúc Client/Server

Một trong những nguyên tắc sử dụng mạng là cho phép chia sẻ các tài nguyên. Việc chia sẻ này thường được thi hành bởi hai chương trình riêng biệt, mỗi chương trình chạy trên các máy tính khác nhau. Một chương trình được gọi là Server, cung cấp tài nguyên, chương trình kia được gọi là Client, để sử dụng tài nguyên đó. Các chương trình Server và Client thường là chạy trên các máy khác nhau. Một chương trình Server có thể cùng đáp ứng cho nhiều chương trình Client trên nhiều máy tính khác nhau cùng một lúc (**Error! Reference source not found.**).

Hình 5.5: Kiến trúc khách chủ (client/server)

Trong kiến trúc khách/chủ, các tài nguyên phần cứng có thể được tập trung trên các máy chủ và các máy khách có thể được thiết kế theo các cấu hình phần cứng tối thiểu. Mô hình khách/chủ tỏ ra là lý tưởng đối với các mạng lớn cần đến hệ thống bảo mật mạng. Dưới mô hình khách/chủ, người quản trị có thể dễ dàng điều khiển quyền truy nhập các tài nguyên mạng.

Thông thường chương trình Server chạy trên một máy tính nào đó trong mạng, có khả năng cung cấp một dịch vụ nào đó. Chương trình Client là chương trình giao tiếp với người sử dụng, khi nhận yêu cầu của người sử dụng, chương trình Client sẽ gởi các yêu cầu đến chương trình Server và chờ kết quả trả về, chương trình Server khi nhận được yêu cầu, sẽ thi hành dịch vụ tương ứng và trả kết quả về cho chương trình Client.

Sự liên hệ giữa chương trình Client và Server chỉ thông qua những dạng thức thông điệp được qui định khi lập trình còn việc xử lý lại Server và hiển thị tại Client là độc lập nhau. Do đó chương trình Client và Server có thể thay đổi thường xuyên mà vẫn hoạt động tốt miễn sao vẫn tuân theo các giao thức truyền thông giữa chúng.

5.3.3 Kiến trúc ngang hàng

Trong kiến trúc ngang hàng (P2P: peer-to-peer) có rất ít (hoặc không có) máy chủ hạ tầng luôn hoạt động. Thay vào đó, ứng dụng khai thác truyền thông trực tiếp giữa cặp trạm kết nối liên tục, gọi là các thiết bị ngang hàng (peer). Các thiết bị ngang hàng này không phải của nhà cung cấp dịch vụ mà là các máy tính bàn, máy tính xách tay do người sử dụng điều khiển và hầu hết thiết bị ngang hàng nằm trong nhà, trong

trường học hay trong các công sở. Vì truyền thông giữa các thiết bị ngang hàng không cần qua máy chủ dành riêng nên kiến trúc này được gọi là ngang hàng.

Rất nhiều ứng dụng thông dụng và ứng dụng cần lưu lượng lớn ngày nay dựa trên kiến trúc ngang hàng như phân bổ tệp (như BitTorrent), chia sẻ tệp (như eMule và LimeWire), điện thoại Internet (như Skype) và IPTV (như PPLive). Lưu ý rằng một số ứng dụng có kiến trúc lai ghép, kết hợp cả các phần tử khách/chủ và ngang hàng. Ví dụ, với nhiều ứng dụng gửi tin nhắn tức thời, các máy chủ được dùng để truy vết các địa chỉ IP của người sử dụng, nhưng các bản tin người sử dụng-người sử dụng thì gửi trực tiếp giữa các máy trạm của người sử dụng (mà không cần chuyển tiếp qua các máy chủ trung gian).

Một trong những đặc điểm hấp dẫn nhất của kiến trúc P2P là khả năng tự mở rộng (self-scalability). Ví dụ, trong ứng dụng chia sẻ tệp P2P, mặc dù mỗi thiết bị ngang hàng tạo ra tải trọng bằng việc yêu cầu lấy tệp, mỗi thiết bị ngang hàng cũng tăng thêm dung lượng dịch vụ cho hệ thống bằng cách phân phối tệp tới các thiết bị ngang hàng khác. Kiến trúc P2P cũng hiệu quả về chi phí vì thông thường chúng không cần hạ tầng máy chủ và băng thông máy chủ. Để giảm chi phí, các nhà cung cấp dịch vụ (MSN, Yahoo…) ngày càng quan tâm đến việc sử dụng kiến trúc P2P cho các ứng dụng của họ.

5.3.4 Các dịch vụ lớp ứng dụng

Các dịch vụ lớp ứng dụng điển hình bao gồm dịch vụ truy nhập Internet, dịch vụ kết nối Internet và dịch vụ ứng dụng Internet. Dịch vụ kết nối Internet là dịch vụ cung cấp cho các cơ quan, tổ chức, doanh nghiệp cung cấp dịch vụ Internet khả năng kết nối với nhau và với Internet quốc tế. Dịch vụ truy nhập Internet là dịch vụ cung cấp cho người sử dụng khả năng truy nhập Internet. Dịch vụ ứng dụng Internet là dịch vụ sử dụng Internet để cung cấp các ứng dụng cho người sử dụng.

Sau đây giới thiệu một số dịch vụ thông dụng trên Internet.

WWW (World Wide Web)

Web là sự tập hợp của những trang dữ liệu HTML chứa ở tất cả các máy tính trên thế giới. WWW bao gồm các trang thông tin có ký tự, hình ảnh và các hiệu ứng ... mà bạn có thể xem bằng các trình duyệt web (Web browser), ví dụ như Microsoft Internet Explorer (IE) hoặc Netscape Navigator.

E-mail (Thư điện tử)

Là dịch vụ đáp ứng yêu cầu trao đổi thông tin giữa những người sử dụng Internet thông qua việc gửi, nhận thư điện tử (Electronic Mail). Đây là một trong những dịch vụ được sử dụng nhiều nhất trên Internet với lý do tiện lợi, nhanh chóng và kinh tế.

FTP (File Transfer Protocol)

FTP là một hệ thống chủ yếu để chuyển tải file giữa các máy vi tính vào Internet. File được chuyển tải có dung lượng rất lớn. FTP hầu hết được sử dụng cho việc chuyển tải những dữ liệu mang tính cá nhân.

IRC (Internet Relay Chat)

Chat giúp cho con người truyền đạt thông tin thông qua internet bằng cách gõ mẩu tin từ bàn phím máy vi tính. Để làm được điều này bạn phải kết nối với mạng phục vụ IRC. Một lần kết nối bạn có thể tham gia chat với hàng trăm chủ đề khác nhau hoặc thậm chí tạo chủ đề riêng cho chính bạn.

Telnet

Là dịch vụ kết nối chương trình của máy tính nguồn với một máy tính khác ở xa. Trong trường hợp này bạn cần phải có tên người sử dụng (username) và mật mã (password) cũng như tên của máy đó, bạn cũng phải cần biết mở hệ thống máy sử dụng - hệ thống tổng quát ở đây là UNIX.

5.4 Tổng kết

Chương này trình bày về các lớp trên trong mô hình phân lớp mạng . Các nội dung chính được đề cập bao gồm:

- Các dịch vụ của lớp phiên: vai trò và các nhóm chức năng dịch vụ ;
- Các giao thức lớp Phiên, khái niệm thẻ bài và định dạng SPDU;
- Các chuẩn lớp phiên;
- Các dịch vụ lớp trình diễn: cú pháp và các dịch vụ nguyên thủy;
- Kí hiệu cú pháp trừu tượng ASN.1;
- Các giao thức và chuẩn lớp trình diễn;
- Kiến trúc Client/Server;
- Kiến trúc ngang hàng;
- Các dịch vụ lớp ứng dụng .

5.5 Câu hỏi ôn tập

1. Trình bày vai trò của lớp phiên trong mô hình phân lớp mạng
2. Giới thiệu các nhóm chức năng dịch vụ của lớp phiên

3. Trình bày khái niệm thẻ bài và các loại thẻ bài ở lớp phiên
4. Trình bày về SPDU, định dạng và các thông số SPDU
5. Trình bày khái niệm cú pháp và các dicu nguyên thủy lớp trình diễn
6. Trình bày các đặc điểm chính của ký hiệu cú pháp trừu tượng ASN.1
7. Giới thiệu về giao thức lớp trình diễn
8. Trình bày các đặc điểm chính của kiến trúc Client/Server
9. Trình bày các đặc điểm chính của kiến trúc ngang hàng
10. Giới thiệu các dịch vụ lớp ứng dụng

CHƯƠNG 6. KĨ THUẬT VÀ THIẾT BỊ MẠNG IP

6.1 Kĩ thuật mạng cục bộ

6.1.1 Các kiểu kiến trúc mạng

Mạng cục bộ (LAN) là một mạng dữ liệu tốc độ cao bao phủ một khu vực địa lý tương đối nhỏ. Nó thường kết nối các trạm làm việc, máy tính cá nhân, máy in, máy chủ và một số thiết bị khác. Mạng cục bộ cung cấp cho người dùng máy tính nhiều lợi ích, gồm chia sẻ truy nhập tới các thiết bị và ứng dụng, trao đổi tệp và truyền thông giữa các người dùng thông qua thư điện tử và các ứng dụng khác.

Thuật ngữ kiến trúc (topology) của mạng máy tính chỉ sự sắp xếp các trạm cuối được gắn vào mạng. Các cấu trúc thường dùng trong mạng cục bộ là hình sao (star), đường trục (bus), và vòng (ring) (Hình 6.1).

Hình 6.1: Các kiểu kiến trúc LAN

Mạng hình sao bao gồm một bộ điều khiển trung tâm, mỗi trạm cuối được kết nối vào bộ điều khiển trung tâm này.

Mạng dạng BUS bao gồm một đường truyền dữ liệu tốc độ cao duy nhất. Đường truyền này được gọi là BUS và được chia sẻ bởi nhiều nút. Bất cứ khi nào muốn truyền dữ liệu, trạm truyền ấn định địa chỉ trạm đích và truyền dữ liệu lên BUS.

Mạng cấu trúc vòng có hình dạng một vòng khép kín, các nút được nối với vòng

tại các điểm cách nhau một khoảng nào đó. Thông tin được truyền trên vòng theo một hướng nhằm tránh xung đột. Do mỗi nút có thể tái tạo và lặp lại tín hiệu nên cấu trúc liên kết kiểu này phù hợp với các mạng có phạm vi rộng hơn so với kiến trúc dạng BUS.

6.1.2 Các thành phần mạng

Để một mạng cục bộ có thể hoạt động, cần có cả các thành phần phần cứng và phần mềm. Phần cứng mạng cục bộ gồm các đường truyền dẫn, card mạng, trạm cuối và các thiết bị liên kết mạng.

- *Trạm cuối*

Các thiết bị được nối với mạng cục bộ được gọi là trạm cuối. Các thiết bị này bao gồm máy tính cá nhân, máy trạm, máy chủ, máy in, v.v. Các trạm cuối cần có các chương trình ứng dụng để thực thi các dịch vụ như thư điện tử, truyền tệp, v.v. và một chương trình điều khiển truyền thông để truyền các thông tin cần thiết khi các ứng dụng đó được thực thi.

- *Đường truyền dẫn*

Đó là phương tiện truyền dẫn dùng để kết nối các trạm cuối trong mạng cục bộ. Đường truyền dẫn thực hiện việc truyền và gửi dữ liệu giữa các trạm cuối.

- *Card mạng*

Card mạng (NIC - Netwok Interface Card) cung cấp giao diện giữa đường truyền dẫn (cáp mạng) và trạm cuối.

- *Các thiết bị liên kết mạng*

Các thiết bị liên kết mạng như bộ lặp, HUB, cầu nối, bộ định tuyến được sử dụng để kết nối các đoạn mạng với nhau và sẽ được trình bày chi tiết ở phần sau.

Để mạng cục bộ có thể hoạt động thì ngoài các thành phần phần cứng, mỗi máy tính được kết nối vào mạng phải được cài đặt một hệ điều hành mạng (NOS - Network Operating System). Một số hệ điều hành mạng thông dụng hiện này gồm Windows 2003 Server, Windows 2008 Server, Unix, Linux. Ngoài hệ điều hành mạng, còn cần các trình điều khiển (driver) để điều khiển việc truyền thông giữa hệ điều hành mạng và các card mạng. Các card mạng khác nhau sẽ có trình điều khiển khác nhau, và nó thường đi kèm card khi ta mua.

6.2 Các thiết bị mạng cục bộ

Các thiết bị mạng được sử dụng để kết nối các phân đoạn của một mạng với nhau

hoặc kết nối các mạng để tạo thành một liên mạng. Có thể phân loại những thiết bị này thành bốn loại: bộ lặp (repeater), cầu nối (bridge), bộ định tuyến (bộ định tuyến) và cổng nối (gateway). Mỗi thiết bị hoạt động tại các tầng khác nhau trong mô hình OSI, trong đó hai thiết bị đầu là đặc trưng cho mạng cục bộ và sẽ được xem xét trong phần này. Hai thiết bị sau đặc trưng cho môi trường kết nối liên mạng sẽ được đề cập trong phần sau.

6.2.1 Bộ lặp và Hub

Bộ lặp là một thiết bị chỉ hoạt động tại tầng vật lý trong mô hình OSI. Các tín hiêu mang thông tin trong một mạng có thể đi qua một khoảng cách giới hạn trước khi bị suy hao. Bộ lặp được lắp đặt trên một liên kết nhận tín hiệu, tái tạo mẫu bit ban đầu và chuyển tín hiệu trở lại liên kết.

Hình 6.2: Bộ lặp hoạt động tại tầng vật lý trong mô hình OSI

Bộ lặp cho phép chúng ta mở rộng chiều dài vật lý của một mạng, cũng như tăng số lượng máy tính nối vào mạng. Hai phần được nối tới bộ lặp thực tế chỉ là một mạng. Nếu trạm A gửi dữ liệu tới trạm B, thì mọi trạm (kể cả C và D) sẽ nhận khung, giống như trường hợp một mạng không có bộ lặp. Bộ lặp không có sự thông minh để giữ không cho khung đi sang đoạn mạng phía bên phải khi khung được gửi tới một trạm trên đoạn mạng bên trái.

Trên thực tế triển khai thì thiết bị tầng vật lý chúng ta hay gặp hiện nay là HUB, thực chất là một bộ lặp có nhiều cổng.

6.2.2 Cầu nối và bộ chuyển mạch

Cầu nối hoạt động ở cả tầng vật lý và tầng liên kết dữ liệu của mô hình OSI. Cầu nối chia các mạng lớn thành các đoạn nhỏ hơn. Tuy nhiên, cầu nối có thể giữ lưu lượng riêng biệt cho mỗi đoạn mạng. Cầu nối đủ thông minh để chỉ chuyển tiếp khung tới phân đoạn bên kia nếu đích của khung thuộc phân đoạn đó. Cầu nối có khả năng lọc lưu lượng. Do đó, chúng được sử dụng để điều khiển tắc nghẽn và cô lập các liên kết lỗi.

Cầu nối không thay đổi cấu trúc hoặc nội dung của một gói, và do đó, chỉ có thể sử dụng giữa các phân đoạn sử dụng cùng một giao thức.

Hình 6.3: Cầu nối hoạt động tại hai tầng thấp nhất trong mô hình OSI

Cầu nối hoạt động ở tầng vật lý và tầng liên kết dữ liệu. Do vậy, nó có thể truy nhập tới địa chỉ vật lý của mọi trạm kết nối tới nó. Khi một khung đi tới cầu nối, cầu nối không chỉ tái tạo tín hiệu mà còn kiểm tra địa chỉ đích và chỉ chuyển tiếp khung tới phân đoạn chứa địa chỉ đó. Khi cầu nối nhận một khung, nó đọc địa chỉ chứa trong khung và so sánh địa chỉ này với bảng địa chỉ của nó (bảng chứa địa chỉ của mọi trạm trong mạng và cổng mà các trạm đó nối tới). Khi thấy khớp địa chỉ, nó biết được trạm đích thuộc phân đoạn nào và chuyển gói tới phân đoạn đó.

Chuyển mạch (Switch) là một thiết bị hoạt động như cầu nối đa cổng để kết nối hai hoặc nhiều phân đoạn mạng. Nó thường được sử dụng để tăng tốc độ truyền dữ liệu

thực sự của mạng. Ví dụ, một mạng Ethernet hoạt động ở tốc độ 10 Mb/s gồm có 5 trạm; các trạm này cạnh tranh truy nhập mạng. Do mạng phải chia sẻ giữa năm thiết bị, nên tốc độ dữ liệu thực tế chỉ là 2 Mb/s. Muốn tăng tốc độ dữ liệu cho mỗi thiết bị, sử dụng cầu nối đa cổng (chuyển mạch) để chia mạng thành năm phân đoạn khác nhau. Như vậy, cho phép mỗi phân đoạn độc lập với các phân đoạn khác và do đó tăng tốc độ tới 10 Mb/s. Nói cách khác, khi không có cầu nối cả năm thiết bị chia sẻ băng thông sẵn dùng của mạng; còn với cầu nối thì mỗi thiết bị sử dụng toàn bộ băng thông.

6.3 Thiết bị định tuyến IP

6.3.1 Hoạt động của bộ định tuyến trong mạng

Hub hay bộ chuyển mạch là các thiết bị phần cứng đơn giản có khả năng thực hiện một số công việc cụ thể. Bộ định tuyến là một thiết bị phức tạp hơn. Chúng có khả năng truy nhập tới địa chỉ tầng mạng và chứa phần mềm cho phép chúng xác định trong các đường đi sẵn có tới đích, đường đi nào là tối ưu nhất. Bộ định tuyến hoạt động cả ở tầng vật lý, tầng liên kết dữ liệu và tầng mạng trong mô hình OSI.

Bộ định tuyến chuyển tiếp các gói dữ liệu giữa các mạng được kết nối với nhau. Nó thực hiện định tuyến gói dữ liệu từ nguồn đến đích. Để chuyển tiếp gói tới đúng phân đoạn, bộ chuyển mạch sử dụng thông tin trong bảng địa chỉ. Để định tuyến gói dữ liệu tới đích, bộ định tuyến sử dụng thông tin trong bảng định tuyến.

Hình 6.4: Bộ định tuyến hoạt động tại 3 tầng thấp nhất trong mô hình OSI

Khi một gói được gửi từ nguồn đến đích, trước tiên nó được gửi tới bộ định tuyến nối tới mạng nguồn. Bộ định tuyến này so sánh địa chỉ lôgic trong gói dữ liệu và địa chỉ trong bảng định tuyến của nó để xác định đường đi cho gói. Sau đó, gói được gửi tới bộ định tuyến kế tiếp trên đường đi vừa xác định. Các bộ định tuyến trên đường đi đều thực hiện các chức năng tương tự. Bộ định tuyến cuối cùng (nối tới mạng đích) sẽ chuyển gói tới máy đích.

6.3.2 Các thành phần của bộ định tuyến

Phần này trình bày về các thành phần đóng vai trò chính trong tiến trình cấu hình bộ định tuyến. Biết được thành phần nào liên quan đến tiến trình cấu hình cho phép chúng ta hiểu tốt hơn về cách bộ định tuyến lưu trữ và sử dụng các lệnh cấu hình. Biết các bước được thực hiện trong quá trình khởi tạo bộ định tuyến giúp chúng ta xác định vị trí xuất hiện sự cố khi khởi động bộ định tuyến.

Hình 6.5: Thông tin cấu hình bộ định tuyến có thể đến từ nhiều nguồn

Như thấy ở Hình 6.5, chúng ta có thể cấu hình bộ định tuyến từ nhiều nguồn bên ngoài, bao gồm:

- Từ đầu cuối điều khiển (một máy tính kết nối trực tiếp với bộ định tuyến thông qua cổng console).
- Thông qua Modem sử dụng cổng AUX.
- Từ các đầu cuối ảo, sau khi bộ định tuyến đã được cài đặt trên mạng.
- Từ một máy chủ TFTP trên mạng.

- **Các thành phần bên trong của bộ định tuyến**

Các thành phần bên trong của bộ định tuyến được cho thấy ở Hình 6.6.

Hình 6.6: Các thành phần cấu hình bên trong bộ định tuyến

Chức năng của các thành phần bên trong bộ định tuyến như sau:

- **RAM/DRAM** – Lưu trữ các bảng định tuyến, kho lưu ARP, kho lưu chuyển mạch nhanh, bộ đệm gói (RAM chia sẻ) và các hàng đợi giữ gói. RAM cũng cung cấp bộ nhớ hoạt động cho tệp cấu hình của bộ định tuyến khi bộ định

tuyến hoạt động. Nội dung của RAM sẽ mất khi tắt hoặc khởi động lại bộ định tuyến.

- **NVRAM** (Nonvolatile RAM) – Lưu trữ cấu hình dự phòng của tệp cấu hình. Nội dung trong NVRAM được giữ lại khi tắt hoặc khởi động lại bộ định tuyến.
- **Bộ nhớ FLASH** – Hoạt động như một ROM có thể xoá và lập trình lại, cho phép lưu trữ hệ điều hành liên mạng và vi mã. Bộ nhớ FLASH cho phép cập nhật phần mềm mà không phải gỡ bỏ hoặc thay thế chíp. Nội dung của FLASH được giữ lại khi khởi động lại hoặc tắt bộ định tuyến. FLASH cũng có thể lưu trữ nhiều phiên bản của hệ điều hành liên mạng của bộ định tuyến.
- **ROM** – Chứa chương trình khởi động, chuẩn đoán và phần mềm hệ điều hành tối thiểu. Nâng cấp phần mềm trong ROM yêu cầu phải gỡ và thay thể chíp trên bo mạch chính.
- **Các giao diện** – Phục vụ như các kết nối mạng trên bo mạch chính hoặc trên các module giao diện riêng biệt, qua đó các gói vào/ra bộ định tuyến.

6.3.3 Các chế độ vận hành

Cấu hình bộ định tuyến được thiết lập thông qua giao diện dòng lệnh, nghĩa là người dùng nhập lệnh rồi nhấn Enter sau đó tiếp tục nhập lệnh tiếp theo. Bộ định tuyến hỗ trợ nhiều chế độ lệnh khác nhau và ở mỗi chế độ các lệnh sẵn có sẽ khác nhau. Do đó, để dễ dàng cho việc cấu hình bộ định tuyến cần biết và phân biệt các chế độ lệnh của bộ định tuyến cũng như tác dụng của từng chế độ lệnh.

Bộ định tuyến làm việc ở các chế độ lệnh sau:

- *Chế độ thực thi người sử dụng*

Đây là chế độ tham khảo. Người sử dụng chế độ này chỉ có quyền tham khảo cấu hình của bộ định tuyến. Mặc định sau khi bật bộ định tuyến sẽ ở chế độ này. Nếu không đặt mật khẩu Console thì mọi người dùng đều có thể vào chế độ này.

- *Chế độ thực thi đặc quyền*

Chế độ này cho phép cấu hình các tham số hoạt động của bộ định tuyến. Để vào được chế độ này, người sử dụng phải nhập mật khẩu.

- *Chế độ cấu hình đường kết nối*

Chế độ này cho phép thiết lập cấu hình tham số cho các đường đầu cuối.

- *Chế độ cấu hình toàn cục*

Chế độ này cho phép cấu hình các tham số áp dụng cho toàn bộ hệ thống của bộ định tuyến, chẳng hạn như mật khẩu, tên bộ định tuyến, v.v.

- *Chế độ cấu hình giao diện*

  Chế độ này cho phép cấu hình tham số cho các giao diện LAN và WAN của bộ định tuyến (Ethernet, Serial, ISDN, v.v.).

- *Chế độ cấu hình bộ định tuyến*

Chế độ này cho phép cấu hình giao thức định tuyến IP như RIP, OSPF, IGRP, BGP, v.v.

6.4 Thiết bị Gateway

Gateway là một thiết bị chuyển đổi giao thức và hoạt động ở cả bảy tầng trong mô hình tham chiếu OSI. Bộ định tuyến chỉ có thể được sử dụng để kết nối các mạng sử dụng cùng một giao thức. Gateway có thể nhận một gói từ một giao thức này (chẳng hạn AppleTalk) và chuyển đổi chúng thành các gói của một giao thức khác (chẳng hạn TCP/IP) trước khi chuyển tiếp gói.

Để có thể chuyển đổi được giao thức, Gateway phải hiểu được các giao thức mà các mạng nối trực tiếp với nó sử dụng. Có trường hợp, Gateway chỉ cần thay đổi một số thông tin trong phần tiêu đề và phần đuôi. Nhưng cũng có những trường hợp, Gateway phải điều chỉnh kích thước, tốc độ cũng như định dạng dữ liệu.

Hình 6.7: Gateway hoạt động ở cả 7 tầng trong mô hình OSI

6.5 Tổng kết

Trong chương này đã trình bày về các kĩ thuật và thiết bị của mạng IP. Với kĩ thuật mạng cục bộ, các nội dung đi sâu là các kiểu kiến trúc mạng và các thành phần mạng, vai trò chức năng và hoạt động của các thiết bị Hub và bộ chuyển mạch.

Để cung cấp những kiến thức cơ bản về kĩ thuật kết nối liên mạng với công nghệ mạng diện rộng, trong nội dung chương đã giới thiệu về cấu trúc, các thành phần và hoạt động của các thiết bị kết nối liên mạng điển hình là bộ định tuyến và Gateway. Đây là những kiến thức cơ sở để giúp người học có thể vận dụng những kiến thức lí thuyết đã học vào công việc thiết kế, vận hành và khai thác mạng trong thực tế.

6.6 Câu hỏi ôn tập

1. Trình bày chức năng các thành phần của mạng cục bộ
2. Trình bày các kiểu kiến trúc mạng cục bộ
3. Giới thiệu về các thiết bị lặp và cầu nối trong mạng cục bộ
4. Trình bày khái quát về hoạt động của bộ định tuyến trong mạng IP
5. Giới thiệu các thành phần của bộ định tuyến và chức năng của các thành phần này
6. Trình bày các chế độ lệnh của bộ định tuyến điển hình
7. Trình bày vai trò, chức năng và những đặc điểm chính của thiết bị cổng nối

THUẬT NGỮ VIẾT TẮT

Thuật ngữ	Tiếng Anh	Tiếng Việt
0-9		
3DES	Triple DES	Thuật toán mã DES bội 3
3G	Third Generation	Thế hệ thứ 3
A		
AA	Access Accept	Chấp nhận truy nhập
AAA	Authentication, Authorization and Accounting	Xác thực, cấp quyền và thanh toán
AAL	ATM Adaptation Layer	Lớp thích ứng ATM
AC	Access Control	Điều khiển truy nhập
ACL	Access Control List	Danh sách điều khiển truy nhập
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Đường dây thuê bao số bất đối xứng
AES	Advanced Encryption Standard	Chuẩn mã hóa dữ liệu mở rộng
AH	Authentication Header	Giao thức tiêu đề xác thực
AMI	Alternate Mark Inversion	Mã đảo dấu luân phiên
API	Application Programming Interface	Giao diện lập trình ứng dụng
ARP	Address Resolution Protocol	Giao thức phân giải địa chỉ
AS	Autonomous System	Hệ tự trị
ASCII	American Standard Code for Information Interchange	Chuẩn mã trao đổi thông tin Mỹ
ASIC	Application Specific Integrated Circuit	Mạch tích hợp chuyên dụng
ASP	Active Server Page	Ngôn ngữ web động của Microsoft
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Phương thức truyền tải không đồng bộ

AToM	Any Transport over MPLS	Mọi giao vận qua MPLS
B		
BDR	Backup Designated Router	Bộ định tuyến chỉ định dự phòng
BER	Bit Error Rate	Tỷ lệ lỗi bit
BGP	Border Gateway Protocol	Giao thức định tuyến cổng biên
B-ISDN	Broadband ISDN	ISDN băng rộng
BOOTP	Bootstrap Protocol	Giao thức Bootstrap
BPRZ	Bipolar Return to Zero	Lưỡng cực trở về không
BS	Base Station	Trạm gốc
C		
CA	Certificate Authority	Thẩm quyền chứng nhận
CBC	Cipher Block Chaining	Chế độ chuỗi khối mật mã
CCS7	Common Channel Signalling Number 7	Báo hiệu kênh chung số 7
CHAP	Challenge - Handshake Authentication Protocol	Giao thức xác thực đòi hỏi bắt tay
CIDR	Classless Inter-Domain Routing	Định tuyến liên miền không phân lớp
CIR	Committed Information Rate	Tỉ lệ thông tin cam kết
CLIP	Classical IP	IP trên ATM
CPU	Central Processing Unit	Đơn vị xử lí trung tâm
CoS	Class of Service	Lớp dịch vụ
CQ	Custom Queuing	Hàng đợi tùy chọn
CR	Constrained Routing	Định tuyến ràng buộc
CR-LDP	Constrained Routing-LDP	Giao thức phân bổ nhãn-định tuyến ràng buộc
CRM	Customer Relationship Management	Hệ thống quản lý khách hàng

CSMA	Carrier Sense Multiple Access	Đa truy nhập cảm nhận sóng mang
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance	Đa truy nhập cảm nhận sóng mang có tránh xung đột
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection	Đa truy nhập cảm nhận sóng mạng có phát hiện xung đột
CSPF	Constrained SPF	SPF ràng buộc
D		
DAMA	Demand Assigned Multiple Access	Đa truy nhập theo nhu cầu
DCE	Data communication Equipment	Thiết bị truyền thông dữ liệu
DCLI	Datalink Connection Identifier	Nhận dạng kết nối liên kết dữ liệu
DES	Data Encryption Standard	Chuẩn mã hóa dữ liệu
DH	Diffie-Hellman	Giao thức trao đổi khóa Diffie-Hellman
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Giao thức cấu hình trạm động
DLCI	Data Link Connection Identifier	Nhận dạng kết nối lớp liên kết dữ liệu
DMZ	Demilitarized Zone	Vùng cách ly
DNS	Domain Name System	Hệ thông tên miền
DoS	Denial of Service	Từ chối dịch vụ
DiffServ	Differentiated Service	Các dịch vụ được phân biệt
DSL	Digital Subscriber Line	Đường dây thuê bao số
DR	Designated Router	Bộ định tuyến chỉ định
DTE	Data Terminal Equipment	Thiết bị đầu cuối số liệu
E		
EAP	Extensible Authentication Protocol	Giao thức xác thực mở rộng
EBCDIC	Extended Binary-Coded	Mã trao đổi thập phân được mã hoá

	Decimal Interchange Code	nhị phân mở rộng
ECB	Electronic Code Book Mode	Chế độ sách mã điện tử
EGP	Exterior Gateway Protocol	Giao thức định tuyến ngoài
EIR	Excess Information Rate	Tỉ lệ thông tin vượt quá
ER	Explicit Routing	Định tuyến hiện
ESP	Encapsulating Security Payload	Giao thức đóng gói tải tin an toàn
F		
F	Flag	Cờ
FCS	Frame Check Sequence	Chuỗi kiểm tra khung
FCFS	First Come First Serve	Đến trước phục vụ trước
FDDI	Fiber Distributed Data Interface	Giao diện dữ liệu phân bố cáp quang
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số
FEC	Fowarding Equivalence Class	Lớp chuyển tiếp tương đương
FIFO	First In First Out	Vào trước ra trước
FPA	Forced Periodic Re-authentication	Bắt buộc xác thực theo chu kỳ
FR	Frame Relay	Chuyển tiếp khung
FTP	File Transfer Protocol	Giao thức truyền file
G		
GK	Gate Keeper	Bộ giữ cổng
GPRS	General Package Radio Service	Dịch vụ vô tuyến gói chung
GRE	Generic Routing Encapsulation	Đóng gói định tuyến chung
GUI	Graphic User Interface	Giao diện đồ họa người dùng
GW	Gateway	Thiết bị cổng
H		
HMAC	Hashed-keyed Message	Mã xác thực bản tin băm

	Authenticaiton Code	
HSPA	High-Speed Packet Access	Công nghệ truy nhập gói tốc độ cao
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access	Công nghệ truy nhập gói đường xuống tốc độ cao
HTML	Hypertext Markup Language	Ngôn ngữ lien kết siêu văn bản
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Giao thức truyền siêu văn bản
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol over SSL	Giao thức HTTP qua SSL
I		
IAB	Internet Architectural Board	Hội đồng kiến trúc Internet
ICMP	Internet Control Message Protocol	Giao thức bản tin điều khiển Internet
ICV	Intergrity Check Value	Giá trị kiểm tra tính toàn vẹn
IDN	Intergrated Digital Network	Mạng số tích hợp
IDS	Intrusion Detection System	Hệ thống phát hiện xâm nhập
IETF	Internet Engineering Task Force	Tổ chức tiêu chuẩn kỹ thuật Internet
IGMP	Internet Group Management Protocol	Giao thức quản lí nhóm Internet
IGP	Interior Gateway Protocol	Giao thức định tuyến trong
IKE	Internet Key Exchange	Trao đổi khóa qua Internet
IKMP	Internet Key Management Protocol	Giao thức quản lí khóa qua Internet
IN	Intelligent Network	Mạng thông minh
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
IPSec	IP Security Protocol	Giao thức an ninh Internet
IPv4	IP version 4	Giao thức Internet phiên bản 4
IPv6	IP version 6	Giao thức Internet phiên bản 6
IntServ	Integrated Service	Các dịch vụ được tích hợp
ISAKMP	Internet Security Association	Giao thức liên kết an ninh và quản lí

	and Key Management Protocol	khóa qua Internet
ISDN	Integrated Service Digital Network	Mạng số đa dịch vụ
IS-IS	Intermediate System - Intermediate System	Giao thức định tuyến IS-IS
ISO	International Standard Organization	Tổ chức chuẩn hóa quốc tế
ISP	Internet Service Provider	Nhà cung cấp dịch vụ Internet
ISUP	ISDN User Part	Phần người dùng ISDN
ITU-T	ITU-Telecommunication Sector	Tiểu ban viễn thông – Liên minh viễn thông quốc tế
IV	Initial Vector	Véc tơ khởi tạo
K		
KMV	Keyboard/Mouse/Video	Bàn phím/Chuột/Video
L		
L2F	Layer 2 Forwarding	Giao thức chuyển tiếp lớp 2
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol	Giao thức đường hầm lớp 2
LAN	Local Area Network	Mạng cục bộ
LANE	LAN Emulation	Mô phỏng LAN
LCN	Logical Channel Number	Số kênh logic
LCP	Link Control Protocol	Giao thức điều khiển đường truyền
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol	Giao thức truy nhập thư mục
LDP	Label Distribution Protocol	Giao thức phân bổ nhãn
LER	Label Edge Router	Bộ định tuyến biên nhãn
LIB	Label Information Base	Cơ sở thông tin nhãn
LSA	Link State Advertisement	Quảng cáo trạng thái liên kết
LSP	Label Switched Path	Đường dẫn chuyển mạch nhãn
LSR	Label Switch Router	Bộ định tuyến chuyển mạch nhãn

M		
M2PA	MTP L2 Peer-to-Peer Adapter	Tương thích ngang hàng MTP lớp 2
M2UA	MTP2 User Adapter	Tương thích người dùng MTP2
M3UA	MTP3 User Adapter	Tương thích người dùng MTP3
MAC	Message Authentication Code	Mã xác thực bản tin
MAM	Maximum Allocation Multiplier	Hệ số cấp phát tối đa
MAN	Metropolitan Area Network	Mạng đô thị
MD5	Message Digest 5	Thuật toán giản lược bản tin MD5
MG	Media Gateway	Cổng phương tiện
MGC	Media Gateway Controller	Bộ điều khiển cổng phương tiện
MTP	Message Tranfer Part	Phần chuyển giao bản tin
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Chuyển mạch nhãn đa giao thức
MPOA	Multiprotocol Over ATM	Đa giao thức trên ATM
MSAU	MultiStation Access Unit	Khối truy nhập đa trạm
MTU	Maximum Transfer Unit	Đơn vị truyền tải cực đại
N		
NAS	Network Access Server	Máy chủ truy nhập mạng
NAT	Network Address Translation	Chuyển đổi địa chỉ mạng
NGN	Next Generation Network	Mạng thế hệ sau
NHRP	Next Hop Resolution Protocol	Giao thức phân giải chặng kế tiếp
NLRI	Network Layer Reachabiliy Information	Thông tin có thể lấy được ở lớp mạng
NSA	National Sercurity Agency	Cơ quan an ninh quốc gia Mỹ
NSP	Name Space Provider	Dịch vụ không gian tên
O		
OSI	Open System Interconnnection	Mô hình kết nối các hệ thống mở
OSPF	Open Shortest Path First	Giao thức định tuyến đường đi ngắn nhất

P		
PAP	Password Authentication Protocol	Giao thức xác thực mật khẩu
PCM	Pulse Code Modulation	Điều xung mã
PCT	Private Communications Technology	Công nghệ giao tiếp cá nhân
PDA	Personal Data Assistants	Thiết bị trợ giúp cá nhân
PDU	Protocol Data Unit	Đơn vị dữ liệu giao thức
PID	Protocol Identifier	Nhận dạng giao thức
PIM	Personal Information Manager	Quản lý thông tin cá nhân
PKI	Public Key Infrastructure	Cơ sở hạ tầng khóa công cộng
PNNI	Private Network-Network Interface	Mạng riêng ảo
POP	Point of Presence	Điểm hiện diện
PPP	Point to Point Protocol	Giao thức điểm tới điểm
PPTP	Point to Point Tunneling Protocol	Giao thức đường hầm điểm tới điểm
PQ	Prority Queue	Hàng đơi ưu tiên
PSTN	Public Switched Telephone Network	Mạng chuyển mạch thoại công cộng
Q		
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Kỹ thuật điều biên cầu phương
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
R		
RADIUS	Remote Authentication Dial-in User Service	Dịch vụ xác thực người dùng quay số từ xa
RARP	Reverse Address Resolution Protocol	Giao thức phân giải địa chỉ ngược

RAS	Remote Access Service	Dịch vụ truy nhập từ xa
RESV	Resevation	Bản tin dành trước
RFC	Request for Comment	Tài liệu tiêu chuẩn của IETF trên Internet
RIP	Routing Information Protocol	Giao thức thông tin định tuyến
RSA	Rivest-Shamir-Adleman	Một loại giải thuật mật mã bằng khóa công cộng
RSVP	Resource Reservation Protocol	Giao thức dành sẵn (dự trữ) tài nguyên
RTCP	Real Time Control Protocol	Giao thức điều khiển thời gian thực
RTP	Real-time Transport Protocol	Giao thức truyền thời gian thực
S		
SA	Security Association	Liên kết an ninh
SAD	SA Database	Cơ sở dữ liệu SA
SAFI	Subsequent Address Family Identifier	Nhận dạng nhóm địa chỉ tiếp theo
SCCP	Signaling Connection Control Part	Phần điều khiển kết nối báo hiệu
SCP	Service Control Point	Điểm điều khiển dịch vụ
SDMA	Space Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo không gian
SG	Signalling Gateway	Cổng báo hiệu
SHA-1	Secure Hash Algorithm-1	Thuật toán băm SHA-1
S-HTTP	Secure Hypertext Transfer Protocol	Giao thức bảo mật HTTP
SIP	Session Initiation Protocol	Giao thức khởi tạo phiên
SMB	Small and Medium Business	Nhóm người dùng vừa và nhỏ
SMTP	Simple Message/Mail Transfer Protocol	Giao thức chuyển thư đơn giản

SN	Sequence Number	Số thứ tự
SNMP	Simple Network Management Protocol	Giao thức quản lý mạng đơn giản
SOHO	Small Office/Home Office	Văn phòng nhỏ / Nhà nhỏ
SPF	Shortest Path First	Giải thuật đường đi ngắn nhất trước
SPI	Security Parameter Index	Chỉ số thông số an ninh
SS	Soft Switch	Chuyển mạch mềm
SS7	Signalling System Number 7	Hệ thống báo hiệu số 7
SSL	Secure Socket Layer	Lớp Socket bảo mật
SSO	Single Sign On	Đăng nhập một lần
SSP	Service Switching Point	Điểm chuyển mạch dịch vụ (hoặc chuyển mạch trung tâm
STM	Synchronous Transmission Mode	Chế độ truyền dẫn đồng bộ
STP	Signalling Transfer Point	Điểm chuyển tiếp báo hiệu
SVC	Signaling Virtual Circuit	Kênh ảo báo hiệu
T		
TCP	Transmission Control Protocol	Giao thức điều khiển truyền tải
TDMA	Time division multiple access	Đa truy nhập phân chia theo thời gian
TE	Traffic Engineering	Kỹ thuật lưu lượng
TTL	Time To Live	Thời gian sống
TLS	Transport Level Security	An ninh mức truyền tải
TLV	Type-Leng-Value	Kiểu-Chiều dài-Giá trị
ToS	Type of Service	Kiểu dịch vụ
U		
UA	User Agent	Tác nhân người sử dụng
UDP	User Data Protocol	Giao thức dữ liệu người sử dụng

URL	Uniform Resource Locator	Địa chỉ tham chiếu Internet
USB	Universal Serial Bus	Chuẩn kết nối tuần tự đa năng
V		
VC	Virtual Circuit	Kênh ảo
VCI	Virtual Circuit Identifier	Nhận dạng kênh ảo
VoIP	Voice over IP	Truyền thoại qua IP
VLSM	Variability Length Subnetwork Mask	Mặt nạ mạng con chiều dài biến thiên
VP	Virtual Path	Đường ảo
VPLS	Virtual Private LAN Service	Dịch vụ LAN riêng ảo
VPI	Virtual Path Identifier	Nhận dạng đường ảo
VPN	Virtual Private Network	Mạng riêng ảo
X		
XML	Extensible Markup Language	Ngôn ngữ đánh dấu mở rộng
W		
WAN	Wide Area Network	Mạng diện rộng
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã băng rộng
WDM	Wave Division Multiplexing	Ghép kênh quang theo bước sóng
WFQ	Weighted Fair Queue	Hàng đợi công bằng trọng số

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks, Fourth Edition. Prentice Hall, 2011.
2. Russell Bradford. The Art of Computer Networking. Pearson Education Limited, 2007.
3. Larry L. Peterson, Bruce S. Davie. Computer Networks - A Systems Approach. Elsevier Inc., 2007.
4. Jim F Kurose, Keith W. Ross. Computer networking - A Top-Down Approach, 5th Ed. Addison-Wesley, 2010.
5. Mitchell S. Moore, N. Todd Pritsky, Cliff Riggs, Peter V. Southwick. Telecommunications: A Beginner's Guide. Hill Associates, Inc., 2002.
6. T. Aattalainen. Introduction to Telecommunications Network Engineering. Artech House, 1999.
7. Nguyễn Tiến Ban. Công nghệ IP/MPLS và các mạng riêng ảo. NXB Thông tin và Truyền thông, 2011.
8. Nguyễn Tiến Ban, Nguyễn Thị Thu Hằng. Mạng viễn thông. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2010.
9. Nguyễn Tiến Ban. Mạng viễn thông thế hệ mới. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2014.
10. Nguyễn Tiến Ban, Hoàng Trọng Minh, Nguyễn Thị Thu Hằng, Dương Thị Thanh Tú, Nguyễn Đình Long. Quản lí mạng viễn thông. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2009.
11. Nguyễn Tiến Ban, Nguyễn Thị Thu Hằng, Nguyễn Văn Đát, Dương Thị Thanh Tú, Nguyễn Đình Long. Tổng quan về viễn thông. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2009.
12. Nguyễn Tiến Ban. Công nghệ chuyển mạch nhãn đa giao thức. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2007.
13. Nguyễn Tiến Ban. Kĩ thuật viễn thông. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2007.
14. Nguyễn Tiến Ban. Mạng riêng ảo. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2007.
15. Nguyễn Tiến Ban. Thoại qua giao thức IP. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2007.
16. Nguyễn Tiến Ban. Tổng quan về NGN. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 2007.