

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO



TRUYỀN SỐ LIỆU VÀ MẠNG MÁY TÍNH

Biên soạn:

ThS. Võ Thị Bích Ngọc

TRUYỀN SỐ LIỆU VÀ MẠNG MÁY TÍNH

Ấn bản 2021

MỤC LỤC

MỤC LỤC	1
HƯỚNG DẪN.....	3
BÀI 1: THÔNG TIN SỐ LIỆU	5
1.1 TỔNG QUAN HỆ THỐNG THÔNG TIN SỐ LIỆU	5
1.1.1 <i>Tổng quan về thông tin, tín hiệu, dữ liệu</i>	<i>5</i>
1.1.2 <i>Mô hình của một hệ thống thông tin dữ liệu</i>	<i>7</i>
1.2 MÔI TRƯỜNG TRUYỀN DẪN.....	8
1.2.1 <i>Môi trường hữu tuyến</i>	<i>8</i>
1.2.2 <i>Môi trường vô tuyến</i>	<i>17</i>
1.3 SUY HAO VÀ MÉO DẠNG	24
1.3.1 <i>Suy hao:</i>	<i>25</i>
1.3.2 <i>Sự giới hạn của băng thông</i>	<i>26</i>
1.3.3 <i>Méo do trễ.....</i>	<i>27</i>
1.3.4 <i>Nhiều:</i>	<i>27</i>
1.4 CHUẨN GIAO TIẾP BĂNG TẦN CƠ SỞ.....	33
1.4.1 <i>RS232C</i>	<i>33</i>
1.4.2 <i>Null modem (modem rỗng)</i>	<i>37</i>
1.4.3 <i>Vòng dòng điện 20mA.....</i>	<i>38</i>
TÓM TẮT	40
CÂU HỎI ÔN TẬP	42
BÀI 2: TRUYỀN DỮ LIỆU	43
2.1 CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN	43
2.1.1 <i>Các phương thức truyền tin</i>	<i>43</i>
2.1.2 <i>Các hình thức truyền</i>	<i>45</i>
2.1.3 <i>Các loại mã truyền</i>	<i>46</i>
2.1.4 <i>Các đơn vị dữ liệu.....</i>	<i>54</i>
2.1.5 <i>Các cấu hình kết nối cơ bản</i>	<i>54</i>
2.2 TRUYỀN DỮ LIỆU BẤT ĐỒNG BỘ	56
2.2.1 <i>Đặc điểm</i>	<i>56</i>
2.2.2 <i>Quá trình truyền dữ liệu</i>	<i>57</i>
2.3 TRUYỀN DỮ LIỆU ĐỒNG BỘ	61
2.3.1 <i>Đặc điểm của kỹ thuật truyền đồng bộ:</i>	<i>61</i>
2.3.2 <i>Đồng bộ bit</i>	<i>62</i>
2.3.3 <i>Truyền định hướng ký tự</i>	<i>73</i>
2.3.4 <i>Truyền định hướng bit:</i>	<i>75</i>
2.4 CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN VÀ SỬA LỖI	77

2.4.1 Tổng quan.....	77
2.4.2 Cơ chế phát hiện lỗi.....	80
2.5 NÉN SỐ LIỆU (DATA COMPRESSION)	87
2.5.1 Packed Decimal.....	87
2.5.2 Mã hóa tương đối (Relative coding)	88
2.5.3 Nén ký tự.....	89
TÓM TẮT	90
CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP	91
BÀI 3: CÁC CƠ SỞ CỦA GIAO THỨC (PROTOCOL BASICS)	93
3.1 TỔNG QUAN.....	93
3.2 KIỂM SOÁT LỖI.....	94
3.3 IDLE RQ.....	95
3.3.1 Đặc điểm	95
3.3.2 Idle ngầm định	96
3.3.3 Idle tường minh	97
3.3.4 Cấu trúc khung của Idle RQ	99
3.3.5 Hiệu suất sử dụng liên kết.....	100
3.4 CONTINUOUS RQ (RQ LIÊN TỤC).....	103
3.4.1 Đặc điểm	103
3.4.2 Truyền lại có lựa chọn.....	104
3.4.3 Truyền lại một nhóm (Go – Back - N)	109
3.5 ĐIỀU KHIỂN LUỒNG (FOLLOW CONTROL)	111
3.5.1 Kiểu điều khiển X-ON/ X-OFF.....	111
3.5.2 Phương pháp cửa sổ trượt (Sliding window):.....	112
3.5.3 Hiệu suất sử dụng liên kết	113
CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP	115

HƯỚNG DẪN

MÔ TẢ MÔN HỌC

Môn học này cung cấp cho sinh viên những khái niệm tổng quan về thông tin số liệu, kỹ thuật truyền số liệu, các phương thức truyền số liệu, các chuẩn giao tiếp, các cơ sở giao thức, các giao thức điều khiển liên kết dữ liệu và các lớp trong mô hình OSI. Mở rộng thêm các kiến thức về mạng cục bộ LAN, mạng chuyển mạch gói, mạng Internet, mạng Frame Relay,... chủ yếu nhằm phục vụ cho sinh viên chuyên ngành Điện tử truyền thông.

NỘI DUNG MÔN HỌC

Bài 1. Thông tin số liệu: Bài này cung cấp cho học viên các khái niệm liên quan về hệ thống thông tin số liệu, các môi trường truyền dẫn, suy hao và méo dạng tín hiệu, và các chuẩn giao tiếp băng tần cơ sở.

Bài 2: Truyền dữ liệu (DATA TRANSMISSION): Bài này cung cấp cho học viên các khái niệm cơ bản liên quan đến truyền dữ liệu, truyền dữ liệu bất đồng bộ, truyền dữ liệu đồng bộ, và nén số liệu (Data compression).

Bài 3: Các cơ sở của giao thức: nội dung bài này nhằm cung cấp cho học viên các cơ sở của giao thức làm nền tảng truyền dữ liệu bao gồm kiểm soát lỗi, điều khiển luồng và quản lý kết nối.

Bài 4: Các giao thức điều khiển liên kết dữ liệu: trình bày nguyên lý hoạt động của các nghi thức lớp liên kết dữ liệu định hướng ký tự và định hướng bit.

Bài 5: Mạng cục bộ.

KIẾN THỨC TIỀN ĐỀ

Môn học truyền số liệu và mạng máy tính đòi hỏi sinh viên có kiến thức nền tảng về kỹ thuật điện tử, phần cứng máy tính.

YÊU CẦU MÔN HỌC

Người học phải dự học đầy đủ các buổi lên lớp và làm bài tập đầy đủ ở nhà.

CÁCH TIẾP NHẬN NỘI DUNG MÔN HỌC

Để học tốt môn này, người học cần đọc trước các nội dung chưa được học trên lớp; tham gia đều đặn và tích cực trên lớp; hiểu các khái niệm, tính chất và ví dụ tại lớp học. Sau khi học xong, cần ôn lại bài đã học, làm các bài tập và câu hỏi. Tìm đọc thêm các tài liệu khác liên quan đến bài học và làm thêm bài tập.

PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ MÔN HỌC

Môn học được đánh giá gồm:

- Điểm thi thực hành: 30%. Hình thức và nội dung do GV quyết định, phù hợp với quy chế đào tạo và tình hình thực tế tại nơi tổ chức học tập.
- Điểm thi lý thuyết: 70%. Hình thức bài thi tự luận trong 90 phút. Nội dung gồm các câu hỏi và bài tập thuộc các bài thứ 1 đến bài thứ 5.

BÀI 1: THÔNG TIN SỐ LIỆU

Sau khi học xong bài này, học viên có thể:

- *Nắm vững được khái niệm liên quan về hệ thống thông tin số liệu.*
- *Nắm được các loại cáp truyền tải chính, đặc tính kỹ thuật và ứng dụng chính của chúng.*
- *Nắm được các loại sóng truyền tải không dây chính, đặc tính kỹ thuật và ứng dụng.*
- *Biết được các nguyên nhân gây suy hao và méo dạng tín hiệu.*
- *Biết các chuẩn giao tiếp bằng tần cờ sở.*

1.1 TỔNG QUAN HỆ THÔNG THÔNG TIN SỐ LIỆU

1.1.1 Tổng quan về thông tin, tín hiệu, dữ liệu

Thông tin (information -> còn được gọi là tin tức): hiện nay chưa có một định nghĩa nào đầy đủ cho khái niệm thông tin. Tuy nhiên, chúng ta tạm sử dụng khái niệm sau để định nghĩa về thông tin:

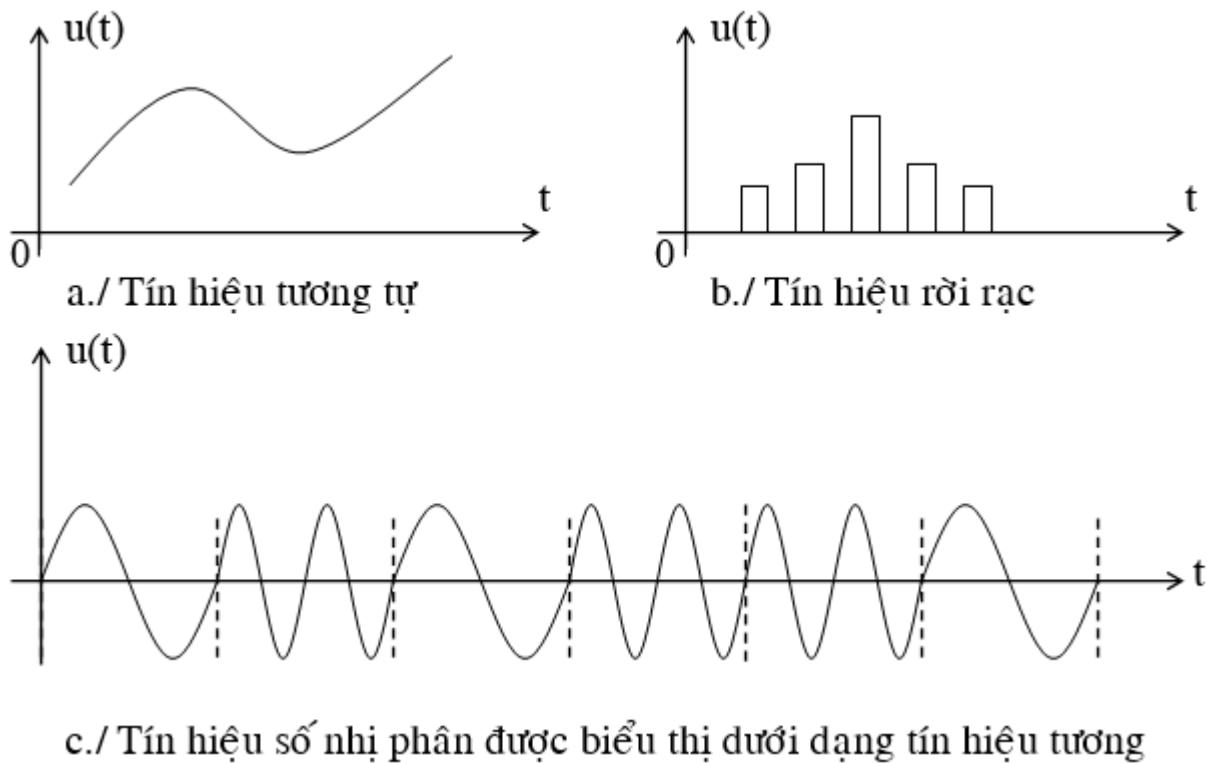
Thông tin là sự hiểu biết của con người về thế giới xung quanh (thông qua tiếp xúc với nó) và càng tiếp xúc với môi trường xung quanh con người càng hiểu biết và càng làm tăng lượng thông tin thu nhận được.

Thông tin truyền và xử lý trong các hệ thống truyền tin được biểu thị dưới dạng các **tín hiệu** vật lý như chuyển động, áp suất, nhiệt độ, hình ảnh, âm thanh, ký hiệu, tín hiệu điện tử ...

Tín hiệu: là đại lượng vật lý mang thông tin và thường được biểu thị dưới 2 dạng: tín hiệu tương tự và tín hiệu số.

Tín hiệu tương tự: là tín hiệu mà khi biểu diễn toán học là một hàm liên tục theo thời gian.

Tín hiệu số: là tín hiệu mà khi biểu diễn toán học là một hàm gián đoạn theo thời gian và tập hợp các giá trị là hữu hạn.



Hình 1.1: Mô tả dạng tín hiệu tương tự và số

Thông tin được biểu diễn bởi các tín hiệu liên tục được gọi là thông tin liên tục, Thông tin được biểu diễn bởi các tín hiệu rời rạc được gọi là thông tin rời rạc. Một trong những dạng quan trọng của thông tin rời rạc là thông tin được lưu trữ dưới dạng số, cụ thể là dưới dạng các dãy số 0 và 1.

Ví dụ, thông tin về thời gian được biểu diễn bởi một đồng hồ cơ học với kim giờ, kim phút, kim giây là thông tin liên tục vì chuyển động của kim giây là liên tục. Mặt khác, thông tin về thời gian được biểu diễn bởi một đồng hồ điện tử mặt số là thông tin rời rạc, giá trị thời gian (giờ, phút) sẽ thay đổi đột ngột 8:05-08:06 và chỉ có một số hữu hạn giá trị.

Thông tin được lưu trữ trong máy tính là thông tin dưới dạng số, chúng được lưu trữ dưới dạng các số nhị phân 0 và 1, tức là các bit.

Một hệ thống thông tin được dùng để truyền và nhận thông tin từ nơi này sang nơi khác. Tuỳ theo dạng thông tin cần truyền, cách xử lý thông tin trong quá trình truyền nhận và cự ly truyền có thể phân thành nhiều loại hệ thống khác nhau. Nếu căn cứ vào dạng tín hiệu truyền có thể tạm phân làm 3 loại thông tin chủ yếu là: thông tin tương tự (analog communication), thông tin số (digital communication) thông tin dữ liệu (data communication).

Hệ thống truyền tin truyền các tín hiệu tương tự được gọi là hệ thống truyền tin tương tự. Hệ thống truyền tin truyền các tín hiệu số được gọi là hệ thống truyền tin số.

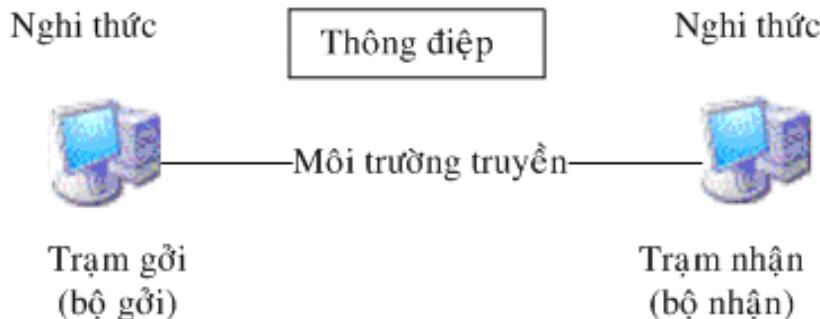
Trong các hệ thống truyền tin có sự tham gia của các máy tính, tin tức hoặc thông tin được biểu thị dưới dạng dữ liệu, hệ thống hoặc mạng truyền tin đó được gọi là hệ thống hoặc mạng truyền dữ liệu.

Dữ liệu là một khái niệm rất rộng, ở đây thuật ngữ dữ liệu (data) được hiểu là các thông tin được biểu thị, lưu trữ dưới dạng số nhị phân và việc truyền được thực hiện thông qua việc xử lý của các máy tính số.

Dữ liệu ở cả hai phía truyền tin và nhận tin là dữ liệu số nhưng trong quá trình truyền dẫn dữ liệu thì các dữ liệu đó có thể hoặc là dạng số hoặc là dạng tương tự.

1.1.2 Mô hình của một hệ thống thông tin dữ liệu

Mục đích cơ bản của một hệ thống thông tin dữ liệu là trao đổi dữ liệu giữa hai bộ phận phát và thu, có thể ở rất xa nhau. Truyền thông tin dữ liệu liên quan đến việc truyền tải tín hiệu theo một cách đáng tin cậy và hiệu quả.



Hình 1.2: Mô hình tổng quát của một hệ thống thông tin dữ liệu

Thông điệp: là tin hay dữ liệu được thông tin. Nó có thể là văn bản, hình ảnh, âm thanh hoặc bất kỳ sự kết hợp nào của chúng.

Bộ gởi: là thiết bị gởi thông điệp dữ liệu. Nó có thể là máy tính, trạm làm việc, máy điện thoại, camera...

Bộ nhận: là thiết bị nhận thông điệp dữ liệu. Nó có thể là máy tính, trạm làm việc, máy điện thoại, máy thu hình...

Môi trường truyền dẫn (hoặc kênh truyền dẫn): là phương tiện để mang thông điệp từ máy phát đến máy thu. Có rất nhiều môi trường truyền dẫn khác nhau như: các đường dây điện thoại xoắn đôi, cáp song hành, cáp đồng trục, cáp quang, môi trường vô tuyến như viba, radio, vệ tinh...

Nghi thức: một nghi thức là tập hợp quy luật dùng điều hành thông tin dữ liệu. Nó tiêu biểu cho một thỏa ước giữa các thiết bị truyền thông. Không có nghi thức, hai thiết bị có thể kết nối nhưng không thể thông tin.

1.2 MÔI TRƯỜNG TRUYỀN DẪN

Môi trường truyền tổng quát có thể được chia làm 2 loại là môi trường hữu tuyến và môi trường vô tuyến.

1.2.1 Môi trường hữu tuyến

Đối với môi trường truyền hữu tuyến, tốc độ dữ liệu phụ thuộc rất nhiều vào khoảng cách và cấu hình kết nối là điểm-điểm hoặc đa điểm. Bảng 1.1 chỉ ra các đặc điểm điển hình chung cho các môi trường hữu tuyến trong các ứng dụng điểm-điểm.

Bảng 1.1:

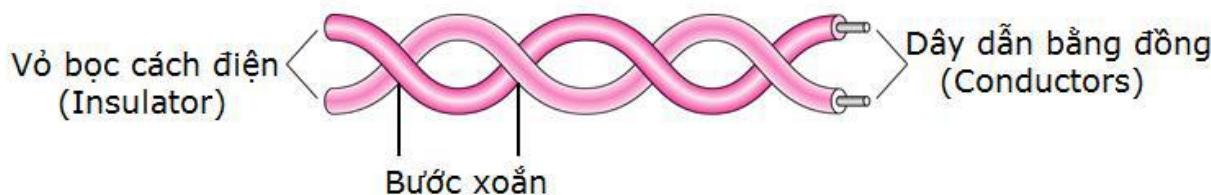
	Frequency Range	Typical Attenuation	Typical Delay	Repeater Spacing
Twisted pair (with loading)	0 to 3.5 kHz	0.2 dB/km @ 1 kHz	50 μ s/km	2 km
Twisted pairs (multipair cables)	0 to 1 MHz	0.7 dB/km @ 1 kHz	5 μ s/km	2 km
Coaxial cable	0 to 500 MHz	7 dB/km @ 10 MHz	4 μ s/km	1 to 9 km
Optical fiber	186 to 370 THz	0.2 to 0.5 dB/km	5 μ s/km	40 km

THz = TeraHertz = 10^{12} Hz

1.2.1.1 Cáp đồng:

a. Cáp xoắn:

Cáp xoắn là loại môi trường truyền tải hữu tuyến thông dụng nhất. Cáp xoắn bao gồm 2 sợi dây đồng cách điện và xoắn lại với nhau. Khoảng cách giữa 2 nút liên tiếp nhau được gọi là bước xoắn, bước xoắn càng ngắn thì càng làm giảm ảnh hưởng của tụ ký sinh giữa 2 đường dây.



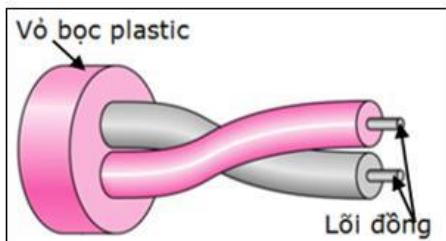
Hình 1.3: Dây cáp xoắn

Một dây được sử dụng để mang tín hiệu đến máy thu, dây kia chỉ được sử dụng như dây đất. Máy thu sử dụng sự khác biệt về tín hiệu giữa hai dây dẫn.

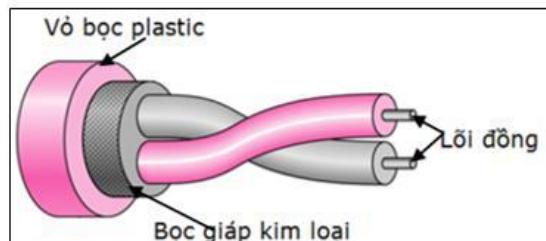
Khoảng cách kết nối giữa 2 thiết bị có thể lên tới 100m, tốc độ khoảng 100Mbps

Có 2 loại cáp xoắn:

- + Cáp xoắn không có lớp bảo vệ (UTP - Unshield Twisted Pair): không có bọc giáp bên ngoài dùng trong mạng LAN và mạng điện thoại.
- + Cáp xoắn có lớp bảo vệ (STP - Shield Twisted Pair): có bọc 1 lớp giáp cách ly bên ngoài để hạn chế ảnh hưởng của nhiễu.



a./ UTP



b./ STP

Hình 1.4: Dây cáp xoắn UTP và STP

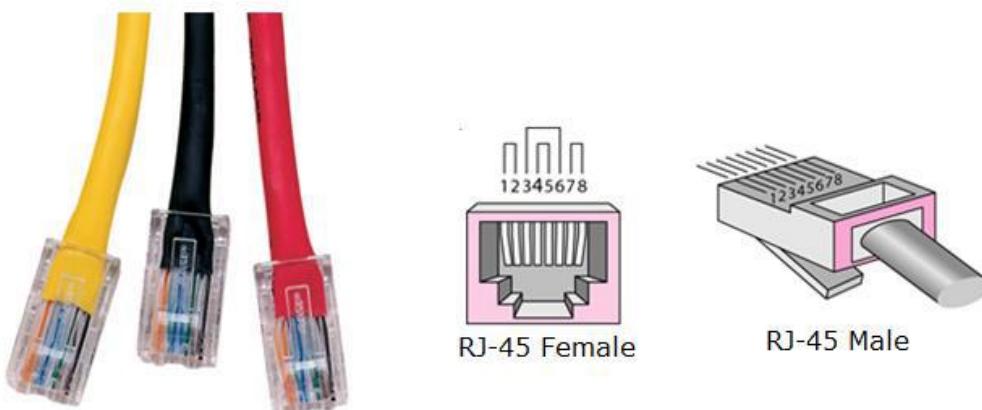
Hiệp hội doanh nghiệp điện tử (EIA) đã phát triển các tiêu chuẩn để phân loại cáp xoắn thành 7 loại. Mỗi loại được xác định bởi chất lượng cáp với loại 1 là thấp nhất và loại 7 là cao nhất. Mỗi loại phù hợp với một mục đích sử dụng cụ thể như bảng 1.2.

Bảng 1.2

Tên Catagory	Băng thông (Bandwidth)	Tốc độ (Mbps) (Data Rate)	Digital/Analog	Sử dụng
1	very low	<100 kbps	Analog	Telephone
2	< 2 MHz	2 Mbps	Analog/digital	T-1 lines
3	16 MHz	10 Mbps	Digital	LANs
4	20 MHz	20 Mbps	Digital	LANs
5	100 MHz	100 Mbps	Digital	LANs
5e	100 MHz	125 Mbps	Digital	LANs
6 (draft)	200 MHz	200 Mbps	Digital	LANs
7 (draft)	600 MHz	600 Mbps	Digital	LANs

Đầu cắm

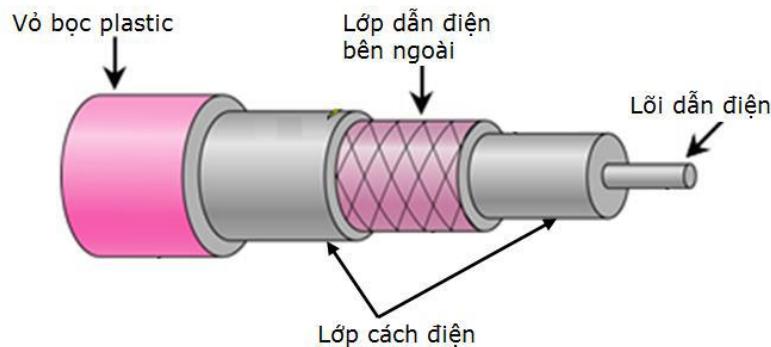
Đầu cắm (connector) UTP phổ biến nhất là RJ45 được thể hiện trong hình dưới đây. RJ45 là đầu cắm một điểm, tức là một đầu cắm chỉ ứng với một đường kết nối.



Hình 1.5: Đầu nối RJ45

b. Cáp đồng trục:

Thay vì có hai dây, cáp đồng trục có dây dẫn lõi trung tâm trong một vỏ bọc, rồi được bọc bằng một dây dẫn bên ngoài làm bằng lá kim loại, hoặc sợi kim loại tết với nhau, hoặc kết hợp cả hai. Bọc kim loại bên ngoài phục vụ vừa như một lá chắn chống nhiễu vừa như dây dẫn thứ hai để hoàn thành mạch. Dây dẫn bên ngoài này cũng được bọc trong một vỏ bọc cách điện, và toàn bộ cáp được bảo vệ bởi một vỏ nhựa.



Hình 1.6: Cấu trúc cáp đồng trục

Cáp đồng trục cải tiến được 2 hạn chế lớn của cáp xoắn: hiệu ứng da và sự tiêu hao năng lượng của tín hiệu do sự bức xạ ở tần số cao.

Hiệu ứng da: khi tốc độ bit càng tăng -> tần số tín hiệu càng tăng -> dòng điện chỉ tập trung chảy ở bề mặt ngoài của dây dẫn -> điện trở của dây dẫn tăng. Do đó, khi tần số của tín hiệu tăng thì sự suy hao của tín hiệu càng nhiều.

Nhờ có lớp bọc giáp cách điện bằng kim loại mà khi tín hiệu bị bức xạ -> đưa xuống mass -> giảm bớt suy hao.

Nhờ những ưu điểm trên mà khoảng cách kết nối 2 thiết bị tăng lên được khoảng vài trăm mét, tốc độ khoảng 10Mbps.

Các chuẩn cáp đồng trục:

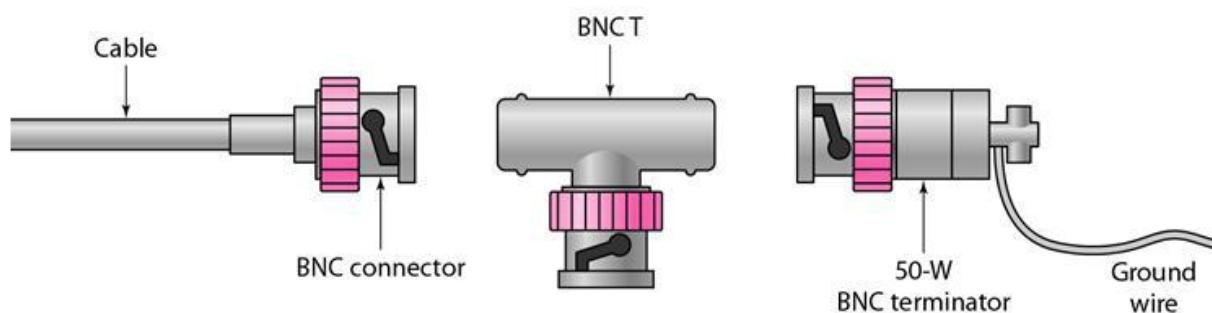
Cáp đồng trục được phân loại bởi các đánh giá RG (Radio Government). Mỗi một số RG chỉ ra những qui định riêng của nó, bao gồm cả số đo kích thước của dây dẫn bên trong, độ dày và loại chất cách điện bên trong, kích thước và loại vỏ bọc bên ngoài. Các loại cáp đồng trục thông dụng có thể được liệt kê trong bảng 1.3.

Bảng 1.3

Loại	Trở kháng	Sử dụng
RG -59	75Ω	Dùng cho truyền hình cáp
RG -58	50Ω	Dùng cho mạng Thin Ethernet
RG -11	50Ω	Dùng cho mạng Thick Ethernet

Đầu nối cáp đồng trục

Để kết nối cáp đồng trục với các thiết bị, chúng ta cần đầu nối cáp đồng trục. Loại phổ biến nhất của kết nối sử dụng ngày nay là kết nối Bayone-Neill-Concelman (BNC). Hình dưới đây cho thấy ba loại phổ biến của các đầu nối: đầu nối BNC, đầu nối T-BNC, và BNC terminator.

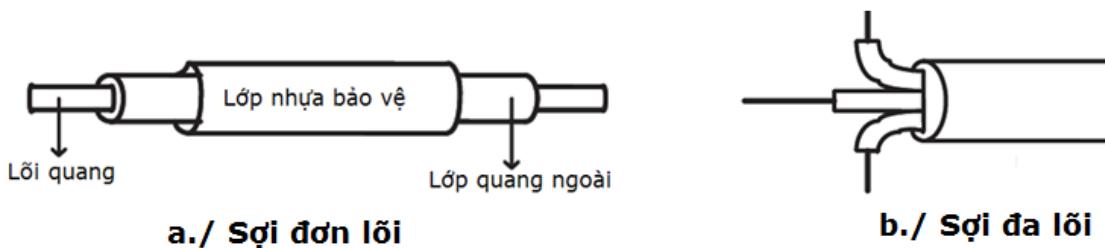


Hình 1.7: Đầu nối cáp đồng trục

- Đầu nối BNC được sử dụng để kết nối các đầu cáp vào một thiết bị, chẳng hạn như một máy truyền hình.
- Kết nối T-BNC được sử dụng trong các mạng Ethernet cho nhánh ra để kết nối với một máy tính hoặc thiết bị khác.
- Các BNC terminator được sử dụng ở cuối của cáp để ngăn chặn sự phản xạ của tín hiệu.

1.2.1.2 Cáp quang:

Cấu tạo: gồm lõi cáp để truyền tín hiệu và vỏ cáp. Trong đó chiết suất vỏ nhỏ hơn chiết suất lõi.



Hình 1.8: Cấu trúc cáp quang

Về bản chất, cáp quang truyền tải thông tin đi dưới dạng các tia sáng bên trong sợi thủy tinh.

Sóng ánh sáng có băng thông rộng hơn sóng điện từ -> điều này cho phép cáp quang đạt được tốc độ truyền khá cao. Thực tế, các sợi quang hoạt động như một ống dẫn sóng cho các tần số trong phạm vi 10^{14} đến 10^{15} Hz, điều này bao gồm các phần của quang phổ hồng ngoại **LED** (Light Emitting Diode) và ánh sáng nhìn thấy **ILD** (Injection Laser Diode).

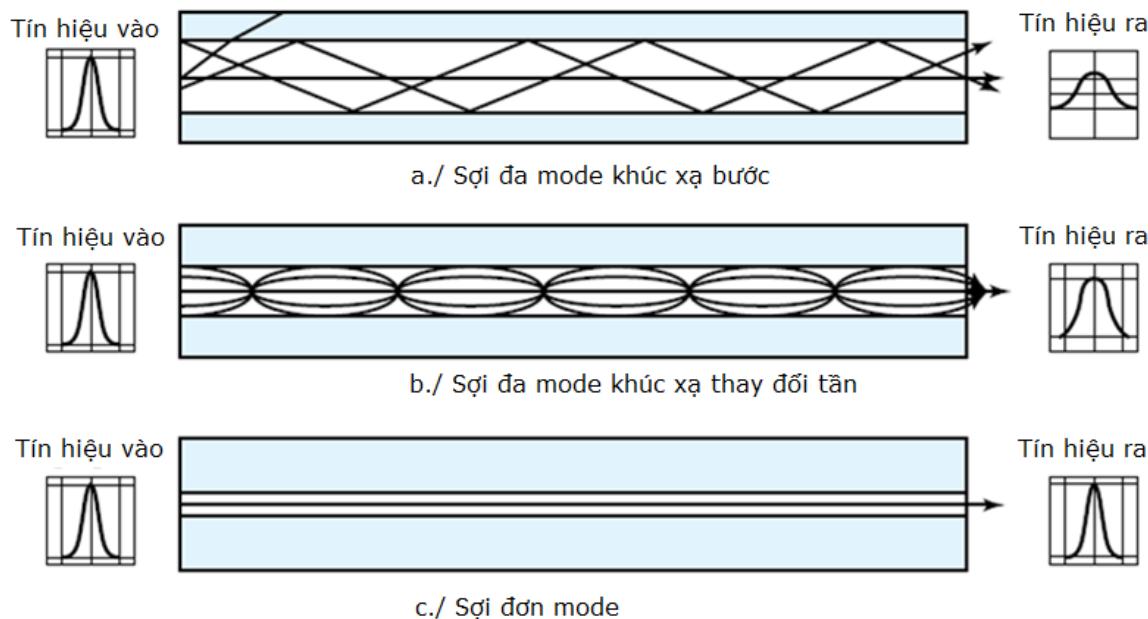
Các chế độ lan truyền

Công nghệ hiện tại hỗ trợ hai chế độ lan truyền: chế độ đa (**multi mode**) và chế độ đơn (**single mode**), mỗi chế độ yêu cầu sợi quang với các đặc tính vật lý khác nhau. Chế độ đa có thể được thực hiện theo một trong hai hình thức: khúc xạ bước (**step index**) hoặc khúc xạ thay đổi tần (**graded index**).

Trong cáp quang **step-index multimode**, chỉ số khúc xạ của lõi không thay đổi từ trung tâm đến rìa lõi. Ánh sáng từ nguồn phát đi vào lõi tròn thủy tinh hoặc nhựa, truyền qua môi trường đồng nhất này theo một đường thẳng cho đến khi nó chạm vào giao diện của lõi và lớp bao phủ. Các tia sáng ở góc nồng được phản xạ và truyền dọc theo sợi, các tia khác được hấp thụ bởi các vật liệu xung quanh. Hình thức lan truyền này được gọi là step-index multimode, để cập đến việc có nhiều góc phản xạ. Với kiểu truyền tải này, nhiều đường lan truyền tồn tại, mỗi đường có một chiều dài khác nhau, do đó thời gian để đi qua sợi cáp là khác nhau. Điều này làm cho các thành phần tín hiệu (xung ánh sáng) không đến đích cùng lúc, sự trễ này gây biến dạng tín hiệu tại máy thu, do đó hạn chế tốc độ dữ liệu. Đây là loại sợi thích hợp nhất để truyền trên một khoảng cách rất ngắn.

Bằng cách giảm bán kính của lõi đến một mức nào đó tùy theo bước sóng, chỉ có một loại tia sáng có thể đi qua đó là các tia trực. Kiểu lan truyền **single-mode** này cung cấp hiệu năng siêu cao vì lý do sau: single-mode chỉ có một đường truyền đơn nên sự biến dạng tín hiệu nói ở trên không thể xảy ra. Single-mode thường được sử dụng cho các ứng dụng đường dài, bao gồm cả điện thoại và truyền hình cáp.

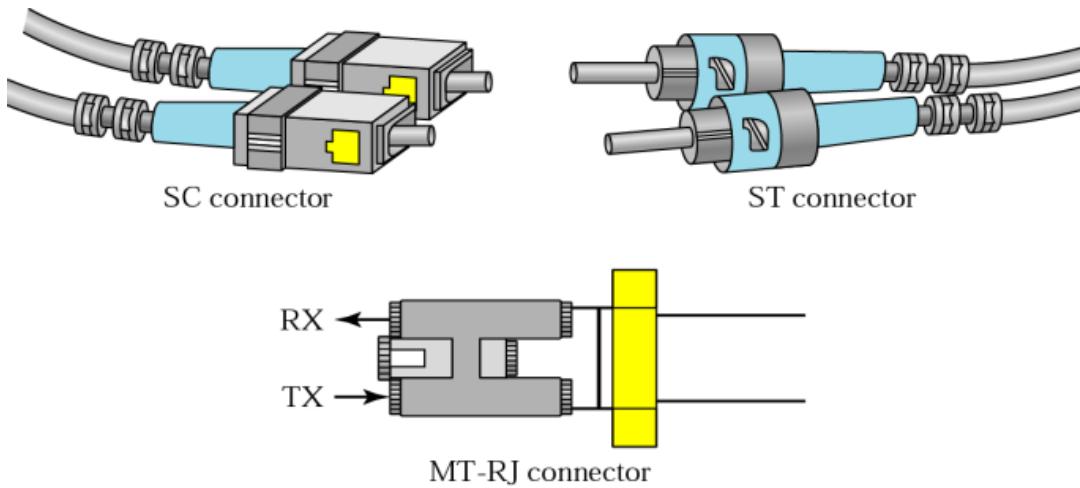
Trong cáp quang **graded-index multimode**, chỉ số khúc xạ của lõi được thay đổi từ trung tâm ra đến rìa lõi, chỉ số cao nhất nằm ở trung tâm lõi và giảm dần xuống mức thấp nhất ở rìa lõi. Các đặc tính của loại này là trung gian giữa hai loại kia. Chỉ số khúc xạ cao hơn tại trung tâm làm cho các tia sáng ở trục di chuyển chậm hơn so với những tia gần rìa lõi. Thay vì di chuyển theo đường gấp khúc, ánh sáng trong lõi đi theo đường cong, làm giảm đi khoảng cách con đường. Con đường được rút ngắn và tốc độ cao cho phép ánh sáng ở phía rìa lõi đi đến đích cùng một thời điểm như tia thẳng ở trung tâm của lõi, do đó không làm biến dạng tín hiệu ở đầu thu. Sợi **graded-index** thường được sử dụng trong mạng cục bộ.



Hình 1.9: Các chế độ truyền dẫn của cáp quang

Đầu nối cáp quang

Có ba loại đầu nối cho cáp quang, như thể hiện trong hình 1.10



Hình 1.10: Đầu nối cáp quang

Các đầu nối khen thuê bao (SC) được sử dụng cho truyền hình cáp. Nó sử dụng một hệ thống khóa đẩy/kéo. Đầu nối thẳng-tip (ST) được sử dụng để kết nối cáp đến các thiết bị mạng. Nó sử dụng một hệ thống khóa lưỡi lê và đáng tin cậy hơn SC. MT-RJ là một kết nối có cùng kích thước như RJ45.

Ưu điểm và nhược điểm của sợi quang

Ưu điểm: Sợi cáp quang có nhiều ưu điểm so cáp đồng.

- Dung lượng cao: Băng thông tiềm năng (do đó, tốc độ dữ liệu) của cáp quang là rất lớn, tốc độ dữ liệu đã được chứng minh là hàng trăm Gbps trên hàng chục cây số. Trong khi số liệu này là hàng trăm Mbps trên khoảng 1 km đối với cáp đồng trực, chỉ là một vài Mbps trên 1 km, 100Mbps-10Gbps trên một vài chục mét đối với cáp xoắn. Hiện nay, tốc độ dữ liệu và băng thông cáp quang bị giới hạn không phải vì môi trường truyển tải mà vì công nghệ phát và thu tín hiệu hiện có.
- Kích thước nhỏ và trọng lượng nhẹ hơn: Sợi quang mỏng hơn đáng kể hơn so với cáp đồng trực và cáp xoắn đôi, ít nhất là để so sánh khả năng truyền tải thông tin theo độ mỏng. Đối với các đường ống dẫn nhỏ trong các tòa nhà và dưới lòng đất dọc theo các con đường, lợi thế của kích thước nhỏ là đáng kể. Nó làm giảm yêu cầu hỗ trợ cấu trúc tương ứng với trọng lượng giảm.
- Độ suy hao của tín hiệu trên đường truyền thấp: Đối với cáp quang, sự suy hao là thấp hơn đáng kể so với cáp đồng trực hoặc cáp xoắn đôi và là không đổi trong một phạm vi rộng.
- Cách ly điện từ trường: Sợi quang không bị ảnh hưởng bởi trường điện từ bên ngoài. Do đó hệ thống không dễ bị nhiễu cảm ứng, nhiễu xung, hoặc nhiễu xuyên kênh. Tương tự như vậy, sợi quang không bức xạ năng lượng, vì vậy khó tạo ra nhiễu cảm ứng với các thiết bị khác và có một mức độ bảo mật cao. Ngoài ra, cáp quang khó câu trộm.
- Khoảng cách giữa các bộ lặp xa hơn: Có ít bộ lặp hơn nghĩa là chi phí thấp hơn và ít các nguồn gây lỗi hơn. Khoảng cách bộ lặp hàng chục cây số cho cáp quang là phổ biến, và khoảng cách hàng trăm cây số đã được chứng minh. Hệ thống cáp đồng trực và xoắn đôi thường có bộ lặp mỗi vài km.
- Tỷ lệ bit lỗi trên đường truyền vào khoảng $10^{-9} \rightarrow 10^{-12}$.

Nhược điểm:

- Lắp đặt và bảo trì khó: Cáp quang là một công nghệ tương đối mới. Cài đặt và bảo trì cáp quang đòi hỏi chuyên môn mà chưa có sẵn ở khắp mọi nơi.

- Lan truyền ánh sáng nhiều hướng: Lan truyền ánh sáng trong cáp quang là một chiều. Nếu chúng ta cần thông tin liên lạc hai chiều, phải cần đến hai sợi.

Bảng 1.4

	Step-index multimode	Graded-index multimode	Single-mode
Nguồn sáng	LED/ILD	LED/ILD	ILD
Băng thông	Rộng (lên đến 200MHz/km)	Rất rộng (200MHz-3GHz/km)	Cực rộng (3GHz-50GHz/km)
Ghép nối	Khó	Khó	Khó
Ứng dụng	Truyền dữ liệu máy tính	Đường điện thoại (khoảng cách trung bình)	Viễn thông đường dài
Giá thành	Rẻ nhất	Trung bình	Đắt nhất
Đường kính lõi (μm)	50-125	50-125	2-8
Đường kính vỏ (μm)	125-440	125-440	15-60
Độ suy giảm (db/km)	10-50	7-15	0.2-2

- Chi phí cao: Cáp quang và các thiết bị kèm theo tương đối đắt hơn so với các môi trường truyền tải khác. Nếu nhu cầu về băng thông là không cao, việc sử dụng cáp quang có thể không phù hợp.

1.2.2 Môi trường vô tuyến

Sử dụng phương thức lan truyền của sóng điện từ trong không gian -> sử dụng anten.

Để có thể bức xạ tín hiệu vào không gian dưới dạng sóng điện từ thì ở đầu ra của máy phát phải có anten phát. Theo lý thuyết trường điện từ, kích thước của anten phát không nhỏ hơn $1/10$ độ dài của bước sóng phát xạ. Ví dụ: muốn truyền tín hiệu âm thanh trên khoảng cách lớn bằng sóng điện từ. Phổ của tín hiệu tiếng nói thường vào khoảng $200\text{Hz} - 20\text{KHz}$. Như vậy, kích thước của anten phát phải lớn cỡ vài chục km, đó là điều không thể thực hiện được trong thực tế. Do vậy, phải thực hiện điều

chế tín hiệu để chuyển phổ của tín hiệu lên phạm vi tần số lớn, ở đó, ta có thể có kích thước hợp lý của anten.

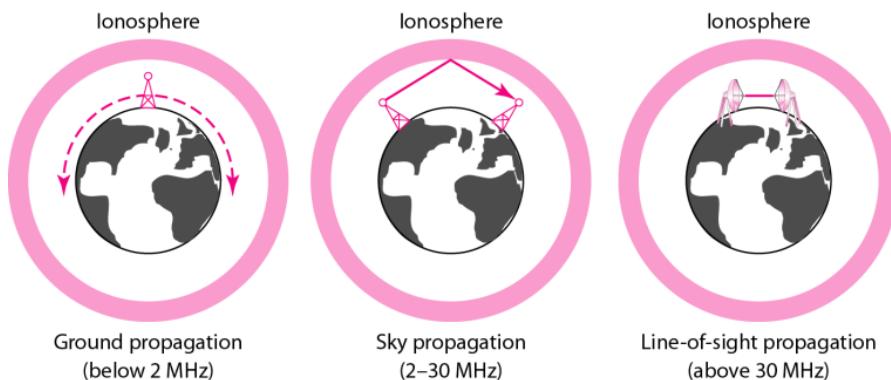
Một số loại điều chế cơ bản:

- Điều chế tương tự: AM, PM, FM
- Điều chế số: ASK, PSK, FSK, QAM

Môi trường truyền tải vô tuyến vận chuyển sóng điện từ mà không cần sử dụng dây dẫn vật lý. Tín hiệu được phát sóng thông qua không gian tự do, có sẵn cho bất cứ ai có một thiết bị có khả năng thu nhận được chúng. Hình dưới đây cho thấy một phần của quang phổ điện từ, dao động từ 3 kHz đến 900 THz, được sử dụng cho truyền thông không dây.



Tín hiệu có thể truyền đi từ nguồn tới đích theo một số cách: lan truyền mặt đất, lan truyền bầu trời, và lan truyền thẳng, như thể hiện trên hình 1.11.



Hình 1.11: Truyền tín hiệu bằng cách lan truyền sóng điện từ

Phổ điện từ được chia thành 8 phạm vi, gọi là băng tần, được qui định bởi cơ quan nhà nước. Các băng tần được xếp từ tần số rất thấp (VLF) tới rất cao (EHF). Bảng 1.5 liệt kê các băng tần, phạm vi, phương pháp lan truyền, và một số ứng dụng của chúng.

Bảng 1.5

Band	Range	Propagation	Application
VLF (very low frequency)	3–30 kHz	Ground	Long-range radio navigation
LF (low frequency)	30–300 kHz	Ground	Radio beacons and navigational locators
MF (middle frequency)	300 kHz–3 MHz	Sky	AM radio
HF (high frequency)	3–30 MHz	Sky	Citizens band (CB), ship/aircraft communication
VHF (very high frequency)	30–300 MHz	Sky and line-of-sight	VHF TV, FM radio
UHF (ultrahigh frequency)	300 MHz–3 GHz	Line-of-sight	UHF TV, cellular phones, paging, satellite
SHF (superhigh frequency)	3–30 GHz	Line-of-sight	Satellite communication
EHF (extremely high frequency)	30–300 GHz	Line-of-sight	Radar, satellite

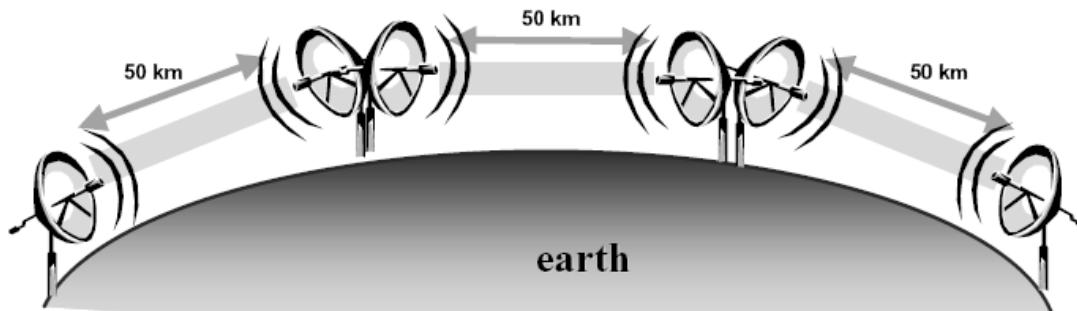
Có thể phân chia môi trường truyền dẫn vô tuyến thành ba nhóm lớn: sóng viba, sóng radio, sóng hồng ngoại.

1.2.2.1 Viba mặt đất

Tuyến liên lạc viba mặt đất có đặc điểm là anten phát và anten thu phải trong tầm nhìn thẳng, phải có tính định hướng cao.

Sóng viba được sử dụng trong trường hợp cung cấp các tuyến thông tin khi có sự hạn chế về địa hình, không cho phép xây dựng các đường cáp nối.

Ví dụ: vượt sông, sa mạc, đồi núi hiểm trở.



Hình 1.12: Mô hình đường truyền viba mặt đất

Đặc tính truyền tải

Tần số thường được sử dụng để truyền tải nằm trong khoảng từ 1GHz đến 40 GHz. Tần số sử dụng càng cao, băng thông càng rộng và do đó tốc độ dữ liệu càng cao, khoảng cách có thể lên tới 50km (phụ thuộc vào độ cao của anten).

$$D = 7.14\sqrt{Kh}; K = 4/3$$

Trong đó: D: khoảng cách giữa các anten (km)

h: chiều cao của anten (m)

K: hệ số điều chỉnh (giá trị đề nghị là K=4/3)

Ví dụ: Hai anten sóng ngắn ở độ cao 100m có thể truyền xa:

$$7.14 * \sqrt{1.33 \times 100} = 82 \text{ km}$$

Bảng 1.6 cho thấy băng thông và tốc độ dữ liệu cho một số hệ thống điển hình.

Bảng 1.6

Band (GHz)	Bandwidth (MHz)	Data rate (Mbps)
2	7	12
6	30	90
11	40	90
18	220	274

Nhược điểm: rất nhạy với thời tiết

Ứng dụng

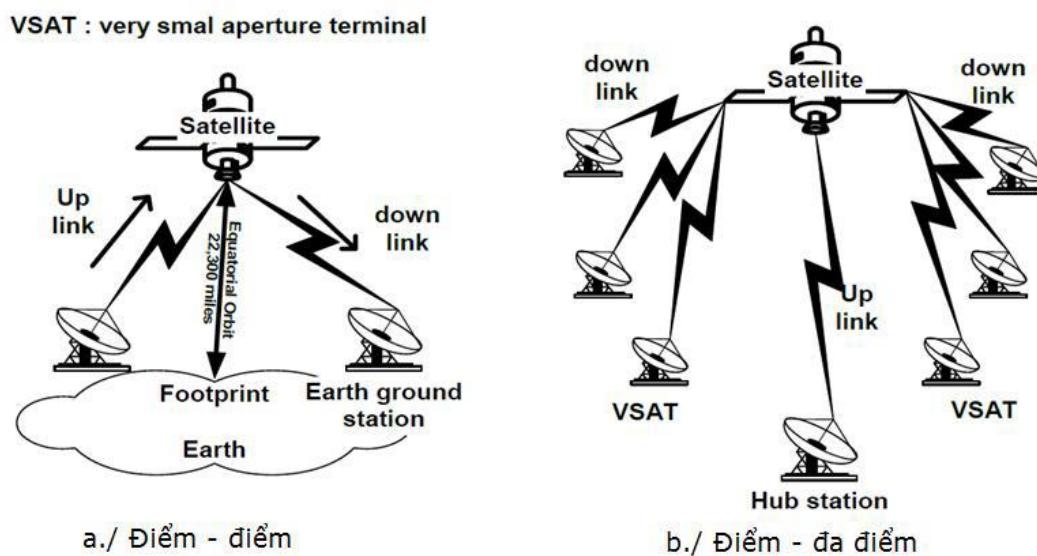
Viba, do tính chất đơn hướng nên rất hữu ích khi cần truyền thông một-đối-một giữa trạm phát và trạm thu. Chúng được sử dụng trong điện thoại di động, mạng vệ tinh, và mạng LAN không dây.

Công dụng chủ yếu cho hệ thống sóng viba mặt đất là trong dịch vụ viễn thông đường dài, như một thay thế cho cáp đồng trực hoặc cáp quang. Thiết bị sóng viba đòi hỏi ít bộ khuếch đại hoặc các bộ lặp hơn nhiều so với cáp đồng trực trên cùng một khoảng cách nhưng đòi hỏi phải truyền thẳng, không có vật cản. Sóng viba thường được sử dụng cho cả thoại và truyền hình.

Một sử dụng ngày càng phổ biến của sóng viba là kết nối điểm-điểm ngắn giữa các tòa nhà. Điều này có thể được sử dụng cho truyền hình mạch kín hoặc như một liên kết dữ liệu giữa các mạng cục bộ. Một doanh nghiệp có thể thiết lập một liên kết sóng viba đến một thiết bị truyền thông đường dài của mình trong cùng một thành phố, bỏ qua các công ty điện thoại địa phương.

1.2.2.2 Viba vệ tinh

Hệ thống truyền thông bằng viba vệ tinh bao gồm một vệ tinh thông tin liên lạc, đóng vai trò một trạm chuyển tiếp sóng (lắp và khuếch đại). Nó được sử dụng để liên kết với các máy phát và máy thu trên mặt đất, được gọi là các trạm mặt đất. Vệ tinh nhận sóng truyền trên một băng tần (**uplink**), khuếch đại hoặc lặp lại tín hiệu, và truyền nó trên một tần số khác (**downlink**).



Hình 1.13: Mô hình truyền dẫn vệ tinh

Vệ tinh là một thiết bị thu phát được phóng lên từ mặt đất sao cho sự chuyển động của nó so với mặt đất là đứng yên (tức là vệ tinh quay với chu kỳ 24 giờ đồng bộ với hướng quay của trái đất). Vì thế, vệ tinh này còn có tên gọi là vệ tinh địa tĩnh.

Vị trí đặt vệ tinh và các trạm mặt đất được chọn sao cho vệ tinh có thể liên lạc trực tiếp với các trạm thu và phát. Tần số dùng cho vệ tinh ở dải GHz, mỗi vệ tinh truyền và nhận trên 2 tần số khác nhau.

Vệ tinh đóng vai trò là bộ chuyển đổi trung gian giữa bộ phát và bộ thu. Tại trạm phát, dữ liệu được điều chế và truyền lên vệ tinh với tần số fuplink. Vệ tinh thu sóng và khuếch đại hoặc lặp lại tín hiệu rồi sẽ truyền lại tới các trạm thu mặt đất xác định trước nhờ dùng anten hướng tính trên một tần số khác là fdownlink. Bảng tần số của vệ tinh như sau:

Bank	Downlink (GHz)	Uplink (GHz)	Sử dụng
C	3.7 – 4.2	5.925 – 6.425	Trong thương mại
Ku	11.7 – 12.2	14 – 14.5	Trong thương mại
Ka	17.7 – 21	27.5 - 31	Trong quân sự

Ứng dụng: dùng để truyền dữ liệu trong các mạng xuyên quốc gia hay trong các tuyến thông tin tốc độ cao trong cùng một quốc gia.

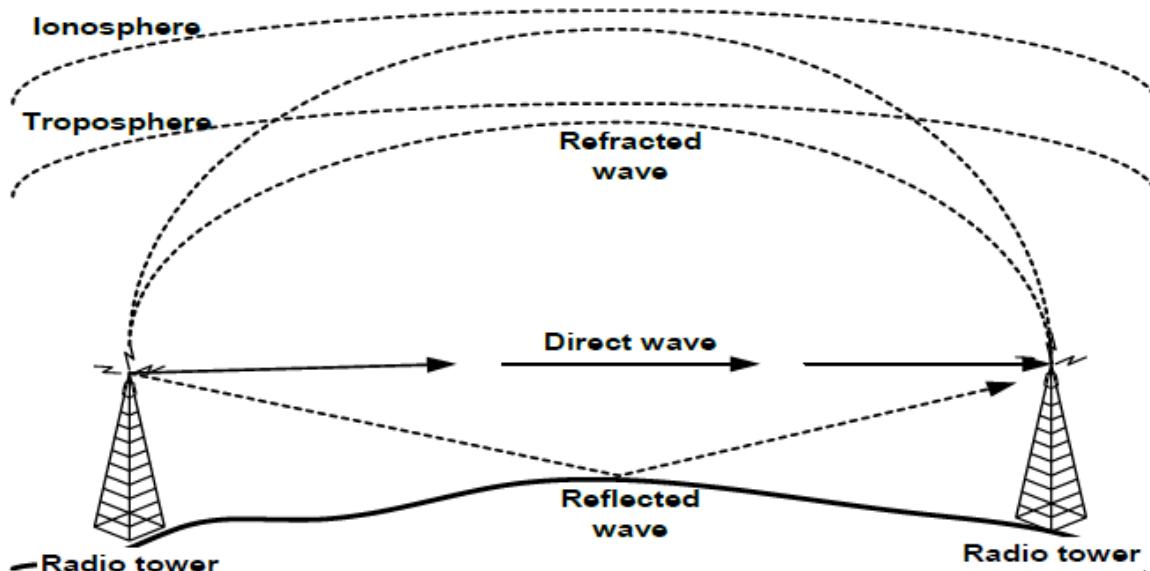
1.2.2.3 Sóng radio

Mặc dù không có ranh giới rõ ràng giữa sóng radio và sóng viba, sóng điện từ có tần số từ 3kHz đến 1GHz thường được gọi là **sóng radio**, sóng dao động ở tần số từ 1GHz đến 300GHz được gọi là **sóng viba**. Tuy nhiên, hành vi của sóng, chứ không phải là tần số, là một tiêu chí tốt hơn để phân loại.

Sóng radio, phần lớn là đa hướng. Khi một ăng-ten truyền sóng radio, nó được truyền theo tất cả các hướng. Điều này có nghĩa rằng các ăng-ten phát và ăng-ten thu không cần phải được liên kết. Sóng của một ăng ten phát có thể được nhận bởi bất kỳ ăng-ten thu nào. Thuộc tính đa hướng có một bất lợi. Các sóng vô tuyến truyền qua một ăng-ten dễ bị can thiệp bởi một ăng-ten khác bằng cách sử dụng cùng một tần số hoặc băng tần.

Sử dụng trong trường hợp các trạm thông tin phân bổ thừa và rộng -> việc kết nối các đường truyền vật lý (cáp) là không hiệu quả (về kinh tế).

Sóng radio, đặc biệt là những làn sóng lan truyền trong chế độ bầu trời, có thể di chuyển xa. Điều này làm cho sóng radio là một ứng cử viên tốt cho phát thanh truyền hình đường dài như đài phát thanh AM.



Hình 1.14: Mô hình truyền dẫn vô tuyến

Sóng radio, đặc biệt là những tần số thấp và trung bình, có thể xuyên qua các bức tường. Đặc điểm này có thể là cả một lợi thế và bất lợi. Là một lợi thế bởi vì, ví dụ, một đài thu AM ở bên trong một tòa nhà vẫn có thể nhận được tín hiệu. Là một bất lợi vì không thể cài đặt một truyền thông chỉ ở bên trong hoặc bên ngoài một tòa nhà. Băng tần radio là tương đối hẹp, chỉ dưới 1 GHz. Khi băng tần này được chia thành các băng tần con, các băng tần con cũng thu hẹp, dẫn đến tốc độ dữ liệu thấp cho truyền tải số.

Việc sử dụng băng tần sóng radio được quy định bởi chính quyền (ví dụ, FCC tại Hoa Kỳ). Hầu như sử dụng bất kỳ phần nào của băng tần cũng phải xin phép chính quyền.

Ưu điểm: cự ly thông tin xa và ít nhạy với thời tiết hơn so với viba

Ứng dụng: Đặc tính đa hướng của sóng radio làm cho chúng hữu ích cho truyền thông quảng bá, trong đó có một điểm phát nhưng nhiều điểm nhận. AM và FM radio,

truyền hình, đài phát thanh hàng hải, điện thoại không dây là những ví dụ của truyền thông quảng bá.

1.2.2.4 Sóng hồng ngoại

Sóng hồng ngoại (Infrared), với tần số từ 300GHz đến 400THz (bước sóng từ 1mm đến 770nm), có thể được sử dụng để giao tiếp tầm ngắn. Sóng hồng ngoại, có tần số cao, không thể xuyên qua các bức tường. Đặc điểm thuận lợi này ngăn cản sự giao thoa giữa các hệ thống, một hệ thống truyền thông tầm ngắn bằng sóng hồng ngoại trong một căn phòng không thể bị ảnh hưởng bởi một hệ thống khác ở phòng bên cạnh. Tuy nhiên, đặc tính này lại làm cho tín hiệu hồng ngoại vô dụng đối với truyền thông tầm xa. Ngoài ra, không thể sử dụng sóng hồng ngoại ở ngoài trời vì tia nắng mặt trời có chứa các sóng hồng ngoại, có thể can thiệp vào hệ thống truyền thông.

Bằng tần hồng ngoại, gần 400THz, có tiềm năng tuyệt vời để truyền dữ liệu. Một băng thông rộng có thể được sử dụng để truyền dữ liệu kỹ thuật số với một tốc độ dữ liệu rất cao. Hiệp hội dữ liệu hồng ngoại (IrDA), một hiệp hội tài trợ cho việc sử dụng sóng hồng ngoại, đã thiết lập các tiêu chuẩn cho việc sử dụng các tín hiệu hồng ngoại để giao tiếp giữa các thiết bị như bàn phím, chuột, máy tính và máy in. Ví dụ, một số nhà sản xuất cung cấp một cổng đặc biệt được gọi là cổng hồng ngoại cho phép một bàn phím không dây giao tiếp với máy tính. Tiêu chuẩn ban đầu xác định tốc độ dữ liệu 75 kbps cho một khoảng cách lên đến 8m. Tiêu chuẩn gần đây xác định tốc độ dữ liệu của 4 Mbps.

Tín hiệu hồng ngoại lan truyền theo đường thẳng nên máy thu và máy phát phải nhìn thấy nhau một cách trực tiếp hoặc thông qua phản xạ từ một bề mặt màu sáng như trần nhà của phòng.

Hơn nữa, không có vấn đề phân bổ tần số hồng ngoại, vì vậy không phải xin giấy phép.

1.3 SUY HAO VÀ MÉO DẠNG

Bất kỳ tín hiệu nào khi truyền trên đường truyền cũng sẽ bị ảnh hưởng do:

- Suy hao

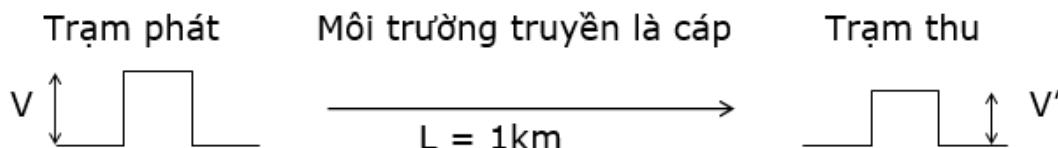
- Sự giới hạn của băng thông
- Méo do trễ
- Nhiễu

1.3.1 Suy hao:

Khi một tín hiệu lan truyền qua một môi trường truyền, cường độ (biên độ) của tín hiệu bị suy giảm theo khoảng cách.

Mức độ suy hao tùy thuộc vào môi trường truyền dẫn.

- Giả sử cần truyền tín hiệu sóng vuông có biên độ là V trên đường truyền hữu tuyến. Tại nơi thu, ta nhận được tín hiệu có biên độ là V' (nhỏ hơn V).



Hình 1.15: Tín hiệu thu bị suy hao

Như vậy, tín hiệu đã bị suy hao do:

- Điện trở của vật dẫn tăng (hiệu ứng da) do tỏa nhiệt trên đường dây.
- Suy hao do bức xạ.

Nếu đường truyền vượt quá khoảng cách cho phép thì tín hiệu bị mất hết.

- Trường hợp môi trường truyền là sóng vô tuyến thì sự suy hao là do các yếu tố của môi trường tác động vào. Ví dụ, độ ẩm tăng do trời mưa, tùy vào từng tần số mà mức độ suy hao sẽ khác nhau.

Theo thống kê: ở tần số 6GHz thì mức độ suy hao là 0,1dB/km. Ở tần số 12GHz thì mức độ suy hao là 1dB/km.

Ta có công thức tính độ suy hao như sau:

$$L(dB) = 20 \lg \frac{4\pi d}{\lambda} = 92,4 + 20 \lg f + 20 \lg d$$

Trong đó: λ là bước sóng

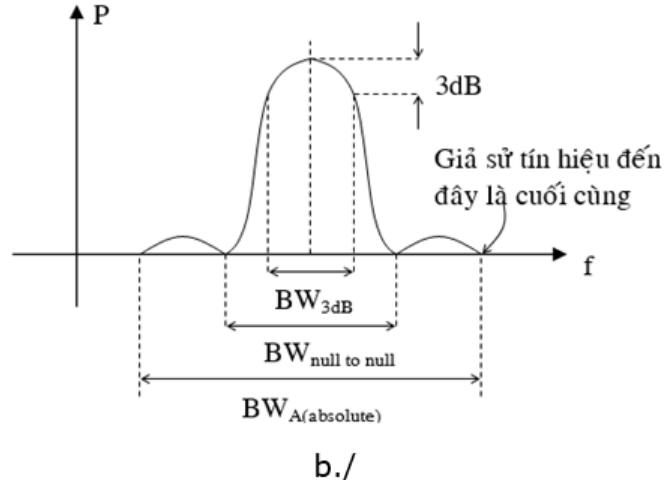
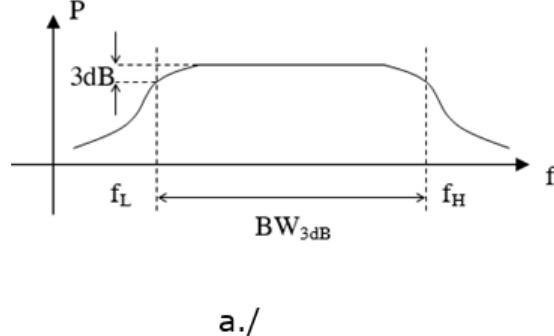
d (km) là khoảng cách giữa 2 trạm phát và thu

f (GHz) là tần số

1.3.2 Sự giới hạn của băng thông

Băng thông là gì? Băng thông của kênh truyền dẫn là khoảng tần số mà trong đó tín hiệu truyền qua ít bị suy hao nhất. Hay nói cách khác, băng thông của kênh truyền dẫn chỉ ra được các thành phần tần số nào của tín hiệu được truyền qua kênh mà không bị suy giảm.

Băng thông của kênh truyền dẫn có dạng như sau:



Hình 1.16: Băng thông của kênh truyền dẫn

Băng thông tuyệt đối (BW_A):

- Độ rộng phổ (được đo bằng sự chênh lệch tần số cao nhất và thấp nhất).
- Băng thông kênh truyền càng lớn, tốc độ truyền càng cao.

Băng thông hiệu dụng (BW_{3dB}):

- Gọi tắt là băng thông
- Dải tần số hẹp chứa hầu hết năng lượng của tín hiệu.

Công thức Nyquist: tốc độ truyền dữ liệu tối đa trên một môi trường truyền dẫn là một hàm của băng thông của môi trường truyền dẫn đó.

Cụ thể, nếu tín hiệu truyền trong môi trường truyền có băng thông là B (Hz), tín hiệu được mã hoá M mức, thì tốc độ truyền tin cực đại trên môi trường truyền đó là:

$$C = 2B \log_2 M \text{ (bps)}$$

Với C : Tốc độ truyền tín hiệu cực đại (bps) khi kênh truyền không có nhiễu

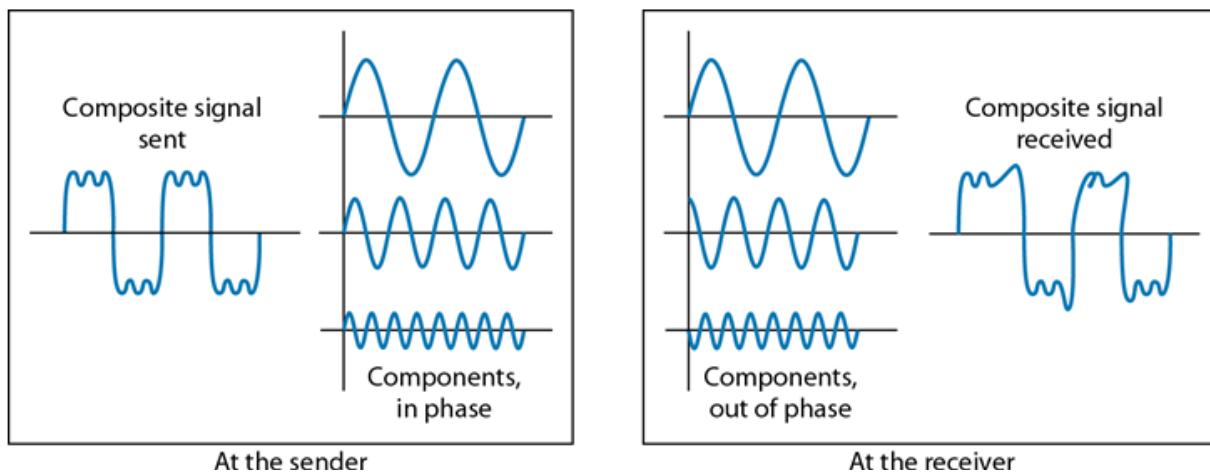
Trong trường hợp tín hiệu truyền qua môi trường truyền có băng thông là B , tín hiệu được mã hoá 2 mức thì tốc độ truyền tin cực đại là: $C = 2B$ (bps)

1.3.3 Méo do trễ

Chỉ xảy ra trong môi trường truyền dẫn hữu tuyến.

Thời gian lan truyền của một sóng sin trên đường truyền phụ thuộc vào tần số của tín hiệu đó.

Tín hiệu số bao gồm tổng các thành phần tín hiệu sin. Các thành phần tần số khác nhau sẽ truyền đến phía thu tại những thời điểm khác nhau gây ra méo dạng, nguyên nhân là do trễ.



Hình 1.17: Tín hiệu bị méo do trễ lan truyền song

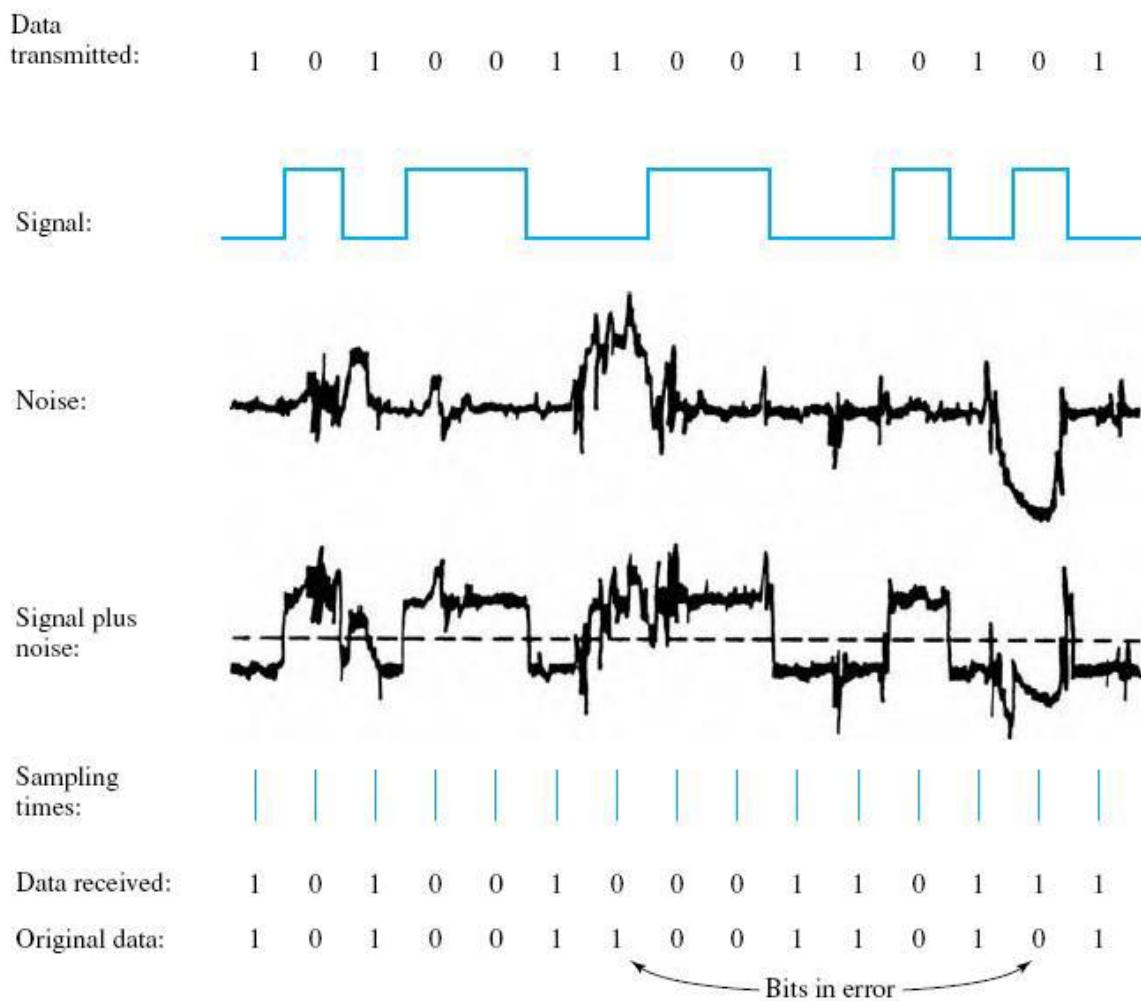
1.3.4 Nhiễu:

Đối với bất kỳ sự kiện truyền dữ liệu nào, tín hiệu nhận được sẽ bao gồm các tín hiệu cần truyền, bị biến đổi bởi các biến dạng khác nhau được áp đặt bởi các hệ thống truyền tải, cộng với tín hiệu không mong muốn được đưa vào từ một nơi nào đó giữa

thiết bị phát và thiết bị thu. Tín hiệu không mong muốn nói trên được gọi là **nhiễu** (noise).

Nhiễu có thể được chia thành bốn loại:

- ✓ Nhiễu nền hay nhiễu đường dây
- ✓ Nhiễu xuyên âm (Crosstalk)
- ✓ Nhiễu xung (Impulse noise)
- ✓ Nhiễu nhiệt (Thermal noise)



Hình 1.18: Nguyên nhân gây nhiễu và biến dạng tín hiệu

Nhiễu nền hay nhiễu đường dây:

Một kênh truyền hay đường truyền khi chưa truyền tín hiệu sẽ có mức điện thế trên đó là 0.

Trên thực tế, đường truyền luôn luôn có sự tác động của nhiều, nghĩa là khi chưa truyền tín hiệu thì trên đường truyền luôn có một mức nhiễu ngẫu nhiên nào đó. Mức nhiễu đó được gọi là nhiễu đường dây hay nhiễu nền.

Một trong những thông số quan trọng nhất của môi trường truyền là tỷ số tín hiệu nhiễu SNR.

$$SNR = \frac{S}{N} = \frac{P_S}{P_N}$$

Trong đó: P_S : công suất tín hiệu thu được (W)

P_N : công suất nhiễu (W)

Nếu biểu diễn theo hàm logarit có đơn vị đo dB thì:

$$\frac{S}{N} [dB] = 10 \lg \left(\frac{P_S}{P_N} \right)$$

Tỷ số tín hiệu nhiễu SNR cũng có thể được biểu thị dưới dạng điện áp và điện trở:

$$\frac{S}{N} [dB] = 10 \lg \left(\frac{U_S^2 / R_{vao}}{U_N^2 / R_{ra}} \right)$$

Trong đó: R_{vao} : là điện trở vào (Ω)

R_{ra} : là điện trở ra (Ω)

U_S : là điện áp tín hiệu

U_N : là điện áp nhiễu

Nhận xét: khi S/N tăng thì công suất tín hiệu tăng tương đối so với công suất nhiễu -> chất lượng tín hiệu thu tốt. Ngược lại, S/N giảm -> S giảm tương đối so với N -> chất lượng tín hiệu thu không tốt (xác suất lỗi cao).

Nhiễu xuyên âm:

Nhiễu xuyên âm (nhiễu xuyên kênh): gây ra do sự ghép tín hiệu không mong muốn giữa các đường truyền kế cận -> tín hiệu truyền trên một đường truyền nhưng được thu nhận bởi đường truyền kế cận với nó. Nó có thể xảy ra do sự lan truyền tín hiệu điện từ giữa các cặp xoắn gần đó, một dây hoạt động như một anten gửi và dây kia như anten nhận.

Ví dụ: sự nhiễu xuyên kênh của tín hiệu trên đường dây điện thoại. Khi ta đang nói chuyện điện thoại có thể nghe tiếng nói của người khác xen vào ngay cả khi ta không đàm thoại với ai cả.

Nhiễu xung:

Nhiễu xung gây ra do bắt nguồn từ các tác nhân bên ngoài như sấm chớp, đèn neon có starter, nguồn điện năng, các thiết bị điện đang hoạt động. (Hệ thống thông tin luôn đi kèm với hệ thống điện lực -> tác động gây nhiễu xung điện).

Nhiễu nhiệt:

Nhiễu nhiệt gây ra do sự chuyển động ngẫu nhiên của các điện tử bên trong vật dẫn dưới tác động của nhiệt.

Nhiễu nhiệt là nhiễu ngẫu nhiên, liên tục và xuất hiện ở tất cả các tần số, trong tất cả các thiết bị, phương tiện truyền tải và là một hàm của nhiệt độ.

Nhiễu nhiệt được phân bố đồng đều trên băng thông hay được sử dụng trong các hệ thống thông tin liên lạc và do đó thường được gọi là *nhiễu trắng*. Không thể hạn chế nhiễu nhiệt và do đó đặt một giới hạn về hiệu năng hệ thống thông tin liên lạc.

Công suất nhiễu do nhiệt gây ra phụ thuộc vào nhiệt độ của vật dẫn và độ rộng dải tần của tín hiệu và được xác định bởi công thức:

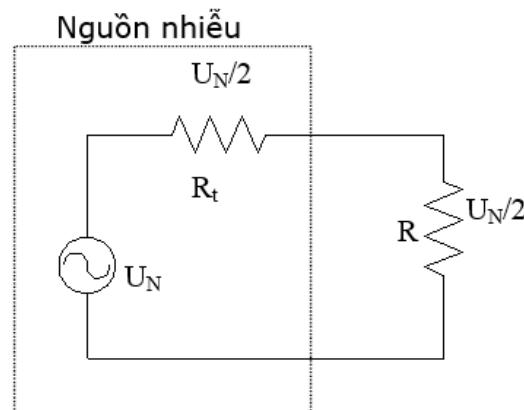
$$N = k \cdot T \cdot B \quad (*)$$

Trong đó: $k = 3.18 \times 10^{-23} (\text{J.K}^{-1})$: là hằng số Boltzman

T: nhiệt độ tuyệt đối (Kelvin - $^{\circ}\text{K}$) ($T = ^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}$)

B: độ rộng (băng thông) của kênh truyền (Hz)

N: công suất nhiễu (W)



Hình 1.19: Mạch điện tương đương nguồn nhiễu nhiệt

Hình vẽ 1.19 mô tả mạch điện tương đương của một nguồn nhiễu nhiệt trong đó điện trở trong của nguồn (R_t) được mắc nối tiếp với điện áp hiệu dụng nhiễu (U_N). Trong trường hợp xấu nhất và sự truyền tải công suất nhiễu là lớn nhất tức trường hợp điện trở tải (R) có giá trị bằng R_t . Khi đó, điện áp nhiễu rơi trên tải R có giá trị bằng một nửa nguồn nhiễu (tức $U_R = U_N/2$) và từ biểu thức (*), có thể xác định được

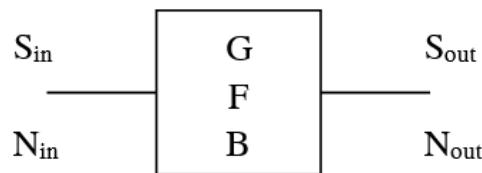
$$\text{điện áp nhiễu như sau: } N = k.T.B = \frac{(U_N/2)^2}{R} = \frac{U_N^2}{4.R}$$

$$\text{Rút ra: } U_N^2 = 4.R.k.T.B \quad \Rightarrow \quad U_N = \sqrt{4.R.k.T.B}$$

$$\text{Hệ số nhiễu: } F = \frac{(S/N)_{in}}{(S/N)_{out}}$$

F càng nhỏ thì thiết bị càng tốt

Xét một máy thu có độ lợi công suất là G, hệ số nhiễu là F, băng thông là B như hình 1.20:



Hình 1.20

Gọi: S_{in} là công suất tín hiệu ngõ vào

S_{out} là công suất tín hiệu ngõ ra

N_{in} là công suất nhiễu ngõ vào

N_{out} là công suất nhiễu ngõ ra

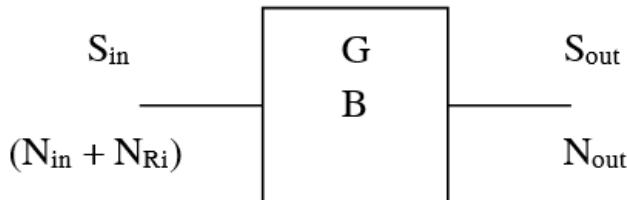
Khi đó, ta có: $F = \frac{S_{in}}{N_{in}} \cdot \frac{N_{out}}{S_{out}}$

Mà: $S_{out} = G \cdot S_{in}$; $N_{out} = G \cdot N_{in} + N_R$

N_R : là công suất nhiễu do máy thu tạo ra nhưng được đặc trưng ở ngõ vào.

Đặt: $N_R = G \cdot R_i \Rightarrow N_{out} = G(N_{in} + N_{Ri})$

Nếu ta thay thế máy thu đã khảo sát ở hình 1.20 bằng một máy thu lý tưởng (tức không có hệ số nhiễu) như hình 1.21



Hình 1.21

Khi đó, ta có: $F = \frac{S_{in}}{N_{in}} \cdot \frac{N_{out}}{S_{out}} = \frac{S_{in}}{N_{in}} \cdot \frac{G(N_{in} + N_{Ri})}{G \cdot S_{in}} = \frac{N_{in} + N_{Ri}}{N_{in}} = 1 + \frac{N_{Ri}}{N_{in}}$

Nhiệt độ nhiễu:

Trong máy thu, nhiễu nhiệt được sinh ra do tác động của nhiệt và có giá trị tỉ lệ thuận với nhiệt độ. Do vậy, N_{Ri} được xác định bằng: $N_{Ri} = k \cdot T_R \cdot B$

Trong đó: T_R là nhiệt độ nhiễu của tín hiệu khi đi qua máy thu, đây là đại lượng được giả định không thể đo lường trực tiếp và nó là một thông số thường được sử dụng để tính toán nhiễu trong các mạch, các thiết bị VHF, UHF, viba, thông tin vệ tinh có yêu cầu hệ số nhiễu bé.

$$N_{Ri} = k \cdot T_R \cdot B; \quad N_{in} = k \cdot T_{in} \cdot B$$

Với T_{in} là nhiệt độ gây ra nhiễu ở ngõ vào.

$$\text{Từ đó, ta có công thức: } F = 1 + \frac{k.T_R.B}{k.T_{in}.B} \Rightarrow T_R = (F - 1)T_{in}$$

Điều kiện nhiệt độ ở ngõ vào là nhiệt độ chuẩn thì: $T_{in} = 290^{\circ}\text{K}$

Lưu ý: Trong máy thu không cho thông số hệ số nhiễu thì nhà sản xuất quy định điều kiện nhiệt độ nhiễu ngõ vào là 290°K .

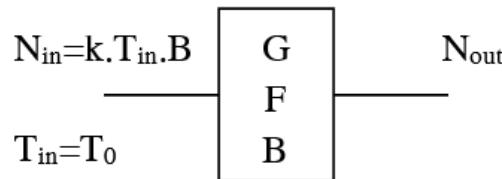
- Giả sử, nếu cho $T_{in} = 400^{\circ}\text{K}$ thì không được áp dụng công thức $T_R = (F - 1).290$ mà phải sử dụng công thức sau để suy ra T_R : $N_{out} = G(k.T_{in}.B + k.T_R.B)$
- Giả sử cho $F=3\text{dB} \rightarrow$ phải trả F về không có đơn vị bằng cách:

Ta có công thức: $NF = 10\lg F = 3 \Rightarrow \log F = 0.3 \Rightarrow F = 10^{0.3} \approx 2$

Ví dụ: $F = 10\text{dB} \Rightarrow NF = 10\lg F = 10 \Rightarrow NF = \log F = 1 \Rightarrow F = 10^1 = 10$

Xét hệ thống gồm nhiều bộ khuếch đại liên tiếp như hình 1.22:

Thay thế hệ thống hình 1.22 bằng một bộ khuếch đại như hình 1.23:



Hình 1.23

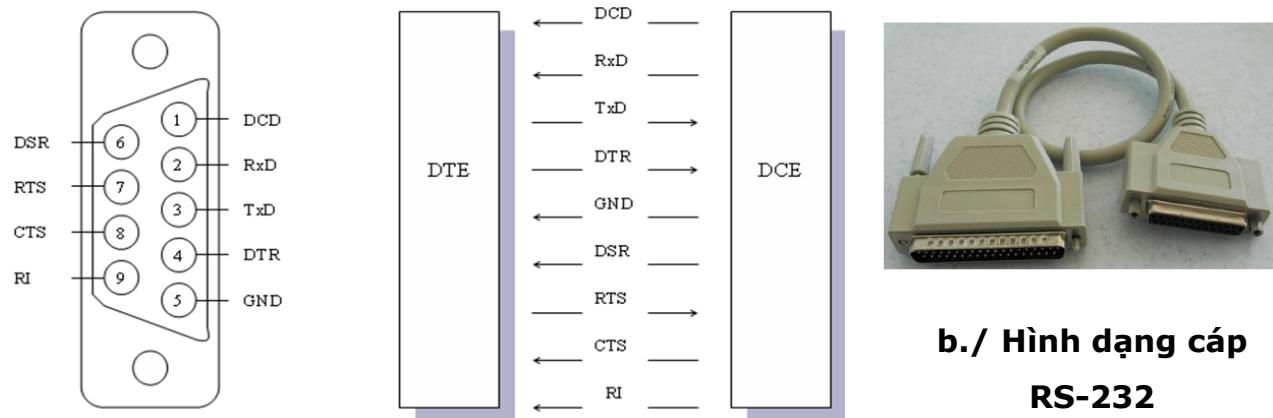
Ta có công thức Friis: $F = F_1 + \frac{F_1 - 1}{G_1} + \frac{F_2 - 1}{G_1.G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1.G_2 \dots G_n}$

1.4 CHUẨN GIAO TIẾP BĂNG TẦN CƠ SỞ

1.4.1 RS232C

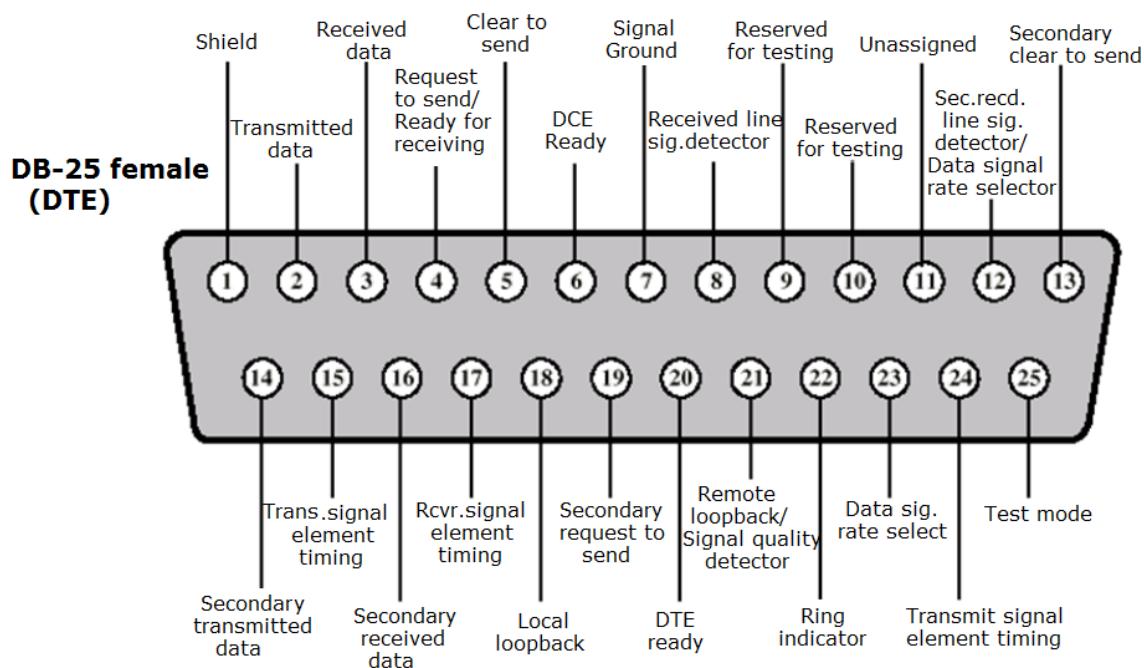
Chuẩn giao tiếp RS232 là một trong những kỹ thuật được sử dụng rộng rãi hiện nay để nối ghép các thiết bị ngoại vi với máy tính sử dụng cổng COM.

Cổng COM có hai dạng đầu nối: đầu nối DB25 (25 chân) và đầu nối DB9 (9 chân) mô tả như hình 1.24



b./ Hình dạng cáp RS-232

a./ Sơ đồ chân và chiêu tín hiệu RS-232 loại DB-9



c./ Sơ đồ chân cổng COM loại DB-25

Hình 1.24: Sơ đồ chân cổng COM

DB25	DB9	Tín hiệu	Hướng truyền	Mô tả
1	-	-	-	Protected ground: női đất bảo vệ
2	3	TxD	DTE -> DCE	Transmitted data: dữ liệu truyền

3	2	RxD	DCE -> DTE	Received data: dữ liệu nhận
4	7	RTS	DTE -> DCE	Request to send: DTE yêu cầu truyền dữ liệu
5	8	CTS	DCE -> DTE	Clear to send: DCE sẵn sàng nhận dữ liệu
6	6	DSR	DCE -> DTE	Data set ready: DCE sẵn sàng làm việc
7	5	GND	-	Ground: nối đất (0V)
8	1	DCD	DCE->DTE	Data carrier detect: DCE phát hiện sóng mang
20	4	DTR	DTE->DCE	Data terminal ready: DTE sẵn sàng làm việc
22	9	RI	DCE->DTE	Ring indicator: báo chuông
23	-	DSRD	DCE->DTE	Data signal rate detector: dò tốc độ truyền
24	-	TSET	DTE->DCE	Transmit Signal Element Timing: tín hiệu định thời truyền đi từ DTE.
15	-	TSET	DCE->DTE	Transmitter Signal Element Timing: tín hiệu định thời truyền từ DCE để truyền dữ liệu
17	-	RSET	DCE->DTE	Receiver Signal Element Timing: tín hiệu định thời truyền từ DCE để truyền dữ liệu
18	-	LL		Local Loopback: kiểm tra cổng
21	-	RL	DCE->DTE	Remote Loopback: Tạo ra bởi DCE khi tín hiệu nhận từ DCE lỗi
14	-	STxD	DTE->DCE	Secondary Transmitted Data
16	-	SRxD	DCE->DTE	Secondary Received Data
19	-	SRTS	DTE->DCE	Secondary Request To Send

13	-	SCTS	DCE->DTE	Secondary Clear To Send
12	-	SDSRD	DCE->DTE	Secondary Received Line Signal Detector
25	-	TM		Test Mode
9	-			Dành riêng cho chế độ test
10	-			Dành riêng cho chế độ test
11				Không dùng

Chuẩn RS232 là chuẩn giao tiếp được định nghĩa để kết nối một DTE tới một DCE, cho phép các thiết bị có thể giao tiếp với nhau thông qua mạng điện thoại công cộng sẵn có.

Giao tiếp này thường dùng trong phạm vi:

- R < 9600 bps
- L < 15m

(điều này có nghĩa là với khoảng cách ngắn hơn loại tín hiệu này có thể truyền tốc độ cao hơn).

- DTE (Data Terminal Equipment): PC, Fax, điện thoại thiết bị của user.
- DCE (Data Communication Equipment): modem thiết bị của nhà cung cấp.

Chuẩn RS232 có 2 loại tín hiệu:

- Tín hiệu dữ liệu: TxD (Transmit Data); RxD (Receive Data)
- Tín hiệu điều khiển: (Control)

❖ **Đặc tính điện:**

- Mức tín hiệu ở 2 điện áp: +15V và -15V
- Đối với dữ liệu:
 - Mức 1: -3V ÷ -15V
 - Mức 0: +3V ÷ +15V

- Đối với các đường điều khiển:

- True (Space) (ON): +3V ÷ +15V
- False (Mark) (OFF): -3V ÷ -15V

❖ Các đường điều khiển:

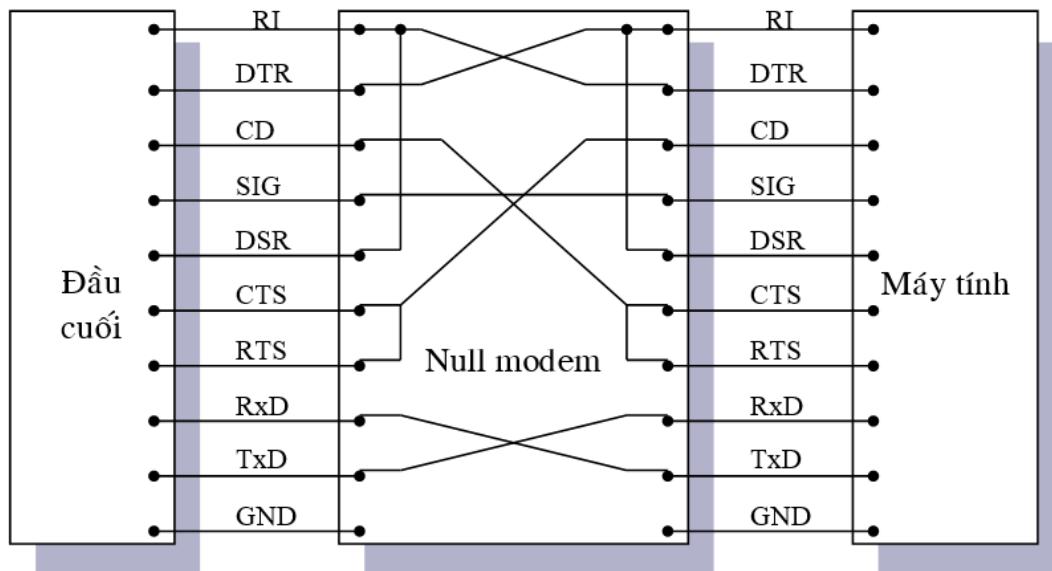
- TxD (Transmit Data): truyền dữ liệu ra modem.
- RxD (Receive Data): dữ liệu do modem nhận từ đường dây cung cấp cho DTE.
- DTR (Data Terminal Ready): tích cực mức [0], xuất phát từ máy tính gởi đi để thông báo cho modem biết máy tính đã sẵn sàng làm việc.
- DSR (Data Set Ready): gởi đến ngõ vào máy tính nhằm thông báo cho máy tính biết modem (thiết bị ngoại vi) đã sẵn sàng.
- RTS (Request To Send): máy tính yêu cầu để truyền dữ liệu đi.
- CTS (Clear To Send): modem trả lời cho yêu cầu truyền dữ liệu của máy tính, cho biết đường truyền đã sẵn sàng để truyền dữ liệu.
- CD (Carrier Detect): modem thông báo cho máy tính biết đã thu được sóng mang từ đường dây (đã liên lạc được rồi).
- RI (Ring Indicator): modem tách được tín hiệu gọi từ đường dây (thông báo có tín hiệu).

Lưu ý: Tất cả các đường điều khiển đều tích cực mức thấp.

1.4.2 Null modem (modem rỗng)

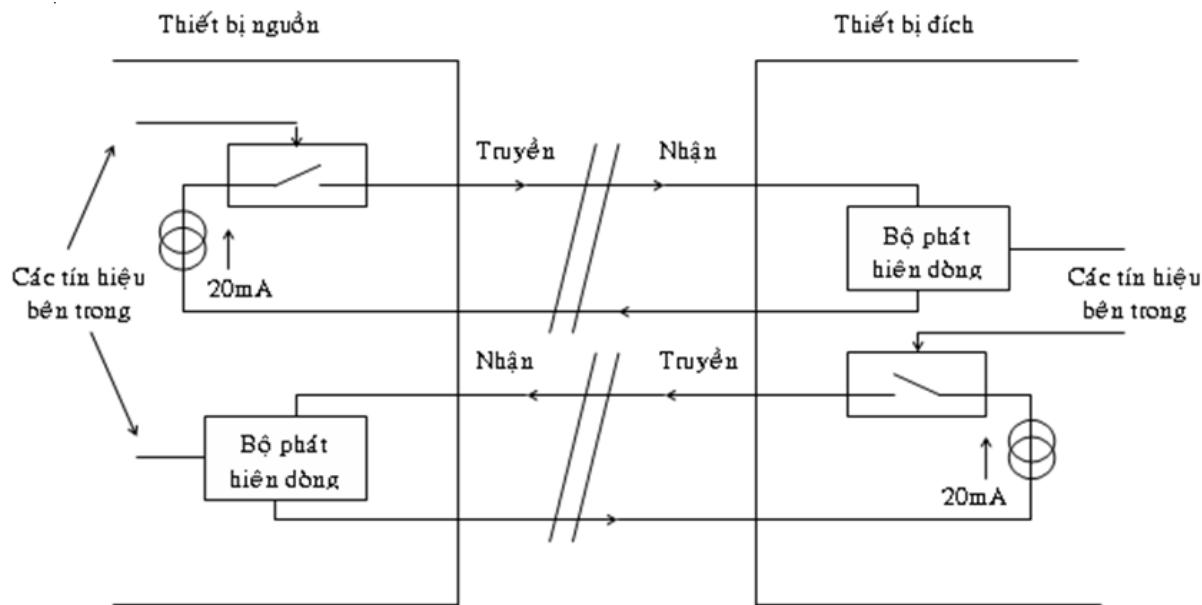
RS232 được thiết kế để giao tiếp giữa DTE và DCE, do đó để kết nối giữa 2 DTE với nhau sử dụng RS232 ta phải giả lập sao cho cả 2 DTE đều tự cho rằng đang kết nối với DCE.

Null modem được sử dụng khi 2 DTE (PC – thiết bị đầu cuối hay PC – PC) đặt gần nhau, muốn thiết lập 1 tuyến kết nối để thực hiện việc truyền dữ liệu qua chuẩn RS232 mà không phải sử dụng 2 modem truyền dữ liệu qua mạng PSTN.



Hình 1.25: Kết nối Null modem

1.4.3 Vòng dòng điện 20mA



Hình 1.26: Vòng dòng điện 20mA

Sử dụng tín hiệu dòng điện để biểu diễn trạng thái các bit dữ liệu.

Ví dụ: trường hợp tổng đài điện thoại: khi nhấc máy gọi điện thoại (off hook)->nếu người nghe nhấc máy -> thông thoại -> có dòng 20mA chạy qua và ngược lại

Trường hợp vòng dòng điện 20mA là sử dụng nguyên tắc giống như điện thoại.

Hoạt động: trạng thái đóng mở của khóa được điều khiển bởi chuỗi bit phát.

- Chuyển mạch đóng tương ứng với phát bit 1->cho dòng điện 20mA đi qua.
- Chuyển mạch mở tương ứng với phát bit 0 ->không cho dòng điện 20mA đi qua.

Tại đầu thu sẽ có mạch cảm nhận dòng điện và các tín hiệu nhị phân sẽ được tái tạo lại.

Do cấu trúc đường truyền tín hiệu, mỗi đường sẽ có 2 dây nên ảnh hưởng của nhiễu ít hơn so với RS232. Do đó, loại tín hiệu này có thể truyền trong một khoảng cách lớn hơn (có thể lên đến 1km) so với RS232. Tuy nhiên, tốc độ bit thấp hơn do hạn chế tốc độ đóng ngắt của khoá và mạch cảm biến dòng điện.

TÓM TẮT

Thông tin, dữ liệu, tín hiệu

- *Thông tin (information)* được mô tả như là sự hiểu biết về một đối tượng nào đó.
- Thông tin được lưu trữ và truyền tải nhờ những *tín hiệu* vật lý.
- Các tín hiệu này có thể là tín hiệu liên tục (như dòng điện, sóng âm, sóng vô tuyến...) hay tín hiệu rời rạc (như chữ cái, chữ số).
- Tín hiệu liên tục còn được gọi là tín hiệu tương tự, tín hiệu rời rạc và chỉ nhận một số hữu hạn giá trị còn được gọi là tín hiệu số.
- Thông tin được biểu diễn bởi các tín hiệu liên tục được gọi là thông tin liên tục, Thông tin được biểu diễn bởi các tín hiệu rời rạc được gọi là thông tin rời rạc.
- Một trong những dạng quan trọng của thông tin rời rạc là thông tin được lưu trữ dưới dạng số. Thông tin được lưu trữ trong máy tính là thông tin dưới dạng số, chúng được lưu trữ dưới dạng các số nhị phân 0 và 1, tức là các bit.

Hệ thống truyền thông dữ liệu

- Mục đích cơ bản của một hệ thống thông tin dữ liệu là trao đổi dữ liệu giữa hai bộ phận phát và thu, có thể ở rất xa nhau.
- Các thành phần vật lý chính của một hệ thống thông tin dữ liệu là: bộ phát, bộ thu, môi trường truyền dẫn.
- Ngoài các thành phần vật lý, hệ thống còn phải có các thành phần logic như: Thông điệp, giao thức.

Môi trường truyền dẫn

• Cáp xoắn đôi:

- Đặc tính kỹ thuật: băng đồng, gồm 2 sợi dây xoắn lại với nhau, đầu kết nối RJ45. Có 2 loại UTP và STP, tốc độ truyền có thể lên đến 10^9 bps, chiều dài đoạn tối đa là 100m.

- Ưu điểm: giá thành rẻ, lắp đặt dễ dàng, độ tin cậy tốt, chống nhiễu tốt, có thể cài đặt mạng theo topo hình sao nên quản lý dễ dàng.
- Ứng dụng tốt nhất: LAN

• **Cáp quang:**

- Đặc tính kỹ thuật: làm bằng sợi thủy tinh hoặc plastic, mỗi đường truyền ứng với 1 cặp sợi, có 2 loại là single mode và multi mode.
- Ưu điểm: ít bị suy hao, tốc độ truyền rất cao, chống nhiễu rất tốt, bảo mật rất tốt.

• **Sóng radio**

- Đặc tính kỹ thuật: tần số từ 3 kHz đến 1 GHz, lan truyền đa hướng, có thể xuyên tường,
- Ưu điểm: ít bị suy hao
- Ứng dụng tốt nhất: Truyền thông quảng bá

• **Sóng vi ba**

- Đặc tính kỹ thuật: tần số từ 1 đến 300GHz, lan truyền thẳng, không xuyên tường,
- Ưu điểm: Có thể phát tập trung theo một hướng. Nhược điểm: Suy hao tương đối lớn, dễ bị ảnh hưởng bởi thời tiết.
- Ứng dụng tốt nhất: Đường trực mặt đất, vệ tinh.

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu 1: Hãy trình bày khái niệm về thông tin, dữ liệu?

Câu 2: Mục đích của hệ thống truyền thông dữ liệu là gì? Hệ truyền hình cáp có phải là hệ thống truyền thông dữ liệu không? Hãy kể tên một hệ thống truyền thông dữ liệu?

Câu 3: Hệ thống máy tính của Hutech có phải là hệ truyền thông dữ liệu không?

Câu 4: Trong các hệ thống truyền thông, tín hiệu dùng để làm gì?

Câu 5: Cho biết các thành phần vật lý chính của hệ thống truyền thông dữ liệu.

Câu 6: Trong các hệ thống truyền thông, giao thức dùng để làm gì?

BÀI 2: TRUYỀN DỮ LIỆU

Sau khi học xong bài này, học viên có thể:

- Nắm được các khái niệm cơ bản liên quan đến truyền dữ liệu.
- Nắm được nguyên tắc truyền dữ liệu bất đồng bộ.
- Nắm được nguyên tắc truyền dữ liệu đồng bộ.
- Nắm được mục đích và các kỹ thuật nén số liệu (Data compression)...

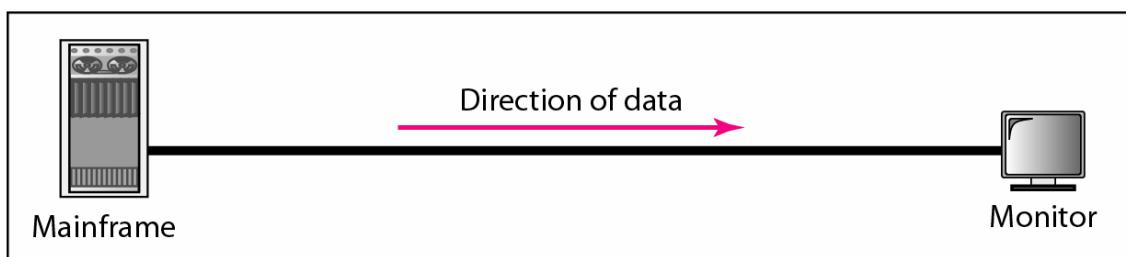
2.1 CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

2.1.1 Các phương thức truyền tin

Các hệ thống truyền tin có thể được thiết kế để truyền thông tin theo một hướng, theo hai hướng nhưng không đồng thời và theo hai hướng đồng thời. Có 3 phương thức truyền tin, đó là: đơn công, bán song công, song công.

❖ Chế độ đơn công (simplex):

Trong chế độ đơn công, thông tin chỉ được truyền theo một hướng duy nhất, hệ thống chỉ phát hoặc chỉ thu. Trạm tin có thể là máy phát hoặc máy thu nhưng không phải cả hai.

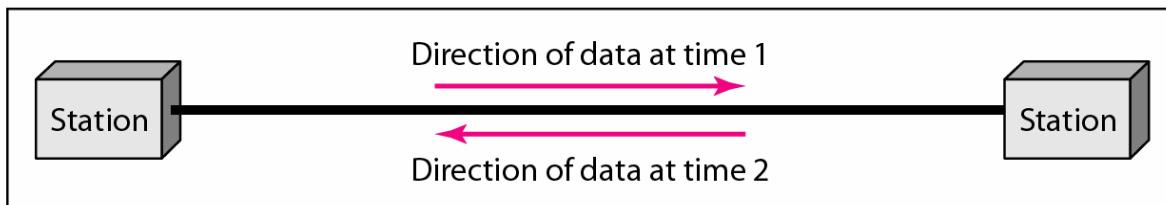


Hình 2.1: Chế độ truyền đơn công

Ví dụ: Hệ thống radio, truyền hình đài phát thanh chỉ phát và ta chỉ thu nghe.

Thông tin giữa bàn phím và màn hình truyền thống, bàn phím chỉ có thể truyền tín hiệu vào, còn màn hình chỉ có thể nhận tín hiệu ra.

❖ **Chế độ bán song công (half-duplex):**



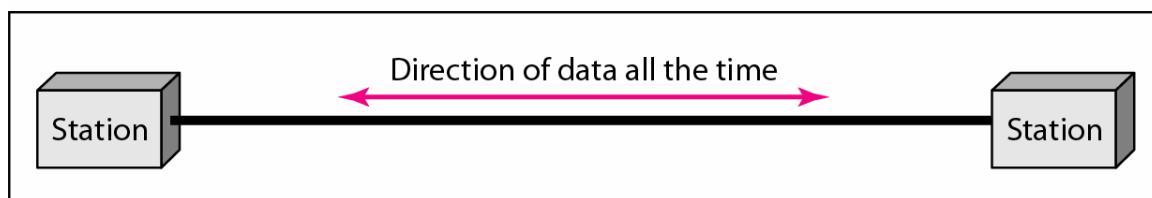
Hình 2.2: Chế độ truyền bán song công

Trong chế độ bán song công, thông tin được truyền theo 2 hướng nhưng không đồng thời, tại mỗi thời điểm thông tin chỉ truyền theo một hướng. Khi một thiết bị gửi, thiết bị kia chỉ có thể nhận, và ngược lại.

Chế độ bán song công được sử dụng trong trường hợp không có nhu cầu truyền thông trong cả hai hướng cùng một lúc, toàn bộ khả năng của các kênh có thể được sử dụng cho mỗi hướng.

Ví dụ: Hệ thống máy bộ đàm là một hệ thống bán song công – khi nhấn nút thì nói, nhả nút ra thì ở trạng thái nghe.

❖ **Chế độ song công (full-duplex):**



Hình 2.3: Chế độ truyền song công

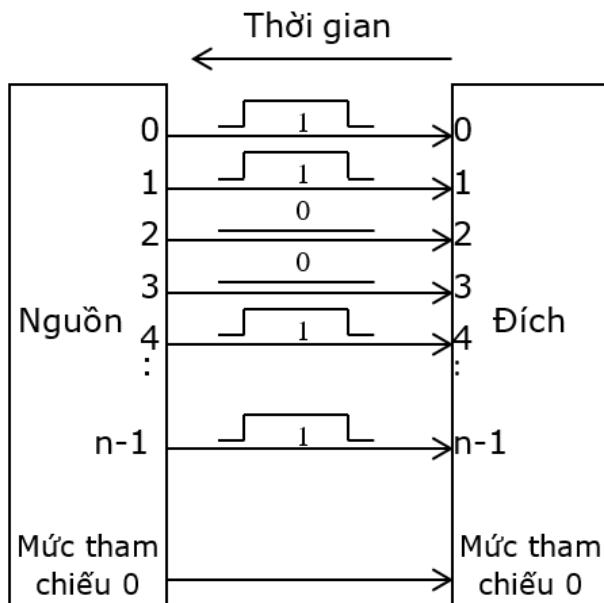
Chế độ song công, thông tin được truyền đi 2 chiều cùng một thời điểm trên tuyến dữ liệu.

Chế độ song công được sử dụng khi truyền thông trong cả hai hướng được yêu cầu trong toàn bộ thời gian. Tuy nhiên, năng lực của các kênh phải được phân chia giữa hai hướng.

Một ví dụ phổ biến của truyền thông song công là mạng điện thoại. Khi hai người đang giao tiếp bằng đường dây điện thoại, cả hai có thể nói chuyện và nghe cùng một lúc.

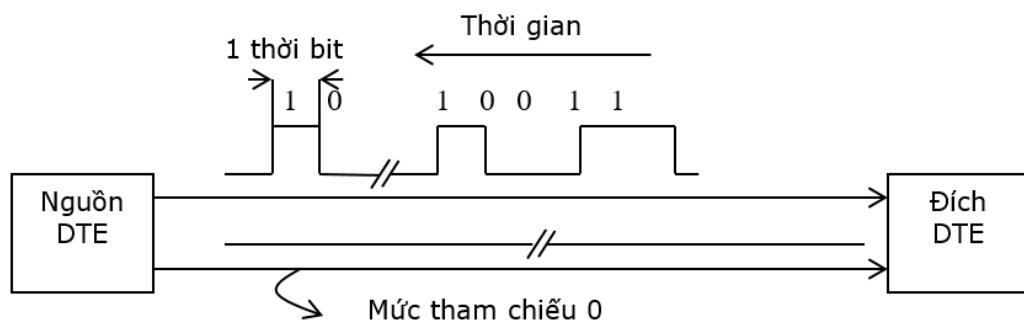
2.1.2 Các hình thức truyền

- ❖ **Truyền song song:** sử dụng nhiều đường kết nối, do đó, trong mỗi chu kỳ xung clock sẽ có nhiều bit được truyền đi cùng lúc -> tốc độ truyền nhanh nhưng cự li truyền ngắn.



Hình 2.4: Mô hình truyền song song

- ❖ **Truyền nối tiếp:** sử dụng một đường kết nối, các bit dữ liệu được truyền tuần tự nối tiếp qua một kênh dữ liệu -> cự li truyền dài.



Hình 2.5: Mô hình truyền nối tiếp

2.1.3 Các loại mã truyền

Trong hệ thống thông tin số liệu, muốn truyền dữ liệu ở dạng các văn bản, hình ảnh, âm thanh... từ nơi này đến nơi khác. Các thông tin thì có nhiều dạng, tuy nhiên, máy tính hay các thiết bị đầu cuối chỉ hiểu các bit 1 hay 0. Do vậy, các dữ liệu cần phải được chuyển sang các bit nhị phân 0 hoặc 1 trước khi truyền lên đường truyền. Để thực hiện việc chuyển đổi này phải sử dụng các loại mã truyền.

- ❖ **Mã Morse:** được tìm ra bởi Samuel F.P. Morse, năm 1840. Hệ thống mã là tập hợp các chuỗi chấm (dot) và gạch (dash) biểu diễn các ký tự và chữ số. Phép chấm câu cũng bao gồm trong mã. Chiều dài thời gian của dash gấp 3 lần của dot. Các ký tự cách nhau 1 khoảng dash và các từ cách nhau 1 khoảng 2 dash.

Bảng mã Morse (tự xem tài liệu)

- ❖ **Mã Baudot:** mã này được dùng rộng rãi quốc tế trong mạng telex (mạng dùng các máy điện báo). Mạng telex là mạng đánh máy qua vô tuyến được kết nối với nhau bằng PSTN. Tốc độ mạng này rất thấp từ 50 – 70 baud hay bps. Mã Baudot là mã chữ và số gồm 5 bit cho phép biểu diễn 32 ký tự, do tổng số ký tự chữ và số nhiều hơn 32 (26 chữ cái, 10 số) nên phải dùng 2 ký tự đặc biệt để mở rộng tập mã. 2 ký tự đó là Letters Shift (LS hay ↑) và Figures Shift (FS hay ↓).

Bảng mã Baudot (tự xem tài liệu)

- ❖ **Mã ASCII** (American Standard Code For Information Interchange): là mã được dùng rộng rãi nhất cho truyền và xử lý dữ liệu. Mã ASCII được phát triển năm 1962 cho thông tin máy tính. Mỗi ký tự được mã hóa bằng một từ mã dài 7 bit (có tất cả là $2^7=128$ ký tự) thông thường mã ASCII dùng với 1 bit kiểm tra để tạo thành 8 bit.

Bảng mã ASCII:

Decimal	Octal	Hex	Binary	Value	
000	000	000	00000000	NUL	(Null char.)
001	001	001	00000001	SOH	(Start of Header)

002	002	002	00000010	STX	(Start of Text)
003	003	003	00000011	ETX	(End of Text)
004	004	004	00000100	EOT	(End of Transmission)
005	005	005	00000101	ENQ	(Enquiry)
006	006	006	00000110	ACK	(Acknowledgment)
007	007	007	00000111	BEL	(Bell)
008	010	008	00001000	BS	(Backspace)
009	011	009	0000100	HT	(Horizontal Tab)
011	013	00B	00001011	VT	(Vertical Tab)
012	014	00C	00001100	FF	(Form Feed)
013	015	00D	00001101	CR	(Carriage Return)
014	016	00E	00001110	SO	(Shift Out)
015	017	00F	00001111	SI	(Shift In)
016	020	010	00010000	DLE	(Data Link Escape)
017	027	011	00010001	DC1	(XON) (Device Control 1)
018	022	012	00010010	DC2	(Device Control 2)
019	023	013	00010011	DC3	(XOFF)(Device Control 3)
020	024	014	00010100	DC4	(Device Control 4)
021	025	015	00010101	NAK	(Negative Acknowledgement)

022	026	016	00010110	SYN	(Synchronous Idle)
023	027	017	00010111	ETB	(End of Trans. Block)
024	030	018	00011000	CAN	(Cancel)
025	031	019	00011001	EM	(End of Medium)
026	032	01A	00011010	SUB	(Substitute)
027	033	01B	00011011	ESC	(Escape)
028	034	01C	00011100	FS	(File Separator)
029	035	01D	00011101	GS	(Group Separator)
030	036	01E	00011110	RS	(Request to Send) (Record Separator)
031	037	01F	00011111	US	(Unit Separator)
032	040	020	00100000	SP	(Space)
033	041	021	00100001	!	(exclamation mark)
034	042	022	00100010	"	(double quote)
035	043	023	00100011	#	(number sign)
036	044	024	00100100	\$	(dollar sign)
037	045	025	00100101	%	(percent)
038	046	026	00100110	&	(ampersand)
038	047	027	00100111	'	(single quote)

040	050	028	00101000	((left/opening parenthesis)
041	051	029	00101001)	(right/closing parenthesis)
042	052	02A	00101010	*	(asterisk)
043	053	02B	00101011	+	(plus)
044	054	02C	00101100	,	(comma)
045	055	02D	00101101	-	(minus or dash)
046	056	02E	00101110	.	(dot)
047	057	02F	00101111	/	(forward slash)
048	060	030	00110000	0	
049	061	031	00110001	1	
050	062	032	00110010	2	
051	063	033	00110011	3	
052	064	034	00110100	4	
053	065	035	00110101	5	
054	066	036	00110110	6	
055	067	037	00110111	7	
056	070	038	00111000	8	
057	071	039	00111001	9	
058	072	03A	00111010	:	(colon)

059	073	03B	00111011	;	(semi-colon)
060	074	03C	00111100	<	(less than)
061	075	03D	00111101	=	(equal sign)
062	076	03E	00111110	>	(greater than)
063	077	03F	00111111	?	(question mark)
064	100	040	01000000	@	(AT symbol)
065	101	041	01000001	A	
066	102	042	01000010	B	
067	103	043	01000011	C	
068	104	044	01000100	D	
069	105	045	01000101	E	
070	106	046	01000110	F	
071	107	047	01000111	G	
072	110	048	01001000	H	
073	111	049	01001001	I	
074	112	04A	01001010	J	
075	113	04B	01001011	K	
076	114	04C	01001100	L	
077	115	04D	01001101	M	

078	116	04E	01001110	N	
079	117	04F	01001111	O	
080	120	050	01010000	P	
081	121	051	01010001	Q	
082	122	052	01010010	R	
083	123	053	01010011	S	
084	124	054	01010100	T	
085	125	055	01010101	U	
086	126	056	01010110	V	
087	127	057	01010111	W	
088	130	058	01011000	X	
089	131	059	01011001	Y	
090	132	05A	01011010	Z	
091	133	05B	01011011	[(left/opening bracket)
092	134	05C	01011100	\	(back slash)
093	135	05D	01011101]	(right/closing bracket)
094	136	05E	01011110	^	(caret/circumflex)
095	137	05F	01011111	_	(underscore)
096	140	060	01100000	`	

097	141	061	01100001	a	
098	142	062	01100010	b	
099	143	063	01100011	c	
100	144	064	01100100	d	
101	145	065	01100101	e	
102	146	066	01100110	f	
103	147	067	01100111	g	
104	150	068	01101000	h	
105	151	069	01101001	i	
106	152	06A	01101010	j	
107	153	06B	01101011	k	
108	154	06C	01101100	l	
109	155	06D	01101101	m	
110	156	06E	01101110	n	
111	157	06F	01101111	o	
112	160	070	01110000	p	
113	161	071	01110001	q	
114	162	072	01110010	r	
115	163	073	01110011	s	

116	164	074	01110100	t	
117	165	075	01110101	u	
118	166	076	01110110	v	
119	167	077	01110111	w	
120	170	078	01111000	x	
121	171	079	01111001	y	
122	172	07A	01111010	z	
123	173	07B	01111011	{	(left/opening brace)
124	174	07C	01111100		(vertical bar)
125	175	07D	01111101	}	(right/closing brace)
126	176	07E	01111110	~	(tilde)
127	177	07F	01111111	DEL	(delete)

- ❖ **Mã EBCDIC** (Extended Binary Codes Decimal Interchange Code): năm 1962, IBM phát triển mã 8 bit EBCDIC, mỗi ký tự được mã hoá bằng 1 từ mã dài 8 bit (có tất cả là $2^8=256$ ký tự).

Bảng mã EBCDIC (tự xem tài liệu)

- ❖ Các ký tự trong một bộ mã được phân làm 2 loại:
- Ký tự in được (Printable Character): bao gồm ký tự thông thường, ký tự số và các dấu chấm câu.
 - Ký tự không in được (Non-printable Character): bao gồm các ký tự định dạng (space, del, esc, backspace...); ký tự điều khiển (STX, ETX, SOH, ACK, NAK,...)

2.1.4 Các đơn vị dữ liệu

Đơn vị đo lường cơ bản là byte

Các đơn vị đo lớn hơn

- 1kbyte = 2^{10} byte = 1024 byte
- 1Mbyte = 2^{10} kbyte = 1024 kbyte
- 1Gbyte = 2^{10} Mbyte = 1024 Mbyte
- 1Tbyte = 2^{10} Gbyte = 1024 Gbyte

2.1.5 Các cấu hình kết nối cơ bản

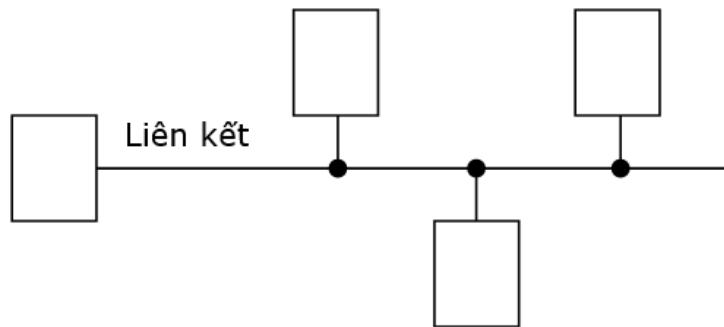
Cấu hình kết nối là cách mà 2 hay nhiều thiết bị thông tin nối vào một liên kết. Một liên kết là đường thông tin vật lý mà dùng để chuyển dữ liệu từ một thiết bị đến thiết bị khác.

- ❖ **Cấu hình điểm - điểm:** cung cấp một liên kết dùng riêng cho 2 thiết bị. Hầu hết các cấu hình điểm – điểm sử dụng đường truyền là cáp đồng, cáp quang hay sóng vô tuyến.

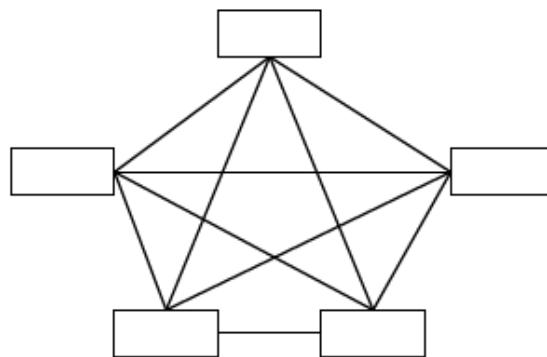


Hình 2.6: Cấu hình điểm - điểm

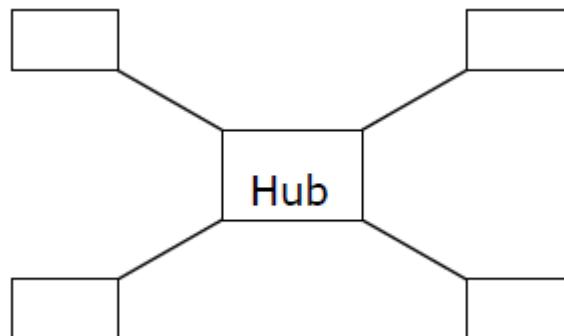
- ❖ **Cấu hình đa điểm:** là cấu hình mà có nhiều hơn 2 thiết bị cùng chia sẻ một liên kết đơn. Trong môi trường đa điểm dung lượng của kênh được chia sẻ hoặc tách biệt hẳn hoặc có tính cách tạm thời.

**Hình 2.7: Cấu hình đa điểm**

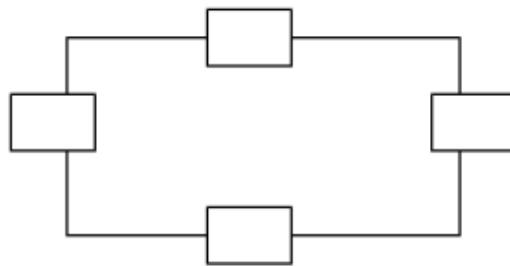
- ❖ **Cấu hình dạng lưới (mesh):** với cấu hình này, mỗi thiết bị đều được nối đến mỗi thiết bị khác. Nếu có n thiết bị thì sẽ có $n(n-1)/2$ liên kết đơn. Để kết nối được nhiều liên kết thì mỗi thiết bị phải có (n-1) cổng vào ra.

**Hình 2.8: Cấu hình lưới (Mesh)**

- ❖ **Cấu hình dạng sao (star):** mỗi thiết bị có một liên kết đến bộ điều khiển trung tâm thường được gọi là Hub. Cấu hình sao ít tốn kém hơn lưới. Mỗi thiết bị chỉ cần một liên kết và một cổng vào ra để kết nối với bất kỳ thiết bị khác.

**Hình 2.9: Cấu hình dạng sao**

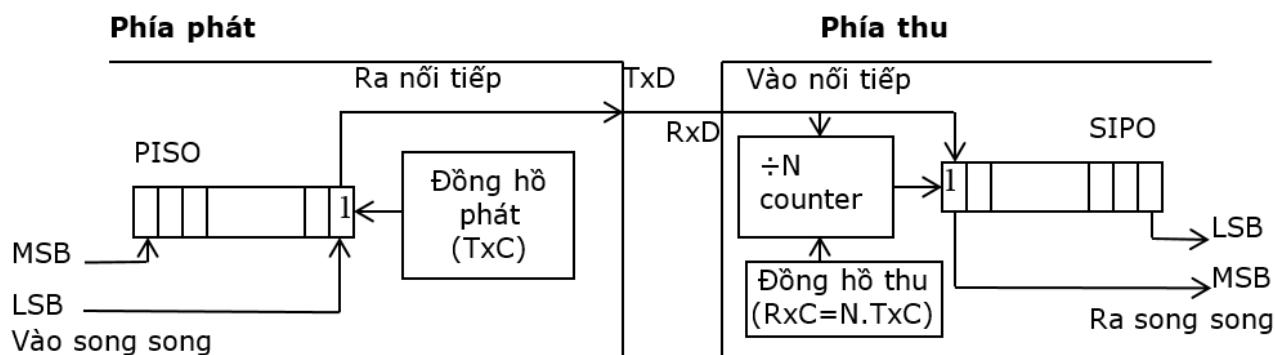
❖ **Cấu hình dạng vòng (Ring):** mỗi thiết bị có hai liên kết điểm – điểm với 2 thiết bị ở 2 phía của nó. Một tín hiệu đi theo một chiều từ thiết bị này sang thiết bị khác cho đến khi đến đúng thiết bị cần đến. Với một vòng đơn giản thì cấu hình có một khuyết điểm là khi một vị trí bị mất liên kết vật lý thì sẽ gián đoạn thông tin. Khuyết điểm này có thể được khắc phục bằng cấu hình vòng kép hoặc với bộ chuyển mạch.



Hình 2.10: Cấu hình dạng vòng

2.2 TRUYỀN DỮ LIỆU BẤT ĐỒNG BỘ

2.2.1 Đặc điểm



Hình 2.11: Nguyên lý hoạt động truyền bất đồng bộ

Xung clock phía phát và phía thu độc lập với nhau → bộ tạo xung clock phía thu không phụ thuộc chuỗi dữ liệu thu vào. Tốc độ (tần số) xung clock phía thu luôn lớn gấp N lần tốc độ (tần số) xung clock phía phát ($f_R = N.f_T$), thông thường $N=16$ hoặc 32.

Dữ liệu được truyền theo kiểu truyền các ký tự (7 hoặc 8 bit) liên tiếp. Mỗi ký tự được truyền bất đồng bộ bắt đầu bằng Start bit (mức [0]) và kết thúc bằng Stop bit

(1; 1,5 hoặc 2 bit mức [1]). Đảm bảo luôn có một sự thay đổi trạng thái từ [0] → [1] → [0] khi chuyển sang ký tự khác.

Số stop bit nhiều hay ít là tùy thuộc vào yêu cầu, nếu cần truyền hiệu suất cao thì dùng 1 stop bit và trong trường hợp vì tốc độ xử lý chậm thì có thể chọn 1.5 hoặc 2 stop bit.



Hình 2.12: Cách đồng bộ ký tự

Dữ liệu của một ký tự truyền theo thứ tự thời gian là bit có trọng số thấp nhất (LSB) truyền trước và bit có trọng số cao nhất (MSB) truyền sau.

Lưu ý: Trạng thái nghỉ (rõi) của đường truyền ở mức logic [1].

Hiệu suất thấp: giả sử một byte thông tin được truyền đi theo kiểu bắt đồng bộ, 1 Start bit và 2 Stop bit. Khi đó:

$$\eta = \text{số bit thông tin} / \text{Tổng số bit truyền} = \frac{8}{8+1+2} = 0.727 = 72.7\%$$

Trong thực tế, nếu có sử dụng bit kiểm tra chẵn lẻ (Parity bit) thì giá trị này còn nhỏ hơn.

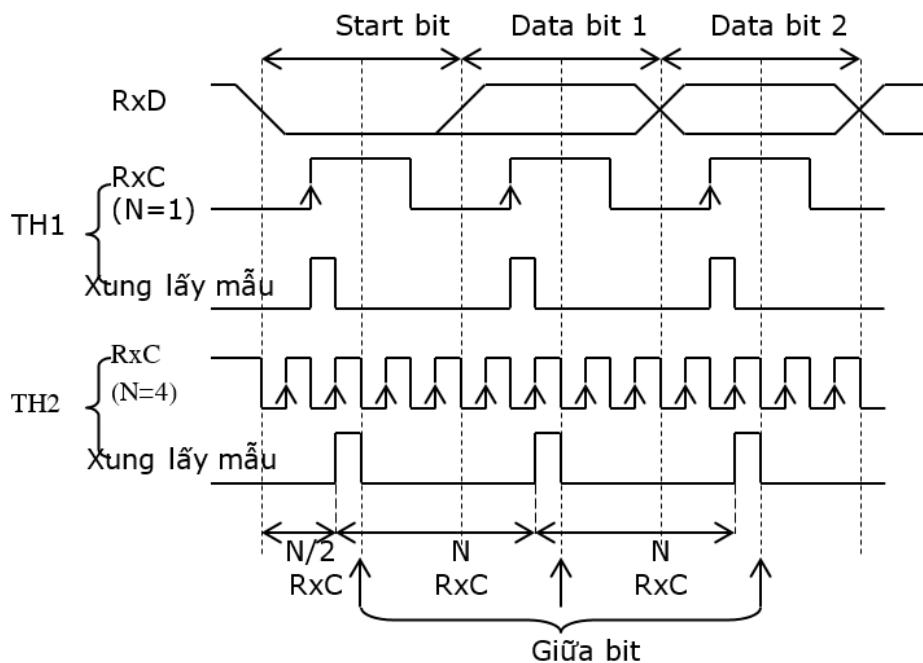
Thường được ứng dụng trong các bộ phát ngẫu nhiên (keyboard) hay các bộ phát dữ liệu tốc độ thấp < 20Kbps.

2.2.2 Quá trình truyền dữ liệu

Tại DTE phát, dữ liệu được chuyển từ song song (từng ký tự) sang nối tiếp để truyền lên đường truyền. Thực hiện việc chèn Start, Stop và Parity bit cho từng ký tự để truyền lên đường truyền.

Khi dữ liệu truyền tới DTE thu, dữ liệu sẽ được thực hiện kiểm tra phát hiện lỗi, chuyển từ nối tiếp sang song song.

Phía thu phải có khả năng đồng bộ bit, đồng bộ ký tự, đồng bộ khung.



Hình 2.13: Cách đồng bộ bit - ví dụ về tốc độ xung clock khác nhau

❖ Đồng bộ bit

Trong kỹ thuật truyền bất đồng bộ, trước khi truyền các bit của từ mã data thì máy phát gởi đi 1 bit start.

Tại máy thu, khi chưa có dữ liệu thì đường truyền ở trạng thái nghỉ (rõi) ở logic [1], bộ chia N chưa cho phép hoạt động → chưa có tín hiệu lấy mẫu.

Khi phát hiện được trạng thái chuyển đổi mức điện áp (vị trí bắt đầu của start bit) thì phía thu sẽ chờ sau $N/2$ chu kỳ xung clock thu (vị trí giữa của start bit) để lấy mẫu. Sau đó, cứ sau mỗi N chu kỳ xung clock thì tạo ra một xung lấy mẫu, xung lấy mẫu có đặc điểm là tần số bằng tần số xung clock phía máy phát. Khi N càng lớn thì xung lấy mẫu càng tiến về điểm giữa của bit.

Sau khi có xung lấy mẫu, tín hiệu sẽ được lấy mẫu và so sánh với mức ngưỡng tối ưu để quyết định bit đã phát là 0 hoặc 1.

Bit stop dùng để preset đường truyền trở về trạng thái rõ sau khi truyền xong một ký tự. Nhờ có bit stop mà 2 ký tự liên tiếp nhau vẫn có thể thực hiện được quá trình đồng bộ bit.

Lưu ý: sự đồng bộ càng chính xác khi N càng lớn.

- ❖ **Đồng bộ ký tự:** Sau khi đồng bộ bit quá trình đồng bộ ký tự sẽ diễn ra như sau:

DTE phát và DTE thu được điều khiển để có cùng số bit trong mỗi ký tự (start, data, parity và stop bit) phát và thu bằng nhau.

Sau khi nhận được start bit, phía thu sẽ thực hiện việc đồng bộ ký tự bằng cách đếm số bit đã được lập trình. Sau đó chuyển nội dung ký tự vừa thu được vào bộ đệm và chờ thu ký tự mới.

- **Parity:** dùng để kiểm tra ký tự vừa đồng bộ là đúng hoặc bị lỗi. Parity có thể được thiết lập bằng 2 cách:
 - **Parity chẵn:** được thiết lập sao cho tổng số bit 1 trong chuỗi bit data kể cả parity là 1 số chẵn.
 - **Parity lẻ:** được thiết lập sao cho tổng số bit 1 trong chuỗi bit data kể cả parity là 1 số lẻ.

Để quy định chuẩn truyền thông (protocol), người ta thường dùng cách viết tổng hợp các thông số: tốc độ, data bit, parity bit, stop bit.

Ví dụ: 300 7 E 1 hoặc 9600 8 N 1 hoặc 1200 7 O 1

300: chỉ tốc độ, đơn vị là bps

7: chỉ số bit dữ liệu

E (even): kiểm tra parity chẵn

1: stop bit

N (none): không có chế độ kiểm tra parity

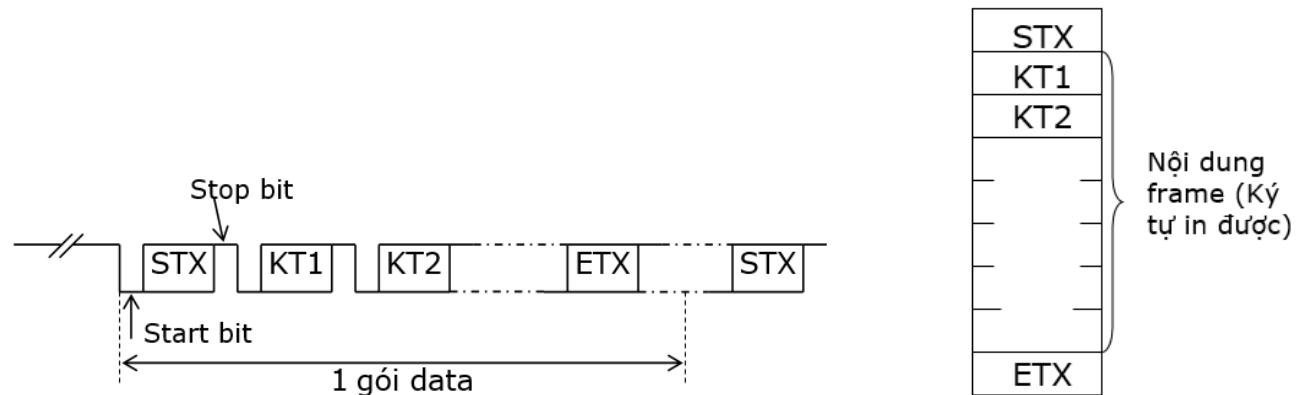
O (odd): kiểm tra parity lẻ

- ❖ **Đồng bộ khung (frame)**

Trong việc truyền dữ liệu, thông tin được truyền đi theo các khung. Do đó, để thu được hoàn chỉnh một khung thì phía thu phải xác định được vị trí bắt đầu và kết thúc của khung, điều này được gọi là đồng bộ khung.

Nếu khối dữ liệu truyền là dạng in được (printable character):

- Máy phát phát đi ký tự bắt đầu khung là STX (Start of Text) và phát đi ký tự kế thúc một khung là ETX (End of Text).
- Máy thu dựa vào STX và ETX để thu được hoàn chỉnh nội dung một khung dữ liệu.

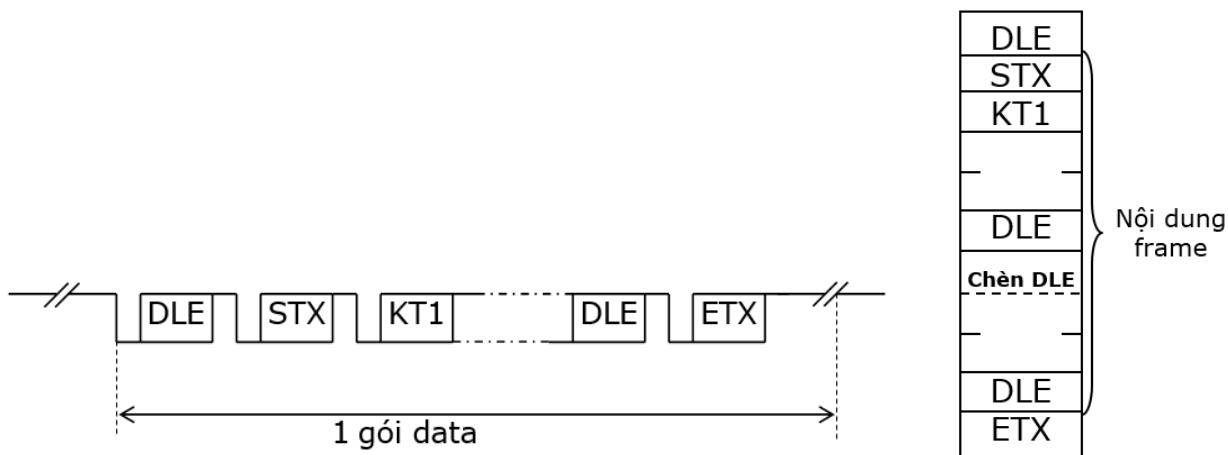


Hình 2.14a: Đóng bộ khung – nội dung khung chỉ chứa các ký tự in được

Nếu khối dữ liệu truyền đi có chứa các ký tự không in được (non-printable character): ví dụ như STX hoặc ETX thì việc đóng bộ khung được thực hiện bằng cách chèn thêm ký tự DLE (Data Link Esc):

- Bắt đầu khung là **DLE STX**.
- Kết thúc khung là **DLE ETX**.

Nếu trong nội dung khối dữ liệu truyền có chứa ký tự DLE thì nó phải truyền một cặp ký tự DLE liên tiếp. Máy thu khi nhận được một cặp ký tự DLE liên tiếp trong nội dung thu thì đóng bộ thành một ký tự DLE.



Hình 2.14b: Đồng bộ khung – nội dung khung có chứa các ký tự không in được

Nếu trong nội dung khối dữ liệu truyền có chứa ký tự DLE thì nó phải truyền một cặp ký tự DLE liên tiếp. Máy thu khi nhận được một cặp ký tự DLE liên tiếp trong nội dung thu thì đồng bộ thành một ký tự DLE

Ví dụ 1: Khi phát: "A B C" → thu: STX A B C ETX

Ví dụ 2: Khi phát: A B DLE ETX C → thu: DLE STX A B DLE DLE ETX C DLE ETX

2.3 TRUYỀN DỮ LIỆU ĐỒNG BỘ

Hiệu suất truyền dữ liệu bắt đồng bộ thấp do truyền thêm các start và stop bit vào mỗi ký tự truyền. Mặt khác việc đồng bộ bit đơn giản của kỹ thuật truyền bắt đồng bộ không đáng tin cậy khi khôi dữ liệu lớn và tốc độ truyền tăng. Để khắc phục vấn đề trên thì kỹ thuật truyền đồng bộ được sử dụng

2.3.1 Đặc điểm của kỹ thuật truyền đồng bộ:

DTE thu hoặc sử dụng chung bộ tạo xung clock của DTE phát hoặc sử dụng bộ tạo xung clock riêng nhưng đồng bộ với DTE phát.

Cả khối dữ liệu sẽ được truyền đi dưới dạng chuỗi bit liên tiếp (không có sự phân cách từng ký tự)

Hiệu suất cao hơn truyền bắt đồng bộ, do đó, được sử dụng trong trường hợp truyền dữ liệu tốc độ cao.

Cũng giống như kỹ thuật truyền bắt đồng bộ, để phía thu thực hiện việc đồng bộ dữ liệu thì hệ thống phải thực hiện các vấn đề: đồng bộ bit, đồng bộ ký tự, đồng bộ khung. Thực tế có 2 loại kiểm soát truyền đồng bộ là:

- Truyền đồng bộ định hướng bit
- Truyền đồng bộ định hướng ký tự

Cả 2 loại này đều có chung phương pháp đồng bộ bit

2.3.2 Đồng bộ bit

Truyền dữ liệu đồng bộ thì xung clock phía thu phải hoạt động đồng bộ với tín hiệu thu được. Để đạt được điều này thì có thể thực hiện theo 1 trong 3 cách sau đây:

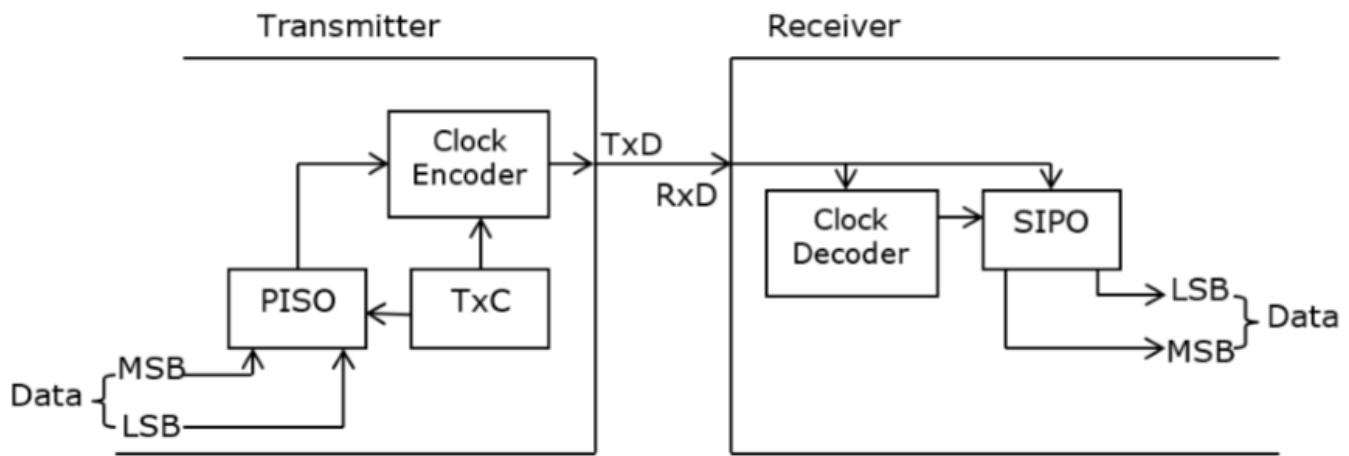
- Mã hoá và tách xung clock
- Sử dụng mạch vòng khoá pha số (DPLL – Digital Phase Lock Loop)
- Kết hợp cả 2 phương pháp trên (phương pháp Hybrid).

2.3.2.1 Mã hoá và tách xung clock

Tách thông tin xung clock trong chuỗi dữ liệu thu được

Tại phía phát thông tin, xung clock được mã hoá vào chuỗi bit dữ liệu phát đi. Khi truyền tới phía thu sẽ sử dụng mạch tách thông tin này để làm xung clock thực hiện việc lấy mẫu.

Thông tin xung clock được chèn vào sử dụng 1 trong 3 cách sau:

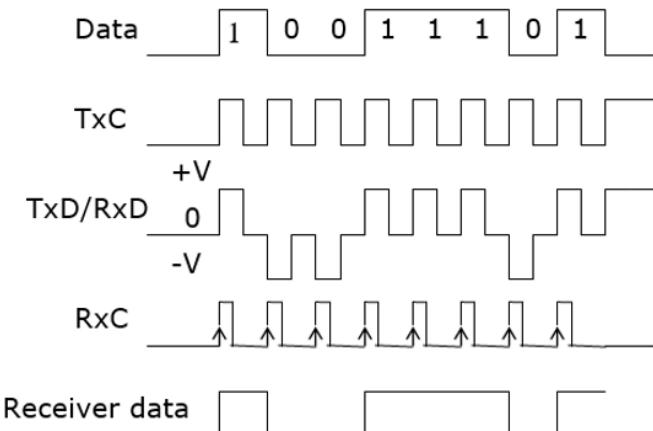


Hình 2.15: Mã hóa và tách xung clock

❖ **Mã hóa lưỡng cực (Bipolar Encoding):** còn được gọi là mã hóa trở về 0 (return to zero encoding).

- Bit 1 được mã hóa thành (+V,0)
- Bit 0 được mã hóa thành (-V,0)

Tại vị trí bắt đầu của bit dữ liệu được mã hóa luôn kèm theo sự thay đổi trạng thái, phía thu sẽ dựa vào điều này để thực hiện việc tách xung clock.



Hình 2.16: Phương pháp mã hóa lưỡng cực (Bipolar Encoding)

Ở phía máy thu bộ clock decoder sẽ phát ra một tín hiệu định thời. Tín hiệu định thời này đồng bộ với tín hiệu định thời ở máy phát. Tín hiệu định thời này được dùng để điều khiển quá trình lấy mẫu của tín hiệu trên đường truyền.

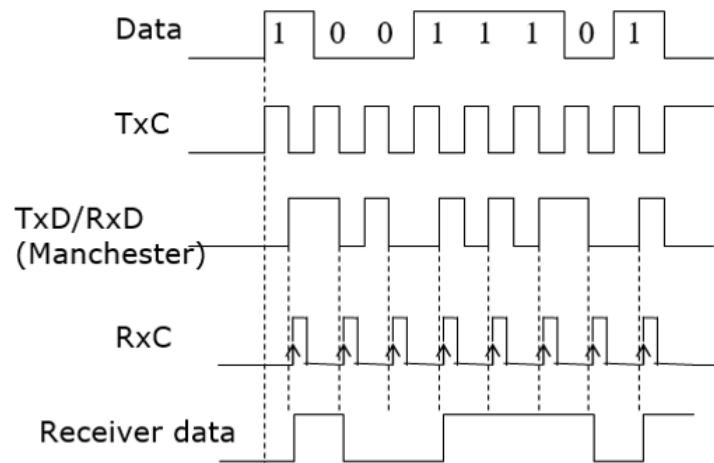
Tại thời điểm lấy mẫu nếu giá trị của tín hiệu ở mức cao thì máy thu đồng bộ được bit 1. Ngược lại, nếu giá trị của tín hiệu ở mức thấp thì máy thu đồng bộ được bit 0.

Tín hiệu được mã hoá thành 3 mức (-V, 0, +V) nên kiểu mã hoá này còn được gọi là kiểu mã hoá lưỡng cực. Đồng thời do nửa sau chu kỳ bit luôn luôn trở về zero nên kiểu mã này gọi là mã hoá trở về zero.

❖ **Mã hóa Manchester:** còn gọi là mã hóa không trở về zero (non-return to zero encoding)

- Bit 1 được mã hoá thành (mức thấp, mức cao)
- Bit 0 được mã hoá thành (mức cao, mức thấp)

Luôn có sự thay đổi trạng thái tại vị trí giữa của chu kỳ bit, phía thu sẽ dựa vào điều này để khôi phục lại tín hiệu clock.



Hình 2.17: Phương pháp mã hoá Manchester

Tại phía máy phát, bộ clock encoder sẽ tạo ra tín hiệu Manchester từ tín hiệu định thời (TxC) và giá trị của chuỗi bit dữ liệu vào.

Tại phía máy thu, bộ clock decoder sẽ giải mã tín hiệu định thời bằng cách:

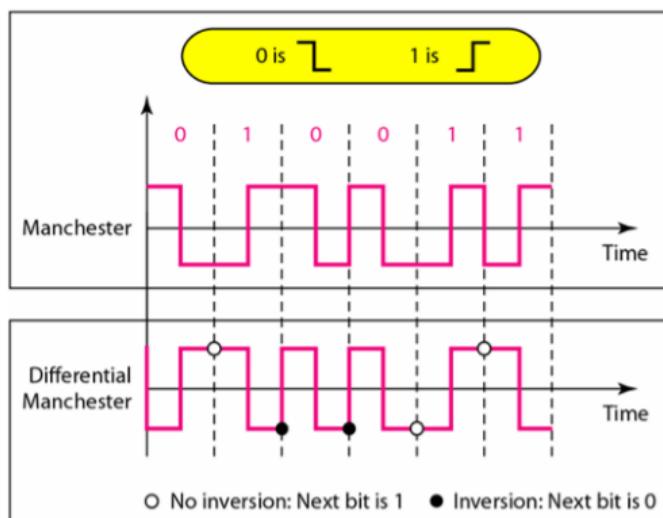
- Khi phát hiện có một cách xung đầu tiên thì tạo ra một xung lấy mẫu. Sau đó, phải chờ một khoảng thời gian $> \frac{1}{2}$ chu kỳ bit rồi mới xét tín hiệu có cạnh xung (có sự thay đổi trạng thái logic không) hay không. Nếu có cạnh xung thì lại tạo ra một xung lấy mẫu. Xung lấy mẫu được tạo ra hoàn toàn đồng bộ với xung lấy mẫu ở phía máy phát chỉ bị trễ pha $\frac{1}{2}$ chu kỳ bit.

- Tại mỗi thời điểm lấy mẫu, giá trị của tín hiệu sẽ được so sánh với mức ngưỡng. Nếu lớn hơn mức ngưỡng thì máy thu đồng bộ được bit 1 và ngược lại nếu giá trị của tín hiệu nhỏ hơn mức ngưỡng thì máy thu đồng bộ được mức 0.

Kiểu mã hóa này không có mức zero trong chu kỳ bit nên được gọi là mã không trả về zero (NRZ).

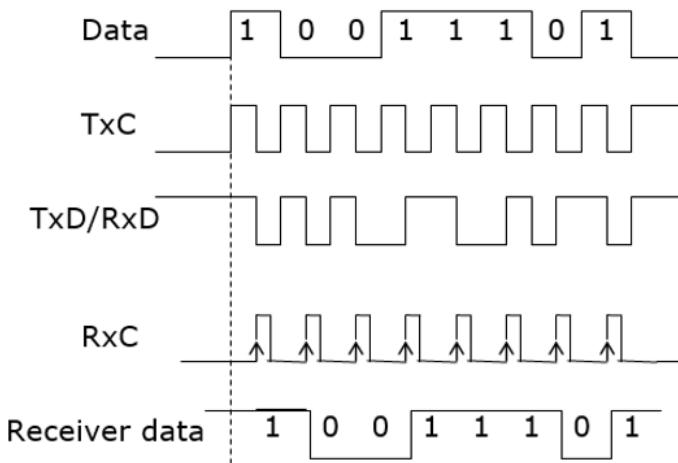
❖ **Mã hóa Manchester vi sai** (diffirent Manchester):

Tương tự như mã hóa Manchester, tuy nhiên, còn có sự thay đổi mức tín hiệu tại vị trí bắt đầu của chu kỳ bit và chỉ xảy ra nếu bit kế tiếp là bit 0. Kiểu mã hóa này có ưu điểm là tạo ra 2 phiên bản ngược dấu với nhau tùy thuộc vào mức khởi động giả sử ban đầu (cao hay thấp).



Hình 2.18a: Phương pháp mã hóa Manchester vi sai

Tại phía máy phát, bộ clock encoder sẽ tạo ra tín hiệu D.Manchester trên đường truyền. Tín hiệu này có đặc điểm giống với Manchester ở chỗ luôn có một cạnh xung ở giữa chu kỳ bit.



Hình 2.18b: Cách đồng bộ dữ liệu phía máy thu khi mã hóa Manchester vi sai

Tại máy thu, bộ clock decoder sẽ giải mã tín hiệu định thời bằng cách:

- Khi phát hiện có một cạnh xung đầu tiên thì tạo ra một xung lấy mẫu. Sau đó, phải chờ một khoảng thời gian $> \frac{1}{2}$ chu kỳ bit rồi mới xét tín hiệu có cạnh xung (có sự thay đổi trạng thái logic không) hay không. Nếu có cạnh xung thì lại tạo ra một xung lấy mẫu. Xung lấy mẫu được tạo ra hoàn toàn đồng bộ với xung lấy mẫu ở phía máy phát chỉ bị trễ pha $\frac{1}{2}$ chu kỳ bit.
- Tại mỗi thời điểm lấy mẫu, giá trị của tín hiệu sẽ được so sánh với mức trước đó (ở phần lấy mẫu trước). Nếu bằng nhau thì máy thu đồng bộ được bit 0 và nếu khác nhau thì máy thu đồng bộ được bit 1.

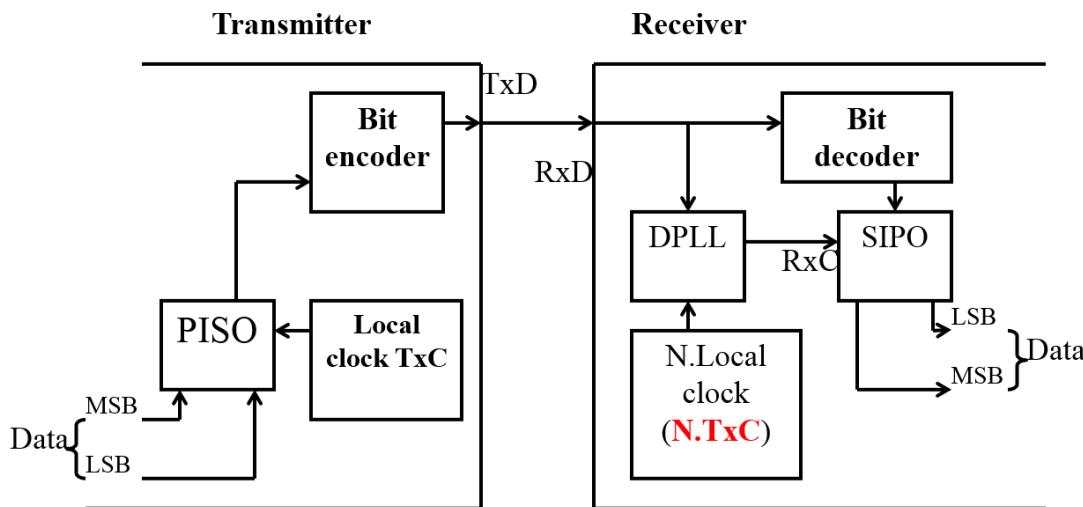
Ưu điểm của kiểu mã hóa này được thể hiện trong các bộ thu vi sai.

2.3.2.2 Mạch vòng khóa pha số (DPLL – Digital Phase Lock Loop)

Nguyên lý đồng bộ bit thứ 2 là mạch vòng khóa pha số. Nguyên lý này là bộ thu sẽ đồng bộ với bộ phát nhờ vào mạch vòng khóa pha số để tạo nhịp bám theo dòng dữ liệu đến.

Để clock thu duy trì được sự đồng bộ với clock phát thì chuỗi dữ liệu phát phải được mã hóa để có đủ sự thay đổi trạng thái từ 0 → 1 hay từ 1 → 0. Một kỹ thuật nhằm đạt được điều này là chuyển dữ liệu truyền đi qua bộ xáo trộn (scramber) để

xáo trộn ngẫu nhiên dòng bit (luồng bit) phía phát nhằm tránh hiện tượng kéo dài liên tiếp các bit 1 hoặc 0. Một cách đơn giản tạo sự xáo trộn (không cần thiết tạo sự xáo trộn với tất cả các bit mà chỉ tạo xáo trộn trên một số bit là đủ) là ta có thể dùng mã hoá NRZI để tạo sự xáo trộn mỗi khi bit 0 kéo dài liên tiếp.



Hình 2.19a: Mã hóa dùng mạch DPLL

Mã hoá NRZI (Non-Return to Zero Inverted): mã hoá không trở về zero đảo cực:

- Bit 1 mã hoá mức giống như mức logic ngay trước nó
- Bit 0 mã hoá mức logic đảo ngược với mức logic ngay trước nó

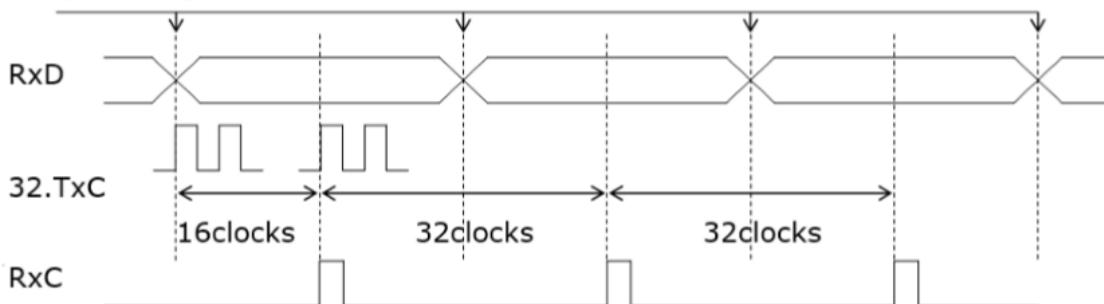
Lưu ý: đối với NRZI có 2 kiểu mã hoá ngược nhau.

Mạch vòng khoá pha số là một bộ phận được sử dụng để duy trì sự đồng bộ bit giữa bộ tạo xung clock thu với chuỗi dữ liệu thu vào. Việc duy trì sự đồng bộ này được dựa trên sự thay đổi trạng thái trong chuỗi dữ liệu thu được.

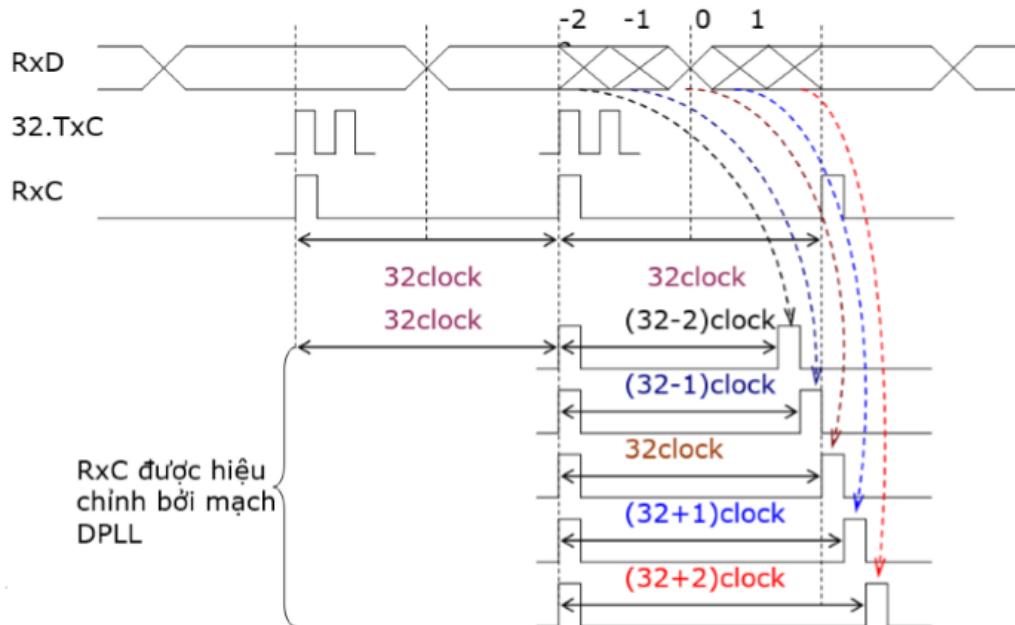
Mạch DPLL gồm 1 bộ dao động thạch anh có thể điều khiển được và có tần số ổn định. Thông thường, clock thu có tốc độ gấp $N=32$ lần tốc độ clock phía phát.

Trường hợp clock thu và chuỗi dữ liệu thu vào duy trì được sự đồng bộ với nhau thì khi gặp sự thay đổi trạng thái của tín hiệu lần đầu tiên, mạch DPLL sẽ khởi động bộ đếm và đếm đến $N/2$ xung clock thì tạo ra 1 xung lấy mẫu. Ở các khoảng thời gian kế tiếp thì mạch DPLL sẽ đếm đến N xung clock thì tạo ra xung lấy mẫu.

Chuyển trạng thái

**Hình 2.20: Clock thu và chuỗi dữ liệu thu vào duy trì được sự đồng bộ**

Trường hợp clock thu và chuỗi dữ liệu thu vào bị mất đồng bộ: Nếu trong một khoảng thời gian dài không có sự thay đổi trạng thái, mạch DPLL sẽ phát ra một xung lấy mẫu sau mỗi N chu kỳ xung clock. Nếu ở một khoảng thời gian bit nào đó có sự thay đổi trạng thái của tín hiệu, mạch DPLL sẽ căn cứ theo sự thay đổi này để có thể hiệu chỉnh xung lấy mẫu cho chu kỳ bit kế tiếp.

**Hình 2.21: Quy tắc điều chỉnh clock**

Quá trình hiệu chỉnh được thực hiện như sau:

- Một khoảng thời gian từ giữa bit này đến giữa bit kế tiếp được chia thành 5 khoảng bằng nhau. Mỗi khoảng được gắn cho một trọng số theo thứ tự tăng dần: -2, -1, 0, 1, 2

- Nếu sự thay đổi trạng thái rơi vào một khoảng thì bộ đếm sẽ đếm đến N + với trọng số của khoảng tương ứng để tạo ra xung lấy mẫu.

Nhận xét: mạch DPLL có khả năng điều khiển xung lấy mẫu luôn ở giữa thời gian bit. Nói cách khác, xung lấy mẫu ở phía máy thu và máy phát là đồng bộ nhau.

Với mã hoá NRZI, tốc độ tối đa mà tín hiệu mã hoá thay đổi cực tính chỉ bằng $\frac{1}{2}$ so với khi dùng mã hoá lưỡng cực và mã hoá Manchester

Gọi T_b là chu kỳ bit thì $1/T_b$ là tốc độ bit.

Vậy, với mã hoá NRZI thì tốc độ là $1/T_b$.

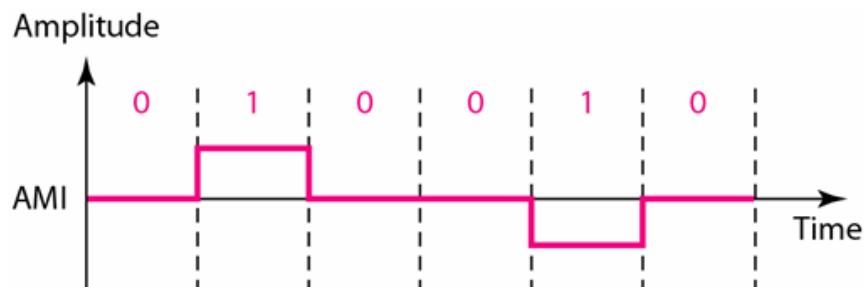
Đối với mã hoá Manchester và mã hoá lưỡng cực là $2/T_b$.

Tốc độ tối đa này cũng được xem là tốc độ điều chế. Điều này có nghĩa là để tốc độ bằng nhau, mã hoá lưỡng cực và mã hoá Manchester cần băng thông gấp 2 lần so với tín hiệu mã hoá NRZI. Vì tốc độ điều chế càng lớn thì độ rộng băng thông càng lớn.

Vì vậy, mã đường truyền Manchester được dùng rộng rãi trên đường truyền với cự ly thông tin ngắn, ví dụ mạng LAN. Mã NRZI cần băng thông hẹp hơn nên thích hợp để truyền đồng bộ khi cự ly thông tin lớn.

❖ Một số kiểu mã hóa thông dụng sử dụng trong truyền dữ liệu:

- **Mã hóa đảo dấu luân phiên AMI** (Alternate Mark Inversion): chuỗi bit dữ liệu được mã hóa sử dụng 3 mức (+V, 0, -V)
- Bit 0 được mã hóa mức 0
 - Bit 1 được mã hóa đảo cực so với mức logic của bit 1 gần nhất trước nó.



Hình 2.22: Mã hóa đảo dấu luân phiên AMI

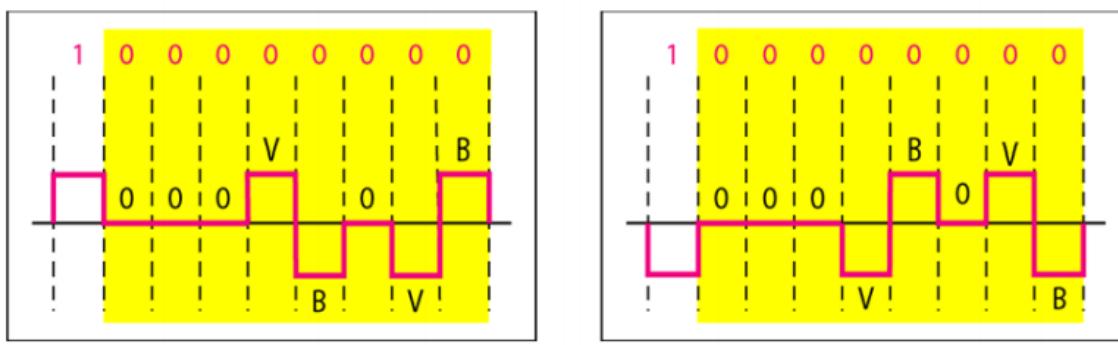
Lưu ý: kiểu mã hóa này có nhược điểm là không tạo nên sự chuyển đổi trạng thái trên đường truyền nếu chuỗi bit phát là chuỗi bit 0 liên tiếp. Do đó, mạch DLL ở phía thu có thể sẽ mất sự đồng bộ với chuỗi bit dữ liệu thu vào.

➤ **Mã hóa lưỡng cực thay thế 8 bit 0 liên tiếp B8ZS** (Bipolar with Eigh Zero Substitution)

Kiểu mã hóa này giống với kiểu mã hóa AMI, ngoại trừ một đặc điểm là nếu trong chuỗi bit dữ liệu phát có 8 bit 0 liên tiếp thì sẽ được mã hóa thành chuỗi bit 000VB0VB hoặc 00B0VB0V, trong đó:

- “B”: đảo cực so với bit 1 gần nhất trước đó (đúng luật AMI)
- “V”: (violation) được mã hóa cùng cực tính so với bit 1 gần nhất trước nó (vi phạm luật AMI).

Có hai trường hợp, như thể hiện trong hình 2.23:



a./ Bit 1 trước đó là mức dương

b./ Bit 1 trước đó là mức âm

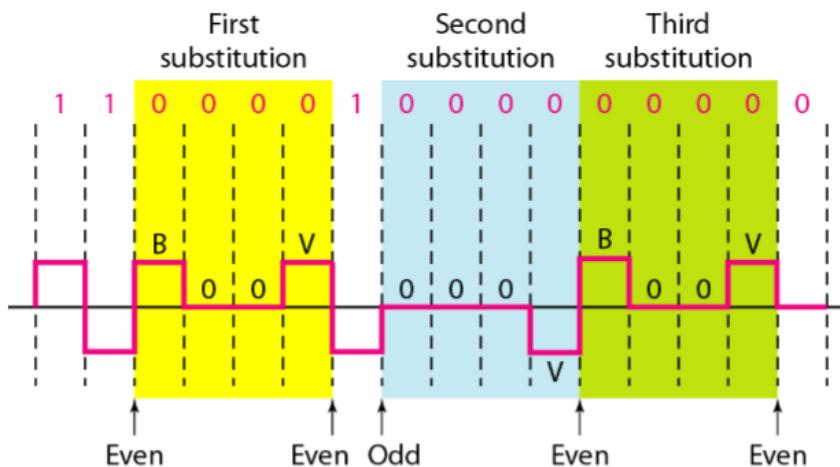
Hình 2.23: Mã hóa lưỡng cực B8ZS

Lưu ý: trong chuỗi bit phát sử dụng kiểu mã hóa này chỉ có tối đa 7 bit 0 liên tiếp.

➤ **Mã hóa lưỡng cực mật độ cao HDB3** (High Density Bipolar 3): Kiểu mã hóa này giống với kiểu mã hóa AMI ngoại trừ một đặc điểm là nếu trong chuỗi bit dữ liệu phát có 4 bit 0 liên tiếp thì sẽ được mã hóa như sau:

- Nếu chỉ có một nhóm 4 bit 0 liên tiếp: chuỗi dữ liệu được mã hóa thành 000V

- Nếu có nhiều nhóm 4 bit 0 liên tiếp trong chuỗi dữ liệu truyền thì HDB3 sẽ mã hoá bằng cách dựa vào tổng số bit 1 đã xuất hiện kể từ lần thay thế sau cùng (lần vi phạm sau cùng).
 - Nếu tổng số bit 1 trước đó là chẵn thì được mã hoá thành: B00V
 - Nếu tổng số bit 1 trước đó là lẻ thì được mã hoá thành: 000V



Hình 2.24: Mã hóa lưỡng cực mật độ cao HDB3

➤ **Các kiểu mã hóa giảm tốc độ baud (Baud Rate Reduction Codes):**

Mỗi mức điện áp trên đường truyền mã hoá nhiều hơn 1 bit thông tin giảm tốc độ baud và giảm nhiễu xuyên kênh vì sự thay đổi các mức tín hiệu liên tiếp suy giảm.

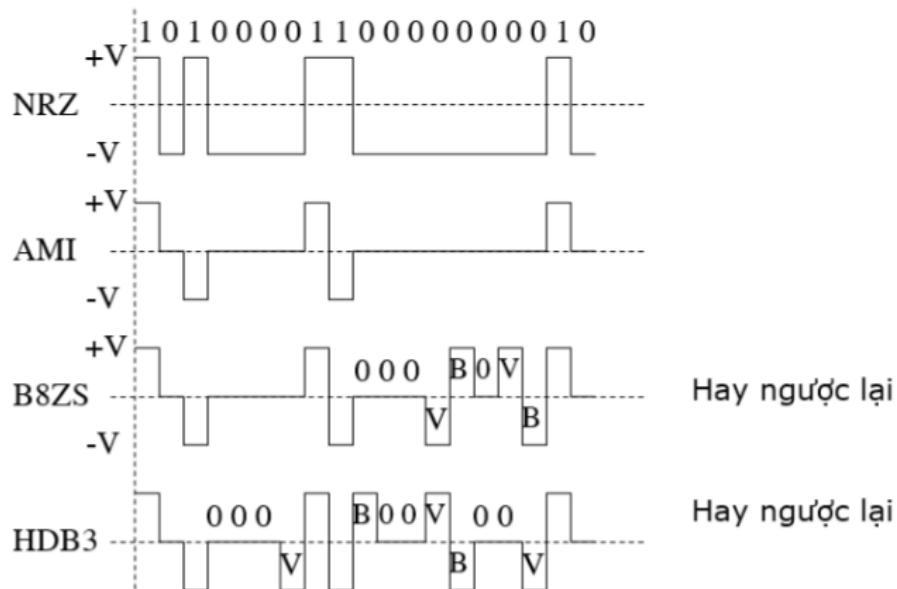
Thường các loại mã này được ký hiệu mBnL. Trong ký hiệu này, m là bit dữ liệu sẽ được mã hoá thành n xung trong L mức. Với $m > n$ và $L > 2$.

Ví dụ, mã 4B3T và mã 2B1Q (tự tham khảo tài liệu)

Bài tập ví dụ, cho chuỗi bit dữ liệu được phát đi như sau:

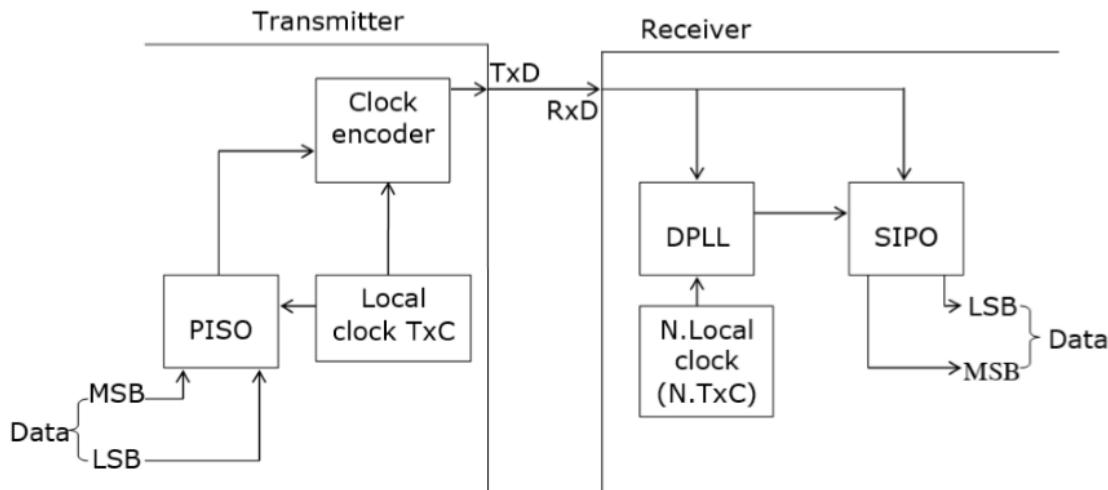
1010000110000000010

Hãy vẽ dạng tín hiệu được truyền đi sau khi chuỗi bit này được mã hoá với các loại mã: NRZ, AMI, B8ZS, HDB3. Biết rằng các bit dữ liệu là bắt đầu khung.



Hình 2.25: Một số kiểu mã hóa thông dụng

2.3.2.3 Phương pháp kết hợp:



Hình 2.26: Phương pháp Hybrid

Khi tốc độ bit tăng lên thì rất khó khăn trong việc duy trì được sự đồng bộ. Do vậy mã hoá Manchester và DPLL kết hợp như kỹ thuật lai cũng được đưa vào sử dụng.

DPLL được dùng để giữ tín hiệu clock đồng bộ với tín hiệu nhận được. Việc dùng mã hoá Manchester có nghĩa là có ít nhất một sự chuyển trạng thái tín hiệu trong một bit so với trường hợp của NRZI (NRZI có một chuyển trạng thái trong 5 bit). Vì vậy,

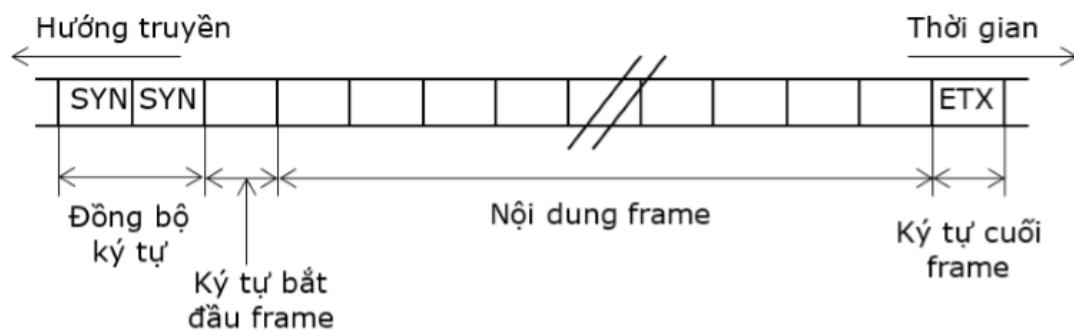
tín hiệu clock cục bộ duy trì đồng bộ tin cậy hơn. Tuy nhiên, khi áp dụng mã Manchester thì một băng thông rộng hơn là cần thiết và đây là nhược điểm của phương pháp này.

2.3.3 Truyền định hướng ký tự

Chủ yếu được sử dụng trong trường hợp truyền các khối ký tự, ví dụ như các tập tin với các ký tự ASCII.

Vì trong kiểu truyền này không có các bit start và stop nên một cách khác để thực hiện việc đồng bộ ký tự là phía phát sẽ truyền ít nhất 2 ký tự SYN (ký tự đồng bộ) ngay trước các khối ký tự truyền. Việc thêm vào này có 2 chức năng:

- Đồng bộ bit: tạo ra các trạng thái chuyển đổi mức tín hiệu trên đường truyền để mạch DPLL thiết lập sự đồng bộ.
- Đồng bộ ký tự: cho phép phía thu xác định chính xác vị trí bắt đầu và kết thúc của mỗi ký tự → thực hiện việc đồng bộ ký tự.

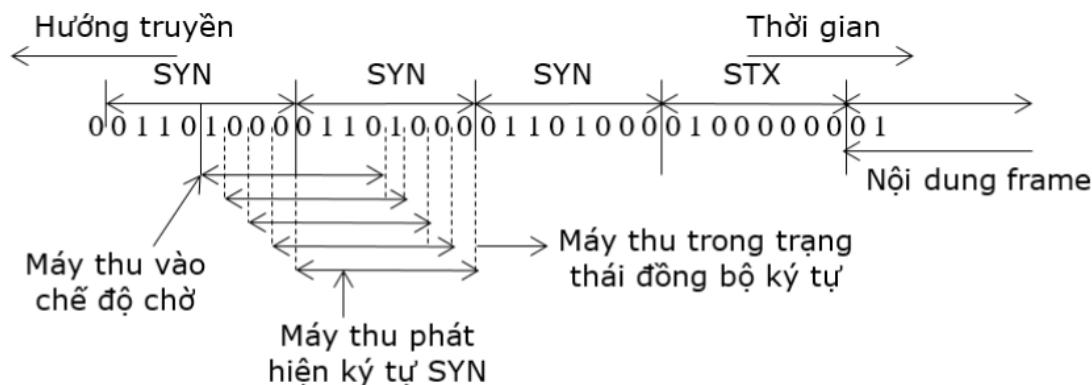


a./ Cấu trúc khung

Ở phía máy thu, quá trình đồng bộ ký tự là quá trình tìm kiếm ký tự SYN. Quá trình được thực hiện như sau:

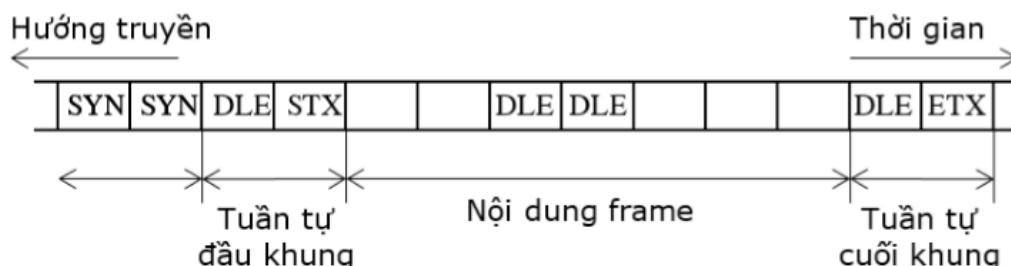
- Khi phía máy thu thực hiện việc đồng bộ bit, nó sẽ bắt đầu chế độ chờ. Trong chế độ này phía thu sẽ thu và đếm mỗi nhóm 8 bit liên tiếp so sánh với ký tự SYN, nếu khác thì máy thu sẽ bỏ đi bit đầu và lấy 7 bit còn lại kết hợp với một bit mới để so sánh với ký tự SYN. Nếu giống ký tự SYN thì máy thu xem như đã thực hiện xong việc đồng bộ ký tự. Mỗi ký tự sau đó thực hiện được sau mỗi nhóm 8 bit.

- Khi đã thực hiện xong việc đồng bộ ký tự, phía thu sẽ thu và kiểm tra ký tự thu được có phải là STX hay không. Nếu chưa phải, phía thu sẽ tiếp tục chờ ký tự STX để thực hiện việc đồng bộ khung. Ngược lại, nếu là STX thì phía thu sẽ bắt đầu thu dữ liệu và chờ ký tự ETX để kết thúc khung.



b./ Quá trình đồng bộ ký tự

Lưu ý: Quá trình làm trong suốt dữ liệu và chèn ký tự tương tự như ở kỹ thuật truyền bất đồng bộ.



c./ Quá trình trong suốt dữ liệu

Hình 2.27: Truyền dữ liệu đồng bộ định hướng ký tự

Nhận xét:

- Kiểu truyền dữ liệu định hướng ký tự đạt hiệu suất thấp do sử dụng nhiều ký tự điều khiển (STX, ETX, DLE).
- Trong kiểu truyền này yêu cầu khỗi dữ liệu phát phải có chiều dài là bội số của 8 đảm bảo hệ thống xử lý theo từng ký tự (định hướng ký tự). Điều đó có thể không được đảm bảo nếu khỗi dữ liệu phát là dữ liệu nhị phân bất kỳ.

2.3.4 Truyền định hướng bit:

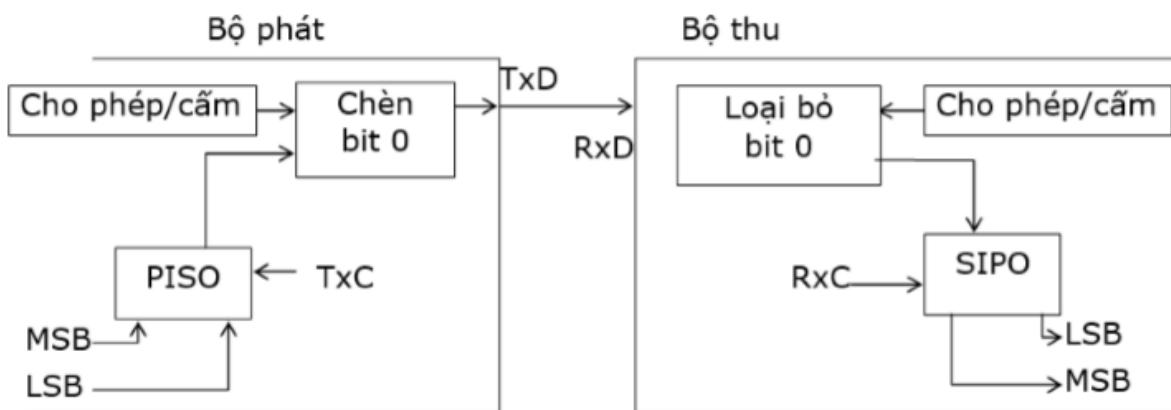
Truyền định hướng bit khắc phục được 2 hạn chế của kiểu truyền định hướng ký tự

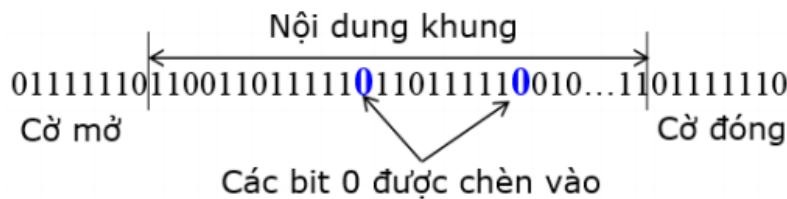
2.3.4.1 Xét trường hợp thông tin trong các liên kết điểm nối điểm

Bắt đầu và kết thúc khung bởi chuỗi 8 bit duy nhất là: 01111110 được gọi là cờ (flag). Tuy nhiên, để phía thu có thể đạt được sự đồng bộ bit thì phía phát phải gửi một chuỗi các byte Idle (nhàn rỗi). Các byte này gồm 8 bit 01111111, đứng trước cờ bắt đầu khung.

Khi phía thu nhận được cờ khởi đầu khung (opening flag) thì nội dung của khung được đọc và thực hiện kiểm tra từng nhóm 8 bit cho tới khi gặp cờ kết thúc khung (closing flag). Khi đó việc thu khung dữ liệu kết thúc.

Việc trong suốt dữ liệu (để tránh trường hợp dữ liệu trùng với ký tự cờ) được thực hiện bằng cách chèn thêm bit 0 tại phía máy phát. Khi phát 5 bit 1 liên tiếp thì máy phát sẽ phát thêm một bit 0 trước khi phát bit kế tiếp 5 bit 1 này.





Hình 2.28: Phương pháp đồng bộ frame định hướng bit dùng cờ

Ngược lại, ở phía máy thu khi nhận được cờ mở thì xem như bắt đầu nội dung khung. Trong quá trình đọc nội dung của khung, máy thu thực hiện cơ chế phát hiện bit 0 (zero bit detection) sử dụng một bộ đếm để đếm số lượng bit 1 liên tiếp nhau trong nội dung của khung. Khi gặp bit 0 bộ đếm sẽ reset về 0, khi gặp bit 1 bộ đếm sẽ đếm tăng lên một đơn vị. Khi bộ đếm đếm đến 5, nếu bit kế tiếp là bit 0 thì máy thu hiểu bit 0 này là bit 0 đã chèn vào và xoá đi. Nếu là bit 1 thì máy thu đọc thêm một bit nữa, nếu là bit 0 thì xem như kết thúc khung tin, nếu là bit 1 thì máy thu sẽ tự hiểu là khung tin bị lỗi, nó sẽ yêu cầu máy phát phát lại khung tin mới.

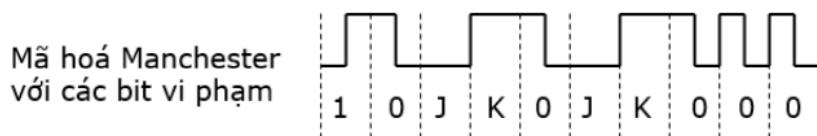
2.3.4.2 Xét trường hợp thông tin trong các liên kết đa điểm

Ví dụ như trong trường hợp mạng LAN, khi đó môi trường truyền là quảng bá và được truyền cho tất cả các trạm. Để cho phép tất cả các trạm khác nhau đạt được sự đồng bộ bit thì trạm phát sẽ đặt vào trước nội dung khung một mẫu bit mở đầu (preamble) gồm 10 cặp bit: 1010101010... kế đến là mẫu bit 10101011 dùng để bắt đầu 1 khung. Tiếp theo là một header cố định bao gồm địa chỉ và thông tin chiều dài phần nội dung. Do đó, với lược đồ này máy thu chỉ cần đếm số byte thích hợp để xác định sự kết thúc mỗi khung.

Preamble	Bắt đầu khung	Header cố định	Chiều dài nội dung (byte)	Số byte nội dung	Trailer cố định
101010...10	10101011			Nội dung khung	
Preamble JK0JK000			Nội dung khung JK0JK111		
← Ranh giới đầu khung →		Nội dung khung		← Ranh giới cuối khung →	

Hình 2.29: Chỉ định chiều dài và ranh giới bắt đầu khung

Một trường hợp đồng bộ khác cũng được dùng trong mạng LAN là bắt đầu và kết thúc một khung bởi các mẫu mã hoá bit không chuẩn hay vi phạm bit. Ví dụ như mã hoá Manchester được dùng thay cho việc truyền một tín hiệu tại giữa mỗi bit, mức tín hiệu duy trì tại cùng mức như bit trước đó cho khoảng bit (J) hoặc mức ngược lại với mức trước đó cho khoảng bit (K). Để phát hiện bắt đầu và kết thúc mỗi khung, bộ thu sẽ dò từng bit, trước hết phát hiện mẫu bit bắt đầu là JK0JK000 và sau đó phát hiện mẫu kết thúc là JK1JK111. Vì J, K là các ký hiệu mã hoá bit không chuẩn nên trong phần nội dung của khung sẽ không chứa các ký hiệu này và quá trình trong suốt dữ liệu sẽ đạt được.



Hình 2.30: Các vi phạm bit mã hóa

2.4 CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN VÀ SỬA LỖI

2.4.1 Tổng quan

Khi truyền dữ liệu trên đường truyền, luôn tồn tại một xác suất lỗi. Lỗi xảy ra khi DTE thu nhận bit tin không đúng với bit tin do DTE phát lên đường truyền. Chẳng hạn, DTE phát bit 1, DTE thu bit 0 hoặc ngược lại.

Xác suất bit lỗi được định nghĩa là:

$$\text{BER} = \frac{\text{Tổng số bit lỗi}}{\text{Tổng số bit phát}}$$

Ví dụ: $\text{BER} = 10^{-3}$, có nghĩa là phát 1000 bit thì sẽ bị lỗi 1 bit.

Giá trị BER thực tế thường chấp nhận trong khoảng $10^{-4} \div 10^{-7}$.

Các yếu tố ảnh hưởng đến xác suất lỗi trong truyền dữ liệu:

- Loại môi trường truyền dẫn
- Tốc độ truyền tin
- Loại mã dung

- Loại điều chế
- Loại thiết bị thu phát.

Để nhận biết và khắc phục các lỗi truyền, có 2 phương pháp thường được ứng dụng trong hệ thống truyền dữ liệu, đó là phương pháp phát hiện lỗi (error detection) và phương pháp sửa lỗi (error correction).

2.4.1.1 Các kiểu lỗi

Trong khi dòng bit truyền từ điểm này đến điểm khác, chúng có thể bị thay đổi không thể đoán trước vì can nhiễu (interference). Can nhiễu có thể thay đổi hình dạng của tín hiệu.

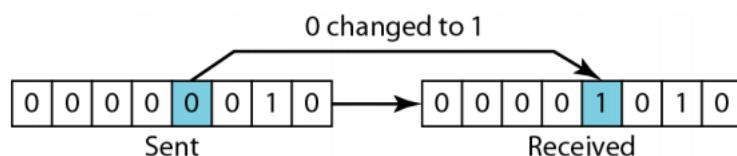
Có các loại lỗi bit như sau:

- Lỗi bit đơn (Single – bit error)
- Lỗi chùm (Burst – bit error)

❖ Lỗi bit đơn

Lỗi bit đơn có nghĩa là chỉ có 1 bit của một đơn vị dữ liệu đã cho (chẳng hạn như một byte, một ký tự, hoặc một gói tin) được thay đổi từ 1 thành 0 hoặc từ 0 thành 1.

Hình 2.31 cho thấy tác dụng của một lỗi bit đơn trên một đơn vị dữ liệu. Để hiểu tác động của sự thay đổi, hãy tưởng tượng rằng mỗi nhóm 8 bit là một ký tự ASCII với một bit 0 thêm vào bên trái. Trong hình 1 dưới, 00000010 (ASCII STX) đã được gửi đi, có nghĩa là bắt đầu của văn bản, nhưng 00001010 (ASCII LF) đã nhận được, có nghĩa là xuống dòng.



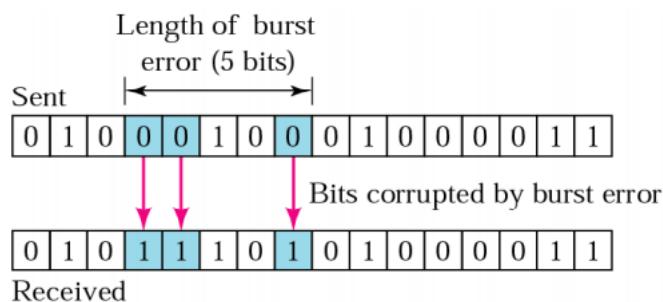
Hình 2.31: Lỗi đơn bit

Lỗi bit đơn ít có khả năng xảy ra trong truyền dữ liệu tuần tự. Để hiểu tại sao, hãy tưởng tượng dữ liệu được gửi với tốc độ 1Mbps. Điều này có nghĩa là mỗi bit chỉ

kéo dài $1/1000000$ s, tức là $1\mu s$. Để một bit đơn xuất hiện, nhiễu phải xuất hiện chỉ trong thời gian $1\mu s$, điều này rất hiếm, nhiễu thông thường kéo dài lâu hơn nhiều.

❖ Lỗi chùm

Lỗi chùm có nghĩa là 2 hoặc nhiều bit trong một đơn vị dữ liệu đã bị thay đổi từ 1 thành 0 hoặc từ 0 thành 1.



Hình 2.32: Lỗi chùm

Hình 2.32 cho thấy tác dụng của một lỗi chùm trên một đơn vị dữ liệu. Trong trường hợp này, 0100010001000011 đã được gửi đi, nhưng 0101110101000011 đã được nhận. Lưu ý rằng một lỗi chùm không nhất thiết có nghĩa là các lỗi xảy ra tại các bit liên tiếp. Chiều dài của chùm được đo từ bit bị lỗi đầu tiên đến bit bị lỗi cuối cùng. Một số bit ở giữa chùm có thể không bị lỗi.

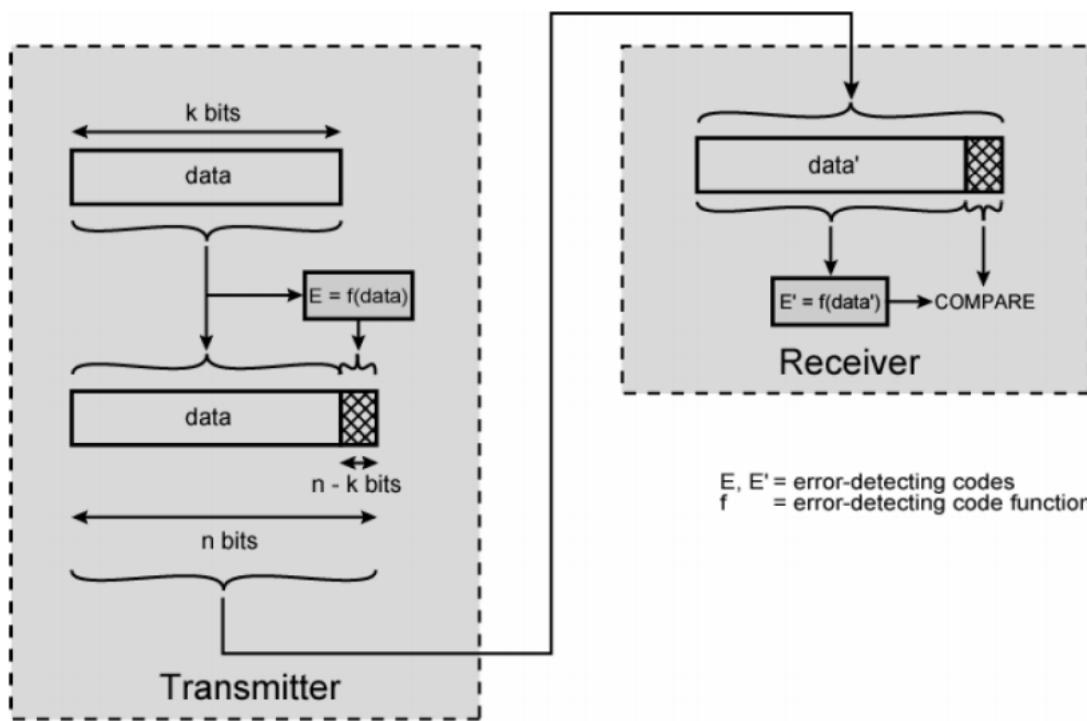
Lỗi chùm có nhiều khả năng xảy ra hơn lỗi bit đơn. Thời gian của nhiễu bình thường dài hơn thời gian 1 bit, có nghĩa là khi nhiễu ảnh hưởng đến dữ liệu, nó ảnh hưởng đến một nhóm các bit. Số bit bị ảnh hưởng phụ thuộc vào tốc độ dữ liệu và thời gian của nhiễu. Ví dụ, nếu chúng ta đang gửi dữ liệu với tốc độ 1Kbps, một nhiễu $1/100$ s có thể ảnh hưởng đến 10 bit, nếu chúng ta đang gửi dữ liệu ở 1Mbps, nhiễu tương tự có thể ảnh hưởng đến 10.000 bit.

2.4.1.2 Bit dư thừa

Khái niệm trung tâm trong việc phát hiện hoặc sửa lỗi này là bit dư thừa (redundancy). Để có thể phát hiện hoặc sửa lỗi, ta cần phải gửi một số bit thêm vào dữ liệu của ta. Các bit dư thừa này được thêm vào bởi máy phát và bị loại bỏ bởi máy thu. Sự hiện diện của chúng cho phép máy thu phát hiện hoặc sửa các bit bị lỗi.

Trong sửa lỗi, ta cần phải biết chính xác số lượng bit bị lỗi và quan trọng hơn, vị trí của bit bị lỗi tại gói tin. Số lượng các lỗi và kích thước của gói tin là những yếu tố quan trọng. Nếu ta cần phải sửa một lỗi duy nhất tại một đơn vị dữ liệu 8-bit, ta cần phải xem xét 8 vị trí có thể có lỗi, nếu ta cần phải sửa chữa hai lỗi tại một đơn vị dữ liệu có cùng kích thước, ta cần phải xem xét 28 khả năng. Bạn có thể tưởng tượng những khó khăn của máy thu trong việc tìm kiếm 10 lỗi tại một đơn vị dữ liệu 1000 bit

2.4.2 Cơ chế phát hiện lỗi



Hình 2.33: Cơ chế phát hiện lỗi

Các kỹ thuật phát hiện lỗi đều hoạt động theo nguyên tắc được biểu diễn trong hình 2.33. Đối với một khung k bit dữ liệu cho trước, máy phát tính toán các bit dư thừa như một hàm của các bit dữ liệu để tạo thành một mã phát hiện lỗi. Trong hình 2.33, thuật toán phát hiện lỗi tạo ra mã phát hiện lỗi dài $n - k$ bit, thông thường $(n - k) < k$. Mã phát hiện lỗi, cũng được gọi là các bit kiểm tra, được gắn vào khối dữ liệu k bit để tạo ra một khung n bit, sau đó được truyền đi. Máy thu tách các khung k bit dữ liệu và $(n - k)$ bit mã phát hiện lỗi. Máy thu lại tính toán mã phát hiện lỗi với cùng

một hàm như máy thu trên các bit dữ liệu và so sánh giá trị này với giá trị đến mã phát hiện lỗi được gửi đến. Nếu hai kết quả khác nhau thì kết luận có lỗi xảy ra, máy thu sẽ hủy gói tin và yêu cầu máy phát gửi lại gói tin. Nếu hai kết quả trùng nhau thì kết luận không bị lỗi, máy thu sẽ tiếp tục xử lý gói tin. Lưu ý rằng sẽ có những trường hợp gói tin bị lỗi nhưng máy thu không phát hiện ra.

2.4.2.1 Truyền dư thừa:

Hoặc còn gọi là phương pháp truyền ký tự 2 lần. Với phương pháp này, bộ phát sẽ truyền ký tự (hoặc thông điệp) đến phía thu nhưng ký tự (hoặc thông điệp) sẽ được truyền thêm một bản sao kèm theo. Như vậy, ở bộ thu sẽ so sánh nếu như hai ký tự (hoặc 2 thông điệp) nhận được kế tiếp nhau mà không giống nhau tức là có lỗi truyền xuất hiện.

Phương pháp này có nhược điểm là hiệu suất thấp vì cùng một thông điệp phải truyền 2 lần.

2.4.2.2 Truyền phản hồi

Phương pháp này yêu cầu đường truyền là song công (full duplex), phía phát sẽ truyền đến phía thu thông điệp, khi phía thu nhận được thông điệp sẽ phát lại bản sao về phía phát. Như vậy, phía phát sẽ so sánh với dữ liệu chứa trong vùng đệm để biết dữ liệu truyền là đúng hay sai.

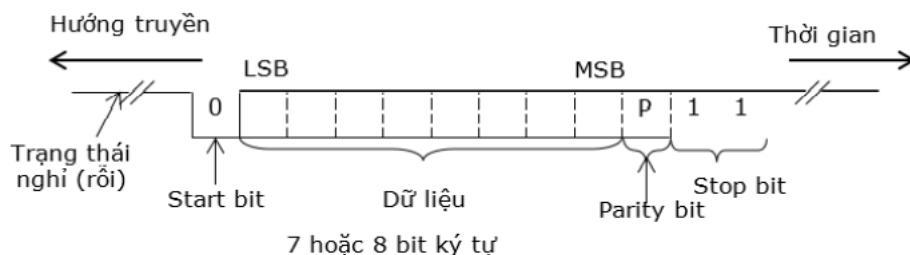
Phương pháp này có khả năng phát hiện sai rất chính xác trừ trường hợp các bit dữ liệu ở thông điệp và bản sao sai trùng nhau.

Nhược điểm của phương pháp này trường hợp ở phía thu nhận được ký tự đúng nhưng có thể truyền lại phía phát bị lỗi. Mặt khác, phương pháp yêu cầu đường truyền song công nhưng thực tế dữ liệu chỉ cần truyền theo một hướng.

2.4.2.3 Phương pháp kiểm tra chẵn lẻ (parity)

Phương pháp: trong mỗi ký tự (7 hoặc 8 bit) truyền đi, khối kiểm tra sẽ thực hiện chèn thêm một bit parity vào cuối ký tự. Giá trị parity bit là 0 hay 1 tùy thuộc vào phương pháp kiểm tra là chẵn hay lẻ.

Sơ đồ chuỗi bit của ký tự truyền:



Hình 2.34: Phương pháp kiểm tra chẵn lẻ

- **Kiểm tra chẵn:** Parity được tạo ra đảm bảo nguyên tắc tổng số bit 1 trong tất cả các bit dữ liệu và kể cả parity bit phải là một số chẵn.

$$\text{Parity bit} = b_1 \oplus b_2 \oplus b_3 \oplus b_4 \oplus b_5 \oplus b_6 \oplus b_7$$

Ví dụ:

Ký tự truyền	Mã ASCII ($b_0 b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6$)	Parity bit (P) (kiểm tra chẵn)	Từ mã truyền ($b_0 b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 p$)
A	1000001	0	1000001 0
E	1010001	1	1010001 1
V	0110101	0	0110101 0

Tại phía máy thu, nếu kiểm tra thấy tổng số bit 1 trong ký tự thu được (data và parity bit) là chẵn thì phía thu sẽ hiểu là không có lỗi xảy ra. Ngược lại, tổng số bit 1 trong ký tự thu được là lẻ thì xem như đã có lỗi xảy ra trên đường truyền.

- **Kiểm tra lẻ:** Parity được tạo ra đảm bảo nguyên tắc tổng số bit 1 trong tất cả các bit dữ liệu và kể cả parity bit phải là một số lẻ.

$$\text{Parity bit} = \overline{b_1 \oplus b_2 \oplus b_3 \oplus b_4 \oplus b_5 \oplus b_6 \oplus b_7}$$

Tại phía máy thu, nếu kiểm tra thấy tổng số bit 1 trong ký tự thu được (data và parity bit) là lẻ thì phía thu sẽ hiểu là không có lỗi xảy ra. Ngược lại, tổng số bit 1 trong ký tự thu được là chẵn thì xem như đã có lỗi xảy ra trên đường truyền.

Lưu ý: đây là phương pháp phát hiện lỗi đơn giản nhất nhưng kém hiệu quả nhất. Vì nếu tổng số bit lỗi là một số chẵn ($2, 4, 6, \dots$) thì phía thu không thể phát hiện được.

2.4.2.4 Kiểm tra tổng khối (Block sum check)

Sử dụng khi truyền dữ liệu dưới dạng một khối các ký tự. Trong kiểu kiểm tra này, mỗi ký tự truyền đi sẽ được phân phối 2 bit kiểm tra parity là parity hàng (horizontal redundancy checking) và parity cột (vertical redundancy checking). Tập các parity bit theo từng cột được gọi là ký tự kiểm tra khối BCC (Block Check Character).

Kiểm tra tổng khối sẽ khắc phục được một số nhược điểm của kiểm tra chẵn lẻ:

- Nếu trong khối ký tự truyền, có một sai sót nào đó sinh ra tại một bit bất kỳ, phía thu sẽ dựa vào các bit kiểm tra ngang và dọc sẽ phát hiện được tọa độ của bit lỗi và sửa được lỗi bit đó.
- Nếu ký tự truyền có số bit lỗi là chẵn thì parity hàng không phát hiện được, lỗi này cũng sẽ được phát hiện do parity cột.

Tuy nhiên, nếu lỗi xảy ra theo kiểu chùm 4 bit: 2 bit cùng hàng, 2 bit cùng cột thì kiểm tra khối vẫn không phát hiện được.

Pr	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	Ký tự
1	0	0	0	0	0	1	0	STX
0	1	0	0	0	0	0	1	A
0	1	0	0	0	0	1	0	B
1	1	0	0	0	0	1	1	C
0	1	0	0	0	1	0	0	D
0	0	0	0	0	0	1	1	ETX
1	1	1	1	1	0	1	0	BCC

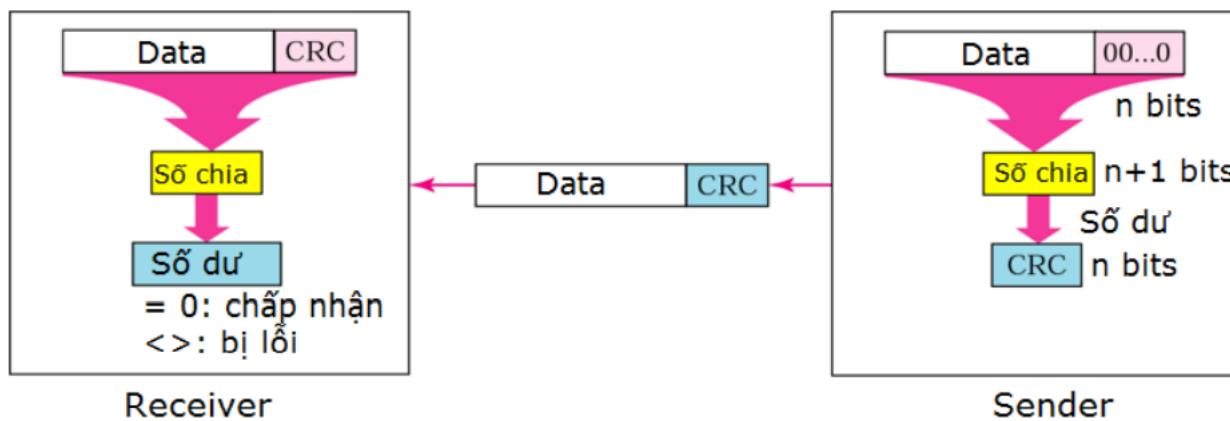
Kiểm tra cột (lẻ)

Hình 2.35: Ví dụ kiểm tra BSC

2.4.2.5 Kiểm tra sử dụng mã CRC (Cyclic redundancy check)

Nguyên lý kiểm soát lỗi dùng CRC có thể khái quát là hai phía phát và thu sử dụng cùng một đa thức sinh. Phía phát dùng đa thức sinh để tính toán từ m bit dữ liệu sẽ sinh ra r bit kiểm tra và tạo ra từ mã có độ dài n = m + r. Phía thu dùng đa thức sinh để kiểm tra xem từ mã nhận được có bị sai hay không.

Nguyên tắc: khi một khung thông tin được truyền đi, phía phát tạo ra một ký số kiểm tra khung FSC (frame sequence check) hoặc CRC, CRC được phát kèm theo phía sau của khung thông tin.



Hình 2.36: Các bước thực hiện kiểm tra lỗi dùng CRC

❖ **Cách tính CRC:** có thể thực hiện theo đa thức hoặc theo kiểu chuỗi bit nhị phân

Ở phía phát: giả sử thông điệp truyền đi M là một chuỗi bit gồm k bit. Đa thức sinh G bậc n (generator polynomial) là một chuỗi gồm (n + 1) bit có dạng như sau:

$G(x) = x^n + 1$. Khi đó ta lần lượt thực hiện các phép tính như sau:

Bước 1: Chuyển thông điệp M thành dạng đa thức $M(x)$

Nhân $M(x)$ với x^n

Bước 2: Thực hiện phép chia: $\frac{M(x)x^n}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)}$

Trong đó: $Q(x)$ là thương của phép chia

$R(x)$ là phần dư của phép chia

Bước 3: Tính đa thức $T(x)$: $T(x) = x^n \cdot M(x) + R(x)$

$T(x)$ chính là thông điệp cần truyền đi

Bước 4: Đổi từ $T(x)$ trở lại chuỗi bit. Kết quả chính là chuỗi bit truyền với các bit sau cùng là **CRC**.

Ở phía thu: việc phát hiện lỗi được thực hiện bằng cách lấy chuỗi dữ liệu thu được chia Modulo – 2 cho đa thức sinh $G(x)$ như sau:

$$\frac{T(x)}{G(x)} = \frac{M(x) \cdot n^n + R(x)}{G(x)} = \frac{M(x) \cdot n^n}{G(x)} + \frac{R(x)}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)} + \frac{R(x)}{G(x)} = Q(x) \quad (*)$$

Do trong phép toán Modulo-2 thì hai số giống nhau cộng lại bằng 0. Như vậy, nếu phần dư trong phép chia (*) bằng 0 thì phía thu xem như không có lỗi xảy ra. Ngược lại, nếu khác 0 thì phía thu phát hiện được lỗi xảy ra trong khi truyền.

Ví dụ: Thông điệp cần truyền đi là $M = 110101$, sử dụng đa thức sinh là:

$$G(x) = x^3 + 1.$$

Hãy xác định đa thức phát $T(x)$?

Giải

❖ **Tại phía phát:**

Bước 1: Ta có: $M = 110101 \Rightarrow M(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$

$$G(x) = x^3 + 1$$

$$x^3 \cdot M(x) = x^8 + x^7 + x^5 + x^3$$

Bước 2:

Cách 1: Thực hiện theo đa thức

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{c}
 \oplus \quad x^8 + x^7 + x^5 + x^3 \\
 \underline{x^8 + x^5} \\
 \oplus \quad x^7 + x^3 \\
 \underline{x^7 + x^4} \\
 \oplus \quad x^4 + x^3 \\
 \underline{x^4 + x} \\
 \oplus \quad x^3 + x \\
 \underline{x^3 + 1} \\
 x + 1 = R(x)
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l}
 x^3 + 1 \\
 \hline
 x^5 + x^4 + x + 1 = Q(x)
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Cách 2: Thực hiện theo Modulo-2

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{c}
 \oplus \quad 110101000 \\
 \underline{1001} \\
 \oplus \quad 1000 \\
 \underline{1001} \\
 \oplus \quad 1100 \\
 \underline{1001} \\
 \oplus \quad 1010 \\
 \underline{1001} \\
 011 = \text{Số dư}
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l}
 1001 \\
 \hline
 110011 = Q \Rightarrow Q(x) = x^5 + x^4 + x + 1
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Kết quả: $R(x) = x + 1 \rightarrow \text{CRC} = 011$

Bước 3: Vậy đa thức phát là: $T(x) = \underbrace{x^8 + x^7 + x^5 + x^3}_{x^3 \cdot M(x)} + \underbrace{x + 1}_{R(x)}$

Bước 4: Chuỗi bit phát là: $T = 110101 \underbrace{011}_{\text{CRC}}$

❖ **Tại phía thu:**

Ví dụ:

$$\begin{array}{r}
 x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \quad | \quad x^3 + 1 \\
 110101011 \quad | \quad 1001 \\
 \oplus 1001 \\
 \hline
 1000 \\
 \oplus 1001 \\
 \hline
 1101 \\
 \oplus 1001 \\
 \hline
 1001 \\
 \oplus 1001 \\
 \hline
 000 = R \Rightarrow R(x) = 0
 \end{array}$$

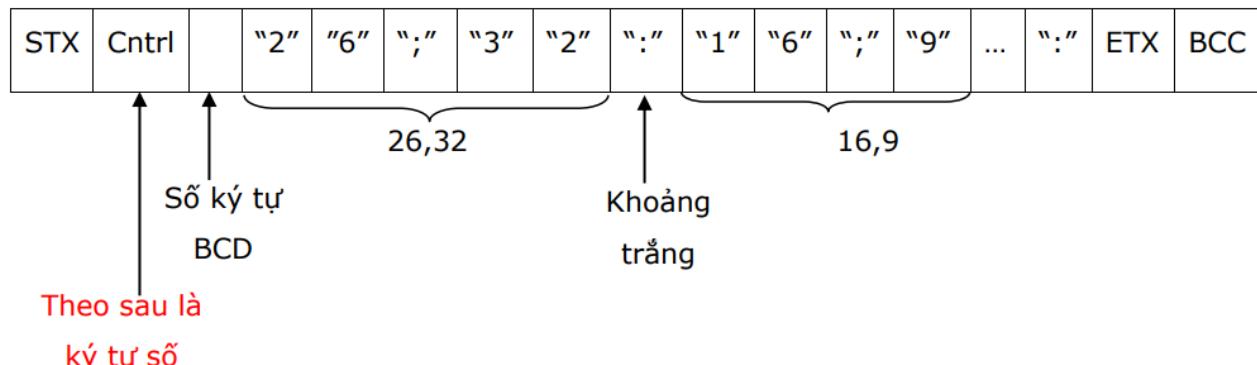
→ Kết quả thu được là đúng.

2.5 NÉN SỐ LIỆU (DATA COMPRESSION)

Trong truyền số liệu, để tiết kiệm thời gian truyền các thông tin có kích thước lớn người ta tìm cách nén kích thước thông tin lại theo những cách khác nhau sao cho ở đầu thu có thể nhận lại được thông tin đúng và đầy đủ. Số bit có thể giảm được tùy theo phương pháp nén.

2.5.1 Packed Decimal

Trong trường hợp khung truyền chỉ gồm các ký tự chữ số, ta có thể mã hóa 4 bit BCD thay cho 7 bit của mã ASCII. Cấu trúc khung truyền được trình bày như hình 2.37



Hình 2.37: Nén Packed decimal

Trường hợp là truyền đồng bộ định hướng ký tự, nếu một cặp số BCD gồm 0 và 3 sẽ tương ứng với ký tự ETX, do vậy phải dùng ký tự Ctrl để chỉ ra sau là số BCD, tương tự byte tiếp theo chỉ ra số lượng số BCD theo sau. Ký tự ";" chỉ ra dấu phẩy thập phân và ký tự ":" chỉ ra khoảng cách giữa hai số BCD.

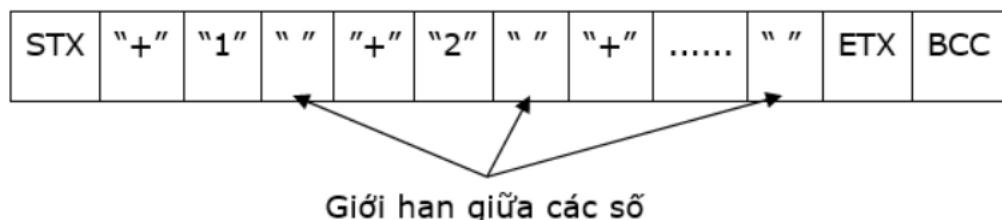
2.5.2 Mã hóa tương đối (Relative coding)

Trong trường hợp truyền các ký tự số, trong đó giá trị các số liên tiếp sai biệt nhau tương đối nhỏ, ta có thể dùng phương pháp mã hóa tương đối.

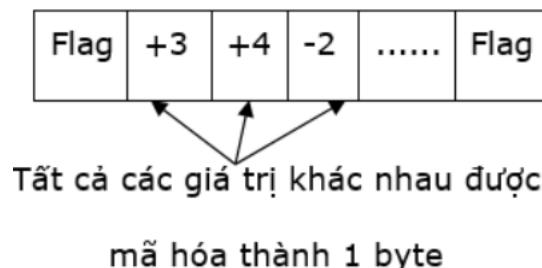
Ví dụ, nếu giám sát từ xa mực nước của một con sông, thường đọc mức nước theo các khoảng thời gian thiết lập trước và lưu trữ trước khi truyền, vì có sự thay đổi chậm về số liệu theo thời gian nên trong các trường hợp như vậy không cần truyền giá trị tuyệt đối mà chỉ cần truyền giá trị tương đối so với giá trị chuẩn.

Cấu trúc khung truyền định hướng ký tự hoặc định hướng bit như được trình bày trong hình 2.38:

a./ Khung định hướng ký tự:



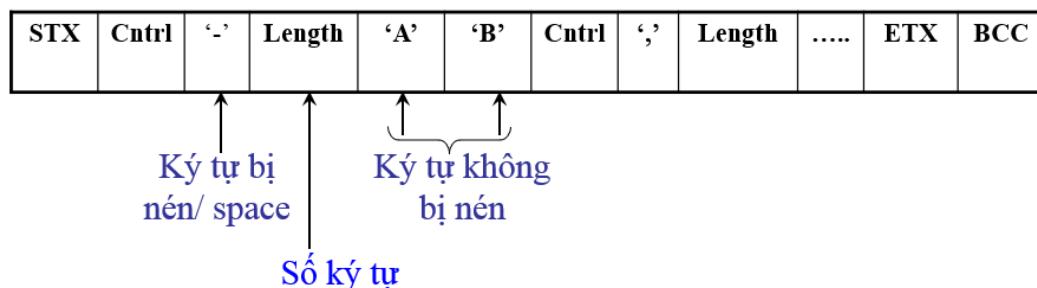
b./ Khung định hướng bit:



Hình 2.38: Mã hóa tương đối

2.5.3 Nén ký tự

Thông thường khi khung truyền chứa các ký tự in được và lặp lại liên tục nhiều lần thì có thể sử dụng nén các ký tự lặp lại này. Thiết bị điều khiển tại phía máy phát sẽ quét nội dung của khung trước khi truyền và nếu có một chuỗi 3 hay nhiều hơn các ký tự liên tiếp được xác định thì chúng sẽ được thay thế bởi tuần tự 3 ký tự như được chỉ ra trên hình sau:



Ký tự Cntrl dùng để chỉ báo ký tự tiếp theo là ký tự bị nén

TÓM TẮT

Các khái niệm cơ bản

- Các phương thức truyền tin
- Các hình thức truyền
- Các loại mã truyền
- Các đơn vị dữ liệu
- Các cấu hình kết nối cơ bản

Truyền dữ liệu bất đồng bộ

- Đặc điểm truyền dữ liệu bất đồng bộ
- Quá trình truyền dữ liệu: đồng bộ bit, đồng bộ ký tự, đồng bộ khung

Truyền dữ liệu đồng bộ

- Đặc điểm truyền dữ liệu đồng bộ
- Truyền đồng bộ định hướng ký tự
- Truyền đồng bộ định hướng bit

Các phương pháp phát hiện và sửa lỗi

- Phương pháp kiểm tra chẵn lẻ (parity)
- Kiểm tra tổng khối (Block sum check)
- Kiểm tra sử dụng mã CRC (Cyclic redundancy check)

Nén số liệu

- Nén Packed Decimal
- Mã hóa tương đối (Relative coding)
- Nén ký tự

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

Câu 1: Máy phát và máy thu sử dụng giao thức truyền bắt đồng bộ 9600 7 E 1.

Máy phát muốn truyền đến máy thu 1 thông điệp “KTCN” sử dụng mã ASCII.

- Hỏi máy thu nhận được khung tin gì?
- Giả sử các ký tự truyền là liên tiếp nhau, hãy vẽ tín hiệu máy phát phát đi trên đường truyền.
- Tính thời gian truyền.
- Tính hiệu suất truyền

Câu 2: Cho chuỗi bit dữ liệu được phát đi như sau:

- 10000111000000001101.
- 1110000000011000011

Hãy vẽ dạng tín hiệu được truyền đi sau khi các chuỗi bit này được mã hoá với các loại mã: AMI, HDB3, B8ZS. Biết rằng các bit dữ liệu là bắt đầu khung.

Câu 3: Cho chuỗi data như sau: 1010000101011000000001... Vẽ dạng tín hiệu của các loại mã sau: NRZ, NRZI, AMI, HDB3, B8ZS.

Câu 4: Để phát hiện lỗi trên đường truyền số liệu người ta sử dụng mã CRC có đa thức sinh là $G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$.

- Cho chuỗi bit dữ liệu là $M = 1010001101$. Tìm chuỗi bit được phát đi.
- Giả sử chuỗi bit dữ liệu thu được bị sai tại vị trí bit thứ 3, 5, 6 (tính từ phải sang trái). Hỏi thiết bị thu có phát hiện được hay không?

Câu 5: Sử dụng mã CRC (7,4) đa thức sinh là $G(x) = x^3 + x + 1$, dữ liệu cần truyền $M = 1111$.

- Tìm chuỗi bit được phát đi

- b. Nếu từ mã thu được là 1100110. Cho biết phía thu sẽ phát hiện sai như thế nào?
- c. Hãy tìm 2 đa thức nhiễu trên đường truyền để phương pháp kiểm tra này không phát hiện được lỗi.

Câu 6: Để phát hiện sai trong quá trình truyền dữ liệu, người ta sử dụng phương pháp kiểm tra BSC (giả sử kiểm tra Parity theo hàng và theo cột đều là chẵn). Giả sử các ký tự cần phát đi là: **LUCKY** (ASCII - 7 bit)

- a. Hãy cho biết máy thu nhận được khung tin gì?
- b. Tính thời gian cần thiết để có thể truyền hết khung dữ liệu này. Cho biết thời gian để tải một ký tự vào thanh ghi dịch là 1.2ms và đường truyền nối tiếp bất đồng bộ sử dụng 1.5 bit stop, tốc độ 9600bps.

Câu 7: Máy phát và máy thu sử dụng giao thức truyền đồng bộ định hướng bit.

Máy phát truyền cho máy thu một thông điệp như sau: 11010101

Để phát hiện lỗi trên đường truyền số liệu, người ta sử dụng mã CRC có đa thức sinh: $G(x) = x^4 + x^3 + x + 1$

- a. Hãy cho biết máy thu nhận được khung tin gì?
- b. Giả sử máy thu nhận được dữ liệu là chuỗi bit sau: 110101101110.

Hỏi chuỗi bit dữ liệu có bị lỗi không? Giải thích.

Câu 8: Cho chuỗi bit dữ liệu sau: 101111100001. Máy phát và máy thu sử dụng phương pháp truyền dữ liệu đồng bộ định hướng bit.

- a. Hãy cho biết máy thu nhận được khung tin gì?
- b. Vẽ dạng tín hiệu trên đường truyền cho các loại mã sau: NRZ, NRZI, AMI, HDB3.

BÀI 3: CÁC CƠ SỞ CỦA GIAO THÚC (PROTOCOL BASICS)

3.1 TỔNG QUAN

Ở nội dung các bài trước đã đề cập đến các vấn đề truyền khung thông tin từ phía phát đến phía thu và các kỹ thuật để phía thu xác định xem có lỗi xảy ra trong quá trình truyền dữ liệu hay không. Nội dung bài này sẽ đề cập đến những nghi thức cơ sở làm nền tảng truyền dữ liệu, và một phần giao thức điều khiển tuyến dữ liệu (data link control protocol).

Truyền dữ liệu được phân thành 2 kiểu: truyền thông không định hướng và truyền thông có định hướng.

- **Truyền thông không định hướng** (connectionless mode transmission hay còn gọi là best - try transmission). Với kiểu truyền này, nếu trong quá trình thu dữ liệu mà phát hiện ra lỗi thì nội dung của cả khối dữ liệu sẽ bị bỏ qua.
- **Truyền thông định hướng**: còn gọi là truyền thông tin cậy (connection - oriented hay reliable transmission). Với kiểu truyền này, sau khi phát hiện ra lỗi thì cả hai phía thu và phát sẽ thực thi theo một qui luật thực hiện việc truyền lại đảm bảo thông tin được thu một cách tin cậy. Để thực hiện điều này, thiết bị điều khiển tại đích phải thông báo với máy phát khi phát hiện một lỗi truyền và yêu cầu máy phát gửi lại một bản copy khác của khung bị lỗi. Chu kỳ phối hợp phát hiện và sửa lỗi được gọi là kiểm soát lỗi.

3.2 KIỂM SOÁT LỖI

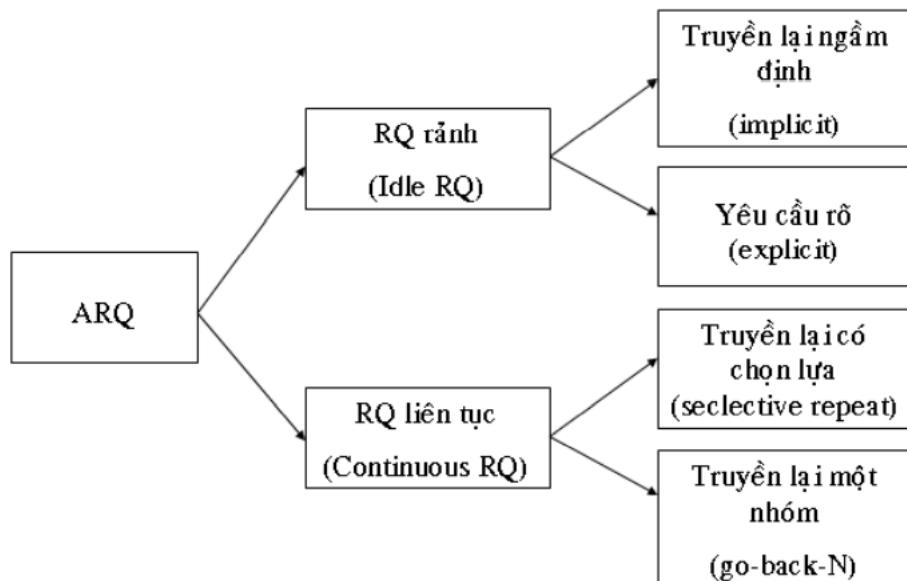
- Kiểm soát lỗi bằng tay:**

Khi nhập dữ liệu vào máy tính từ bàn phím, nếu ký tự hiện lên màn hình khác với ký tự đã gõ. Khi đó, người dùng chỉ cần gõ vào một ký tự điều khiển xoá thích hợp thì chương trình điều khiển sẽ loại bỏ ký tự nhập vào và xoá khỏi màn hình. Chế độ kiểm soát lỗi này được gọi là kiểm soát lỗi bằng tay.

- Kiểm tra dội lại (echo checking):**

Khi một thiết bị đầu cuối kết nối đến máy tính ở xa thông qua mạng PSTN và một modem. Thay vì, mỗi ký tự được hiển thị một cách trực tiếp lên màn hình của thiết bị đầu cuối, trước tiên nó lại truyền đến máy tính đầu xa. Sau đó ký tự lại được máy tính đầu xa đọc, lưu giữ và truyền trở lại đầu cuối để hiển thị ra màn hình. Nếu ký tự hiện lên màn hình khác khác với ký tự đã gõ thì người dùng khởi động truyền một ký tự xóa thích hợp. Chế độ kiểm soát lỗi này được gọi là kiểm tra dội lại.

- Kiểm soát lỗi tự động:**



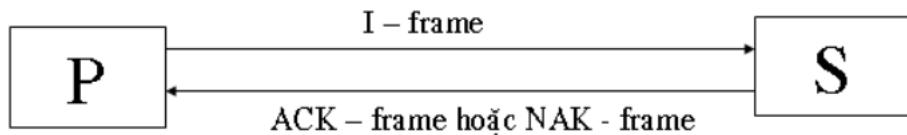
Hình 3.1: Phân loại các kiểu RQ

Đối với việc truyền dữ liệu, khi một thiết bị đầu cuối truyền các khối ký tự hay các khung dữ liệu qua một liên kết số liệu nối tiếp đến một thiết bị đầu cuối

khác. Nếu thiết bị đầu cuối đích thực hiện việc kiểm soát lỗi một cách tự động mà không có sự can thiệp của người dùng thì được gọi là ARQ (Automatic Repeat Request).

ARQ được phân làm 2 loại chính như hình 3.1:

- ✓ Primary – P (phía sơ cấp): là phía phát các khung dữ liệu.
- ✓ Secondary – S (phía thứ cấp): phía thu nhận các khung dữ liệu từ P.
- ✓ I-frame (Information frame): khung thông tin là các khung chứa dữ liệu phía phát truyền cho phía thu. Trong mỗi khung thông tin chứa số thứ tự của khung thông tin đó – I(N).
- ✓ ACK-frame (Acknowledge frame): là những khung được S truyền đến P để báo là đã nhận được dữ liệu tốt (không bị lỗi)
- ✓ NAK-frame (Negative Acknowledge frame): là những khung được S truyền đến P để báo là nhận được khung dữ liệu bị lỗi



Hình 3.2: chiêu truyền tin của P và S

3.3 IDLE RQ

3.3.1 Đặc điểm

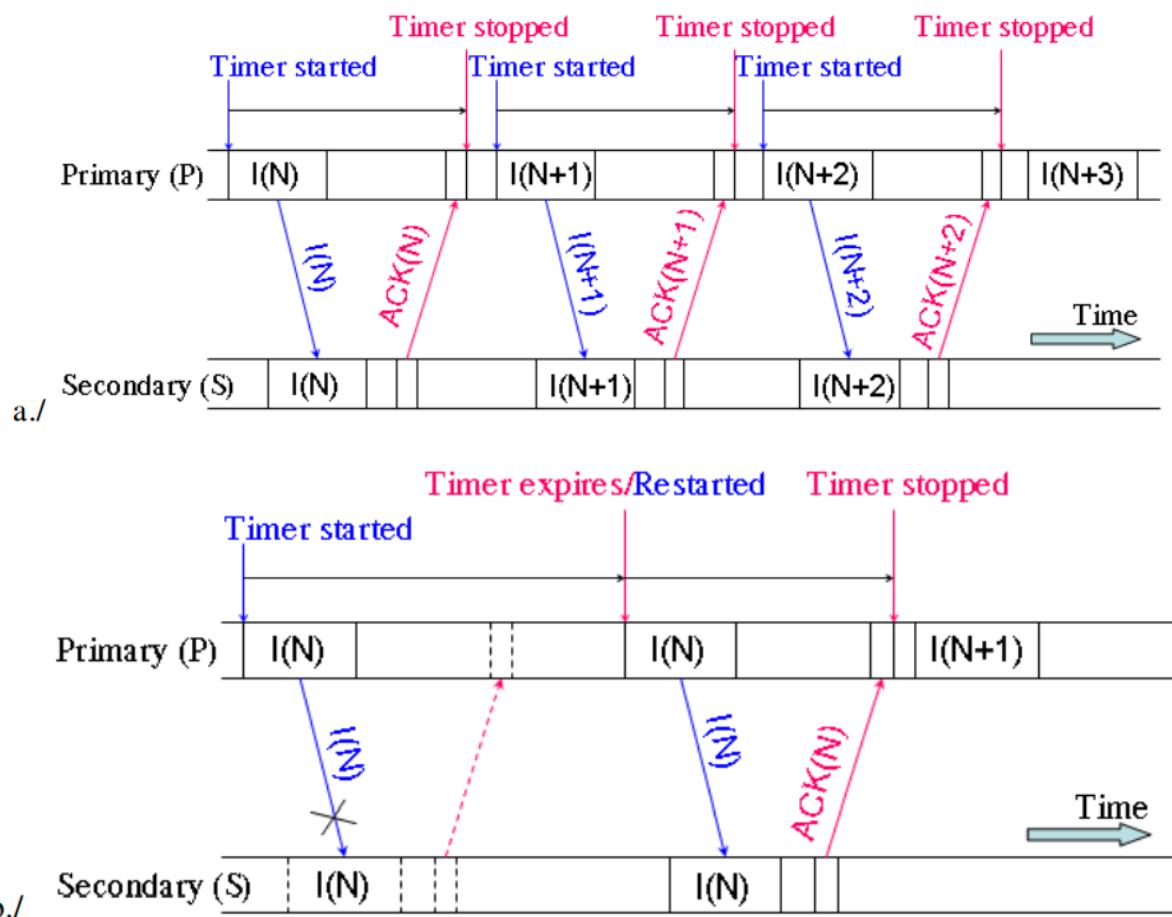
Sử dụng trong kiểu truyền dữ liệu định hướng ký tự

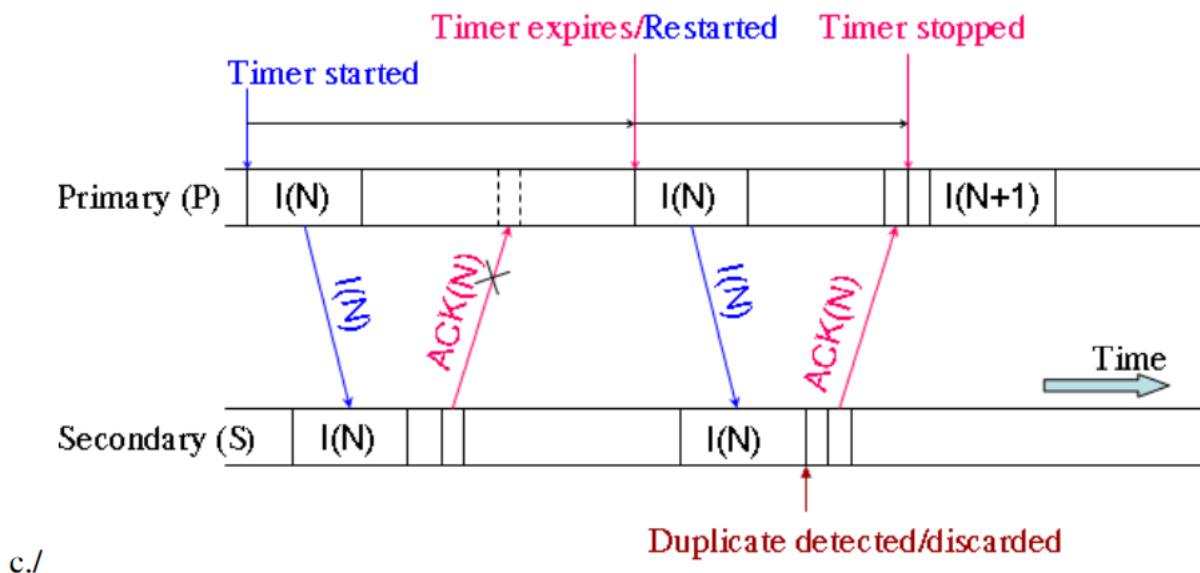
Hoạt động theo chế độ bán song công, vì sau khi P gửi một I-frame, nó phải đợi cho đến khi nhận một thông báo từ phía S cho biết I-frame đó nhận được thành công hay không. Sau đó, P gửi I-frame kế tiếp nếu khung trước đó được nhận đúng hoặc truyền lại khung cũ nếu I-frame không được nhận thành công.

Có 2 loại Idle RQ:

- + Truyền lại ngầm định (không tường minh – Implicit retransmission): S báo ACK-frame nếu nhận được I-frame đúng và sẽ không báo ACK-frame nếu nhận sai. Do đó, nếu P không nhận được ACK-frame thì hiểu là I-frame đã bị lỗi và phải truyền lại. Thời gian chờ ACK-frame của P được xác định trước và không được lâu hơn thời gian quá hạn (time expires).
- + Truyền lại tường minh (yêu cầu rõ – Explicit retransmission): S báo ACK-frame nếu nhận I-frame đúng và báo NAK-frame nếu nhận I-frame bị lỗi.

3.3.2 Idle ngầm định



**Hình 3.3: Idle RQ không tường minh**

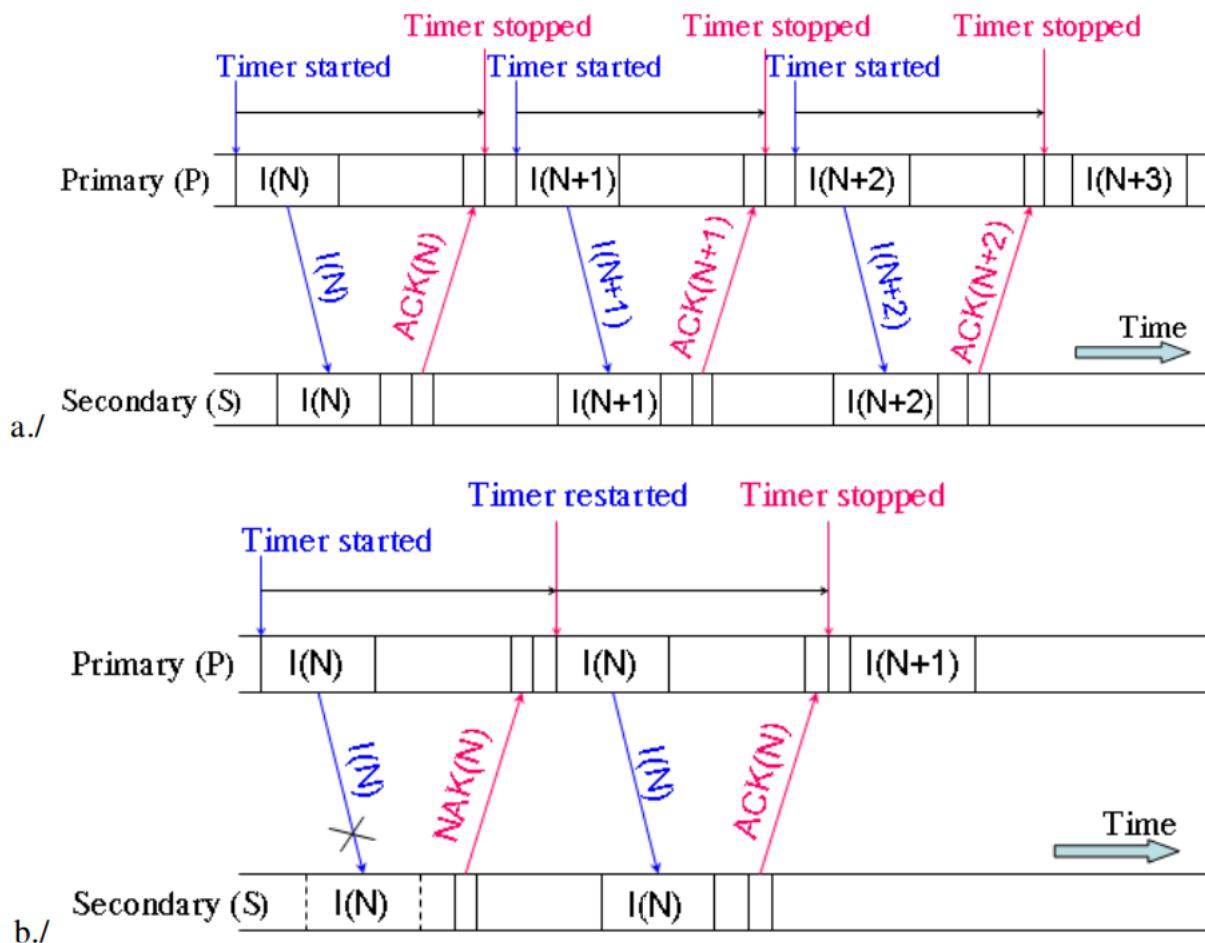
- a./ Truyền đúng
- b./ I-frame bị lỗi
- c./ ACK-frame bị lỗi

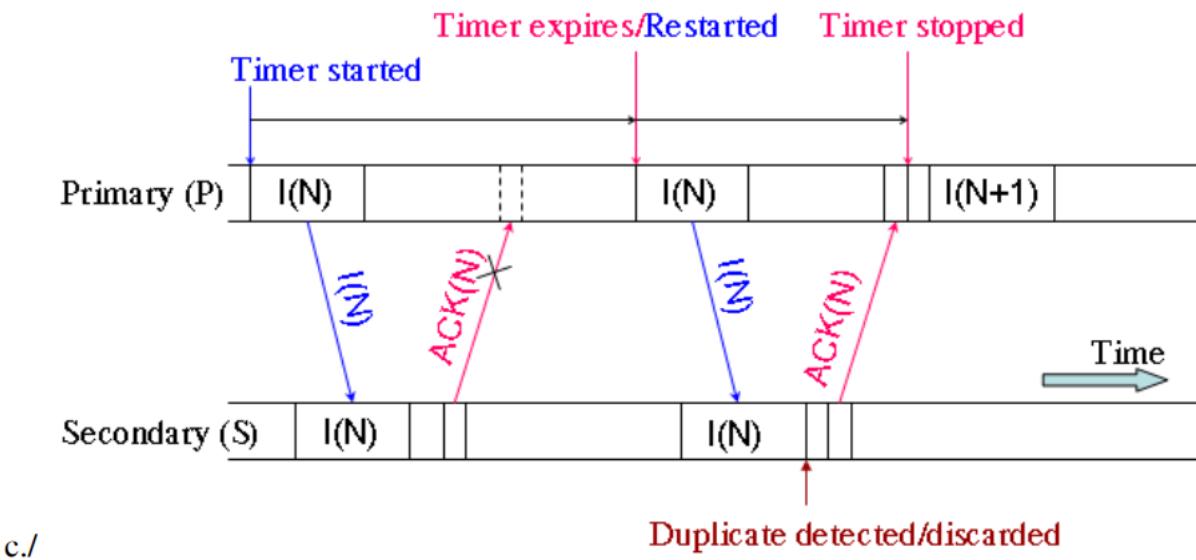
- P chỉ có một I-frame đang chờ ACK-frame tại một thời điểm.
- Khi nhận một I-frame không bị lỗi. S truyền về P một ACK-frame. Khi P nhận được ACK-frame của khung I(N), P sẽ tiếp tục truyền đi khung kế tiếp I(N+1).
- Khi S nhận được một I-frame bị lỗi, S sẽ bỏ qua và không gởi lại ACK-frame.
- Khi P bắt đầu truyền I-frame, nó sẽ khởi động bộ định thời, nếu quá khoảng thời gian giới hạn thì P sẽ truyền lại I-frame đó.
- Nếu P không nhận được một ACK-frame trong khoảng thời gian định trước thì P sẽ truyền lại I-frame đó nhưng S sẽ loại bỏ bằng sao này do bị trùng lặp. Điều này thực hiện được là do trong mỗi I-frame P đều truyền kèm theo chỉ số tuần tự của khung.

3.3.3 Idle tường minh

- S sẽ trả về ACK-frame nếu nhận I-frame đúng.

- Nếu P nhận được ACK-frame thì P sẽ dừng bộ định thời và khởi động lại đường truyền để truyền I-frame khác.
- Nếu S nhận được một I-frame bị lỗi thì I-frame đó sẽ bị loại và S sẽ trả lời bằng một NAK-frame.
- Nếu P không nhận được một ACK-frame (hoặc NAK-frame) trong khoảng thời gian định trước thì P sẽ truyền lại I-frame đó nhưng S sẽ loại bỏ bằng sao này do bị trùng lặp.





Hình 3.4: Idle RQ tường minh

- a./ Truyền đúng
- b./ I-frame bị lỗi
- c./ ACK-frame bị lỗi

Nhận xét: Với kiểu truyền tường minh thì tăng hiệu quả về thời gian hơn so với kỹ thuật truyền không tường minh vì thời gian S truyền NAK-frame về P ngắn hơn nhiều so với thời gian quá hạn trong kiểu truyền không tường minh.

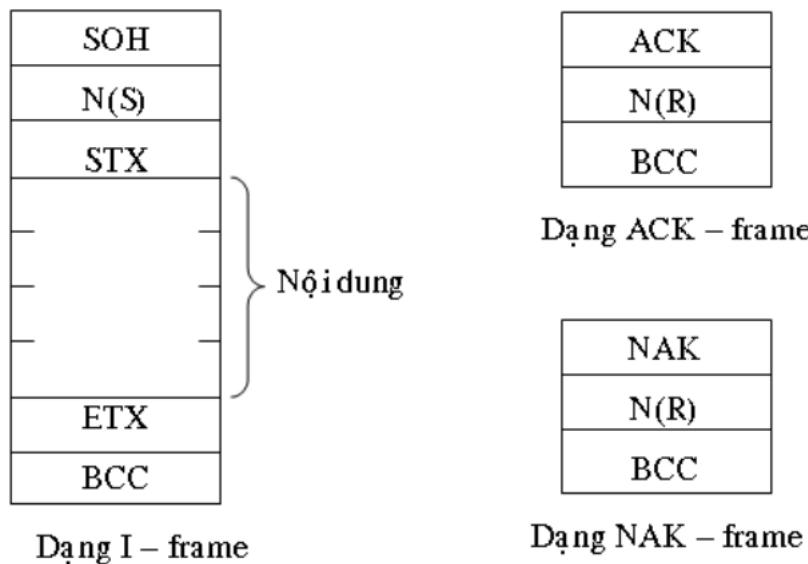
Đặc điểm chung của Idle RQ là sau khi P gửi một I-frame, P phải chờ cho đến khi nhận được ACK-frame tương ứng từ S. Do đó, kiểu truyền này còn được gọi là dừng và chờ (stop and wait).

3.3.4 Cấu trúc khung của Idle RQ

Trong cả hai nguyên lý truyền trên (truyền lại ngầm định và yêu cầu rõ) đều có trường hợp S nhận được I-frame và bắn sao đều tốt và S phải loại bỏ bớt một. Như vậy, để S có thể phân biệt hai I-frame nhận được là khác nhau thì cần có cơ chế đánh số. Chỉ số tuần tự trong mỗi I-frame được gọi là chỉ số tuần tự gửi N(S) (send sequence number) và chỉ số tuần tự trong mỗi ACK-frame hay NAK-frame được gọi là chỉ số tuần tự nhận N(R) (receive sequence number). Tương tự như cấu trúc khung truyền bất đồng bộ, các ký tự điều khiển vẫn được sử dụng là: SOH, STX, ETX.

Mỗi I-frame phải chứa một chỉ số tuần tự tại sau SOH. Ký tự SOH được chèn vào đầu một khối hoàn chỉnh để báo hiệu bắt đầu một I-frame mới. Tiếp theo là cấu trúc thông thường như truyền bắt đồng bộ với BCC dùng kiểm tra tổng khối để phía thu biết là nhận được khung đúng hay bị lỗi.

Các khung ACK và NAK được dùng cho mục đích báo nhận, theo sau là chỉ số tuần tự thu. Các khung này cũng dùng phương pháp kiểm tra tổng khối BCC. Cả 3 loại khung: I-frame , ACK-frame, NAK-frame đều được gọi là đơn vị dữ liệu giao thức PDU (protocol data unit) của giao thức Idle RQ.

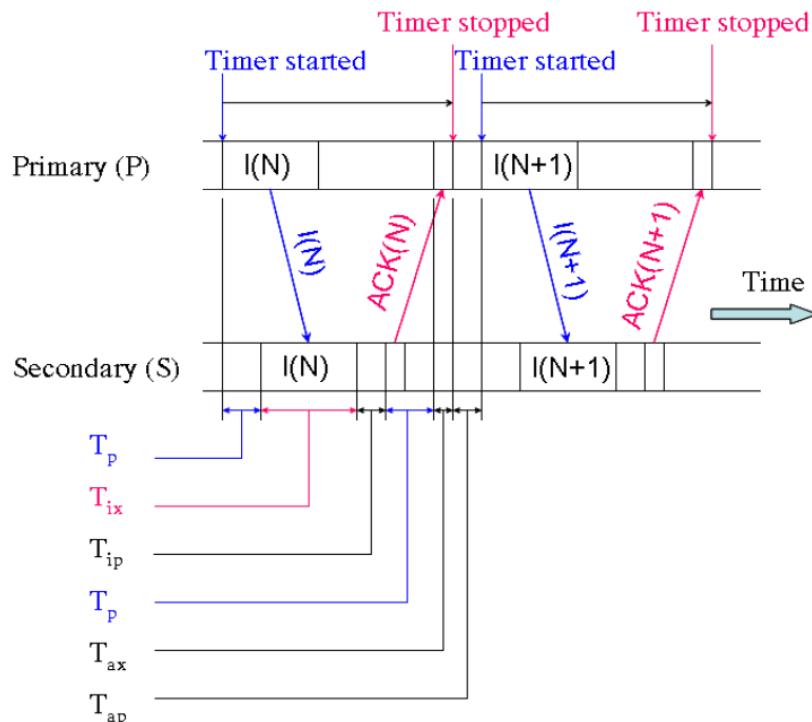


Hình 3.5: Các cấu trúc khung của Idle RQ

3.3.5 Hiệu suất sử dụng liên kết

Xét một khung thứ N được truyền từ P đến S và không bị lỗi. S sau khi xử lý và truyền ACK-frame về P. Các khoảng thời gian cần quan tâm như sau:

- + T_p (Propagation delay): thời gian sóng điện từ lan truyền từ P→S hoặc ngược lại
- + T_{tx} (Transmission time): thời gian để truyền một khung từ P→S.
- + T_{ip} : thời gian để xử lý khung tại S
- + T_{ax} : thời gian truyền ACK-frame từ S→P
- + T_{ap} : thời gian xử lý ACK-frame tại P



Hình 3.6: Các khoảng thời gian xử lý trong việc truyền dẫn

a. Trường hợp truyền dẫn là lý tưởng (tức không có lỗi xảy ra):

Gọi T_t là thời gian tổng để hoàn thành việc truyền một I-frame và xử lý xong ACK-frame. Khi đó: $T_t = T_{ix} + 2.T_p + T_{ap} + T_{ip} + T_{ax}$

Thông thường, T_{ap} , T_{ip} và T_{ax} rất nhỏ so với T_p và T_{ix} . Do đó: $T_t = T_{ix} + 2.T_p$

Lưu ý: T_{ix} là thời gian truyền khung dữ liệu, phụ thuộc vào tốc độ truyền (bps)

T_p là thời gian trễ do sóng điện từ lan truyền từ P→S hoặc ngược lại, phụ thuộc vào tốc độ lan truyền sóng (m/s) và khoảng cách (m) giữa P và S.

Khi đó, hiệu suất sử dụng đường truyền được định nghĩa là:

$$U = \frac{T_{ix}}{T_t} = \frac{T_{ix}}{T_{ix} + 2.T_p} = \frac{T_{ix}}{T_{ix}(1 + 2 \cdot \frac{T_p}{T_{ix}})}$$

Đặt:

$$a = \frac{T_p}{T_{ix}} \Rightarrow U = \frac{1}{1 + 2.a}$$

Nhận xét:

- Với tuyến thông tin có tốc độ truyền tin thấp thì T_{ix} rất lớn $\rightarrow a$ rất nhỏ \rightarrow hiệu suất liên kết cao ($\approx 100\%$).
- Ngược lại, với tuyến thông tin có tốc độ truyền tin cao và khoảng cách xa thì T_{ix} rất nhỏ, T_p rất lớn $\rightarrow a$ rất lớn \rightarrow hiệu suất liên kết thấp.

Vì vậy, giao thức Idle RQ phù hợp trong trường hợp tuyến liên kết có khoảng cách ngắn và tốc độ truyền thấp.

b. Trường hợp truyền dẫn là không lý tưởng (tức là có lỗi xảy ra), thì các khung bị lỗi phải thực hiện việc truyền lại. Giả sử, mỗi khung được truyền lại trung bình là N_r lần. Khi đó: $T_t = (T_{ix} + 2 \cdot T_p) \cdot N_r = N_r T_{ix} + 2 \cdot T_p \cdot N_r$

Hiệu suất sử dụng liên kết:

$$U = \frac{T_{ix}}{T_t} = \frac{T_{ix}}{N_r \cdot T_{ix} + 2 \cdot N_r \cdot T_p} = \frac{1}{N_r \cdot (1 + 2 \cdot \frac{T_p}{T_{ix}})} = \frac{1}{N_r \cdot (1 + 2 \cdot a)}$$

Giá trị N_r có thể được tính từ tỉ lệ bit lỗi P của đường truyền. Gọi P là xác suất 1 bit bị lỗi. Khi đó, xác suất 1 bit đúng là $1 - P \rightarrow$ Xác suất một khung đúng là $(1 - P)^{N_i}$, với N_i là chiều dài khung. Nếu gọi P_f là xác suất một khung thu được bị lỗi thì: $P_f = 1 - (1 - P)^{N_i} \approx N_i \cdot P$ (nếu $N_i \cdot P << 1$).

\Rightarrow Xác suất một khung đúng là: $1 - P_f = (1 - P)^{N_i}$. Do vậy: $N_r = \frac{1}{1 - P_f}$

Hiệu suất liên kết: $U = \frac{1 - P_f}{1 + 2 \cdot a}$

3.4 CONTINUOUS RQ (RQ LIÊN TỤC)

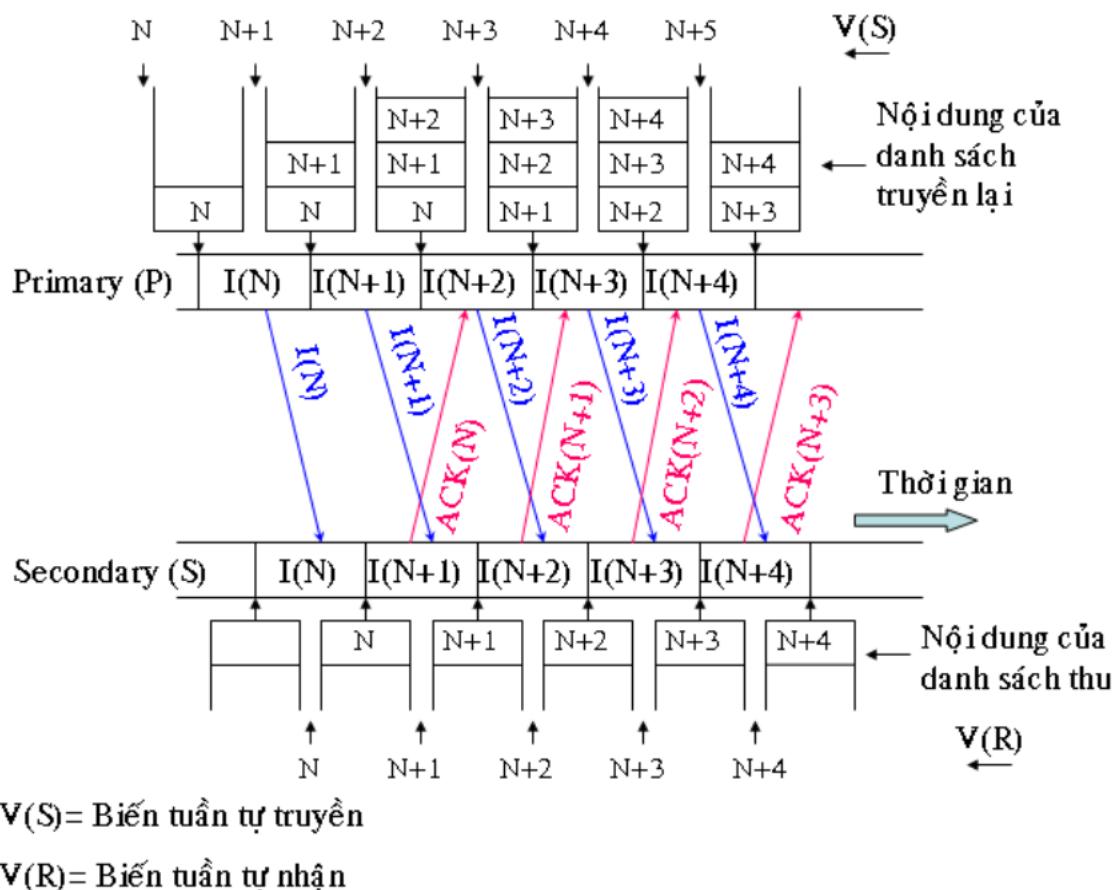
3.4.1 Đặc điểm

P truyền các I-frame tới S một cách liên tục mà không dừng lại để chờ ACK-frame truyền về từ S.

Vì có nhiều hơn một I-frame đang chờ xác nhận ACK nên P giữ lại một bản sao của mỗi I-frame trong danh sách truyền lại (hoạt động theo nguyên tắc FIFO) cho tới khi P nhận được ACK-frame tương ứng của khung đó truyền về từ S. Lúc đó, P sẽ loại bỏ I-frame tương ứng ra khỏi danh sách.

S trả về ACK-frame cho mỗi I-frame nhận đúng.

S thu giữ một danh sách thu, chưa đựng định danh của I-frame cuối cùng nhận đúng.



Hình 3.7: Tuần tự khung của Continuous RQ

Trong trường hợp có lỗi xảy ra trong quá trình truyền dẫn, có 2 cách truyền lại được áp dụng như sau:

- S phát hiện và yêu cầu P truyền lại chỉ những khung bị lỗi. Kiểu truyền này được gọi là truyền lại có lựa chọn (Selective – Repeat).
- S phát hiện và yêu cầu P truyền lại những khung chưa được trả lời ACK, nghĩa là tất cả các khung kể từ khung cuối cùng nhận đúng. Kiểu truyền này được gọi là truyền lặp lại N (Go – back - N)

3.4.2 Truyền lại có lựa chọn

Giống như nguyên lý kiểm soát lỗi Idle RQ, truyền lại có lựa chọn có thể được thực hiện theo một trong 2 cách:

- Truyền lại có lựa chọn không tường minh (S chỉ gửi về các ACK-frame)
- Truyền lại có lựa chọn tường minh (S gửi về hoặc là ACK hoặc là NAK-frame)

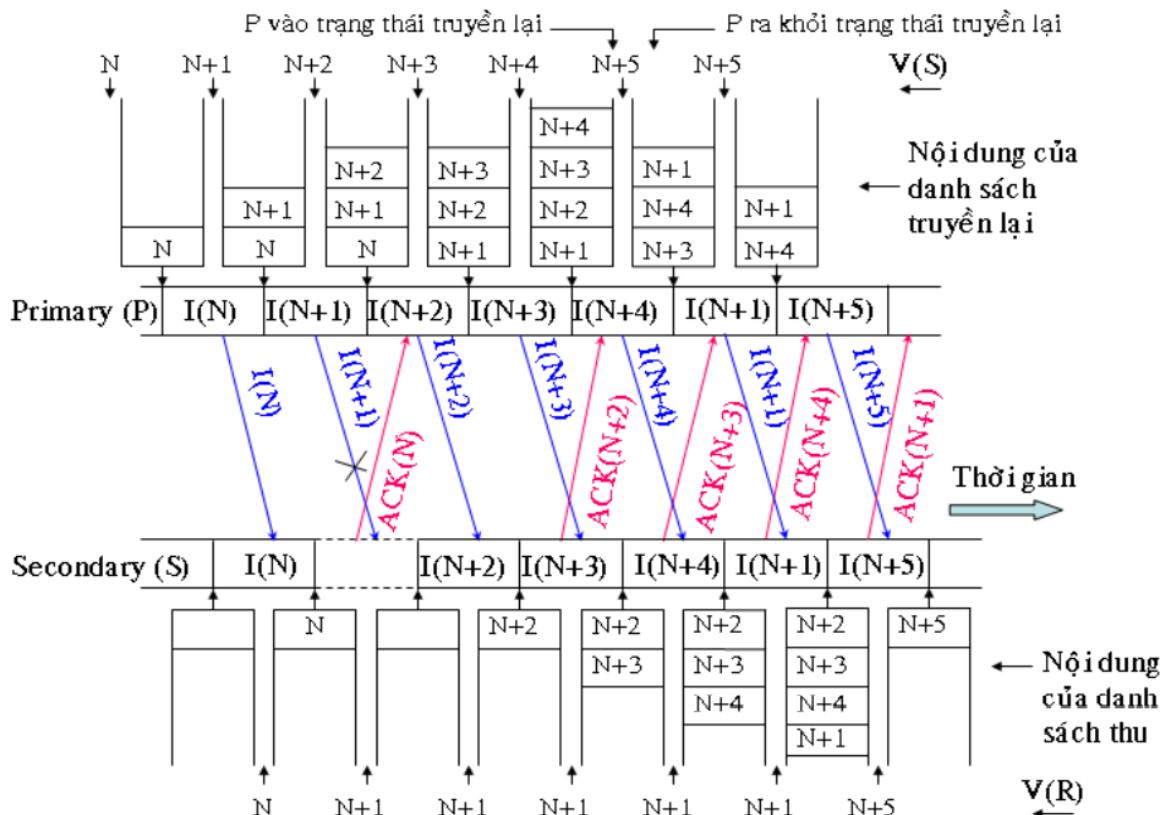
a. Truyền lại có lựa chọn không tường minh

➤ Nếu khung I bị lỗi:

- Giả sử I-frame thứ N + 1 bị lỗi
- S trả về ACK-frame cho các I-frame N, N + 2, N + 3,...

Khi P nhận được ACK(N+2), P phát hiện ACK của I-frame N + 1 chưa nhận được → nghĩa là bị lỗi → P vào trạng thái truyền lại. Ở trạng thái này, việc truyền lại một khung mới bị hoãn lại cho đến khi tất cả các khung không được báo nhận đều đã được truyền lại.

- P xóa I-frame N + 2 ra khỏi bộ đệm và truyền lại I-frame N+1 trước khi truyền khung N + 5.
- Khi nhận được I-frame N + 1, nội dung của các I-frame được xếp hàng trong danh sách liên kết nhận được S phân phối đến LS – user theo đúng tuần tự. (LS: link Service).

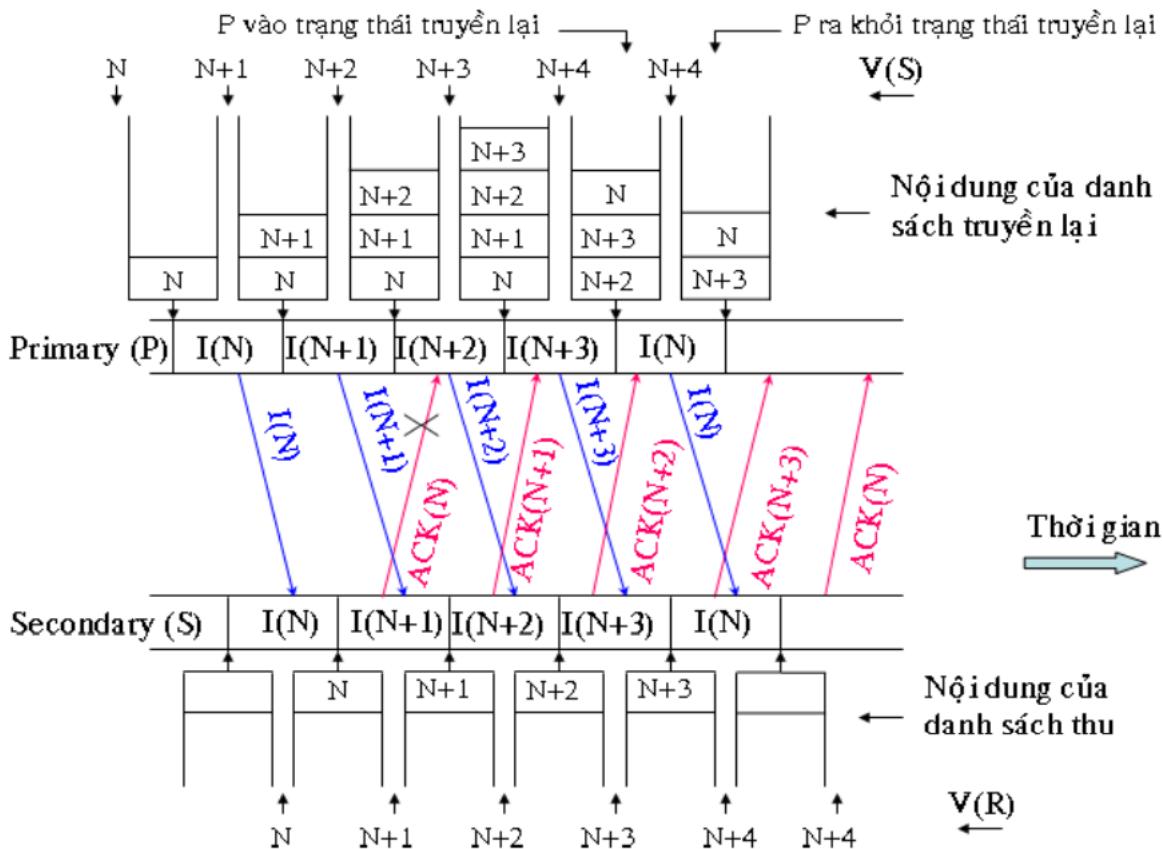


Hình 3.8: truyền lại có lựa chọn – không tường minh – I-frame bị lỗi

➤ **Nếu ACK-frame bị lỗi:**

- Giả sử ACK-frame thứ N bị lỗi
- Khi nhận được ACK-frame thứ N + 1, P phát hiện ACK(N) chưa nhận được → nghĩa là I-frame thứ N bị lỗi. Do đó, P truyền lại I-frame thứ N.
- Khi P nhận được I(N) lần thứ 2, S xác định được sự trùng lặp và do đó sẽ bỏ qua.

Tuy nhiên, S vẫn truyền trả về ACK-frame thứ N để đảm bảo P xóa I-frame thứ N ra khỏi bộ đệm...



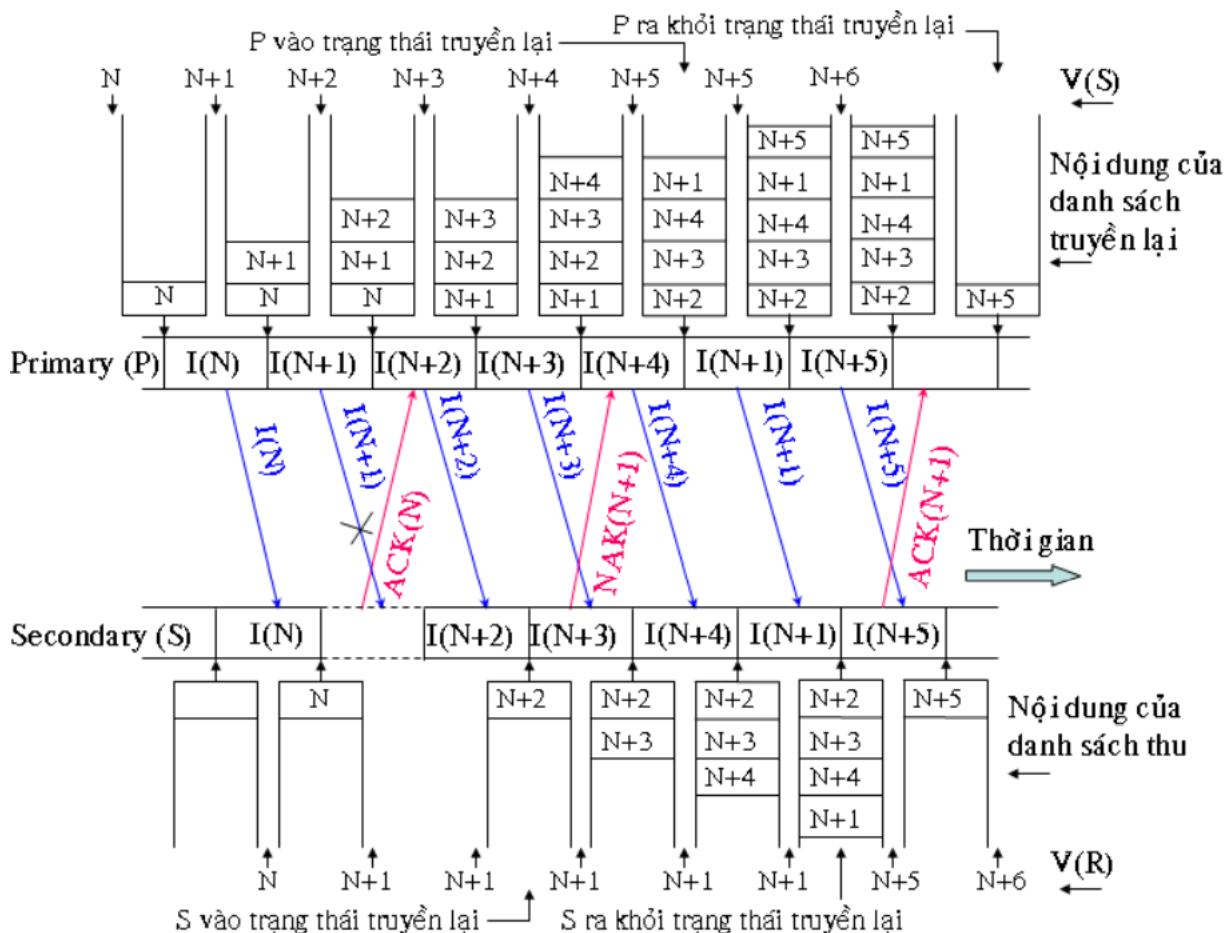
Hình 3.9: truyền lại có lựa chọn – không tường minh – ACK-frame bị lỗi

b. Truyền lại có lựa chọn tường minh: S báo ACK-frame cho tất cả các khung nhận đúng

➤ **Nếu khung I bị lỗi:**

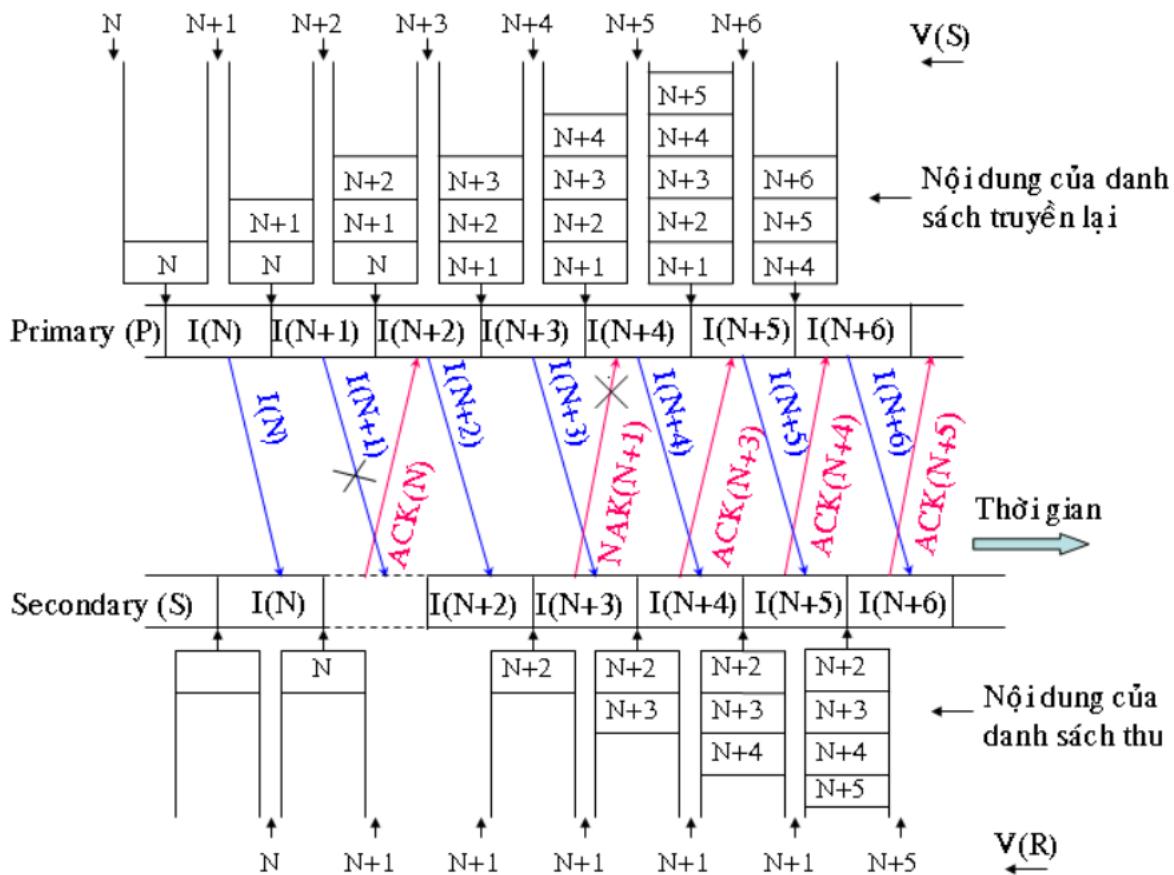
- Giả sử I-frame thứ $N + 1$ bị lỗi
- S trả về ACK-frame cho frame N .
- Khi S nhận được I-frame thứ $N+2$, S sẽ hiểu rằng I-frame $N + 1$ bị lỗi \rightarrow S sẽ gửi NAK-frame $N + 1$ về P (P xem như S vẫn còn đang đợi I-frame $N + 1$, do đó sẽ truyền lại khung này). Đồng thời S vào trạng thái truyền lại. Ở trạng thái này, S không gửi về ACK cho các khung nhận đúng.
- Khi P nhận được NAK($N+1$), P sẽ gửi lại I-frame thứ $N + 1$.
- Khi S nhận được I-frame $N + 1$, S sẽ giải phóng trạng thái truyền lại và khi nhận được các khung đúng tiếp theo, S sẽ tiếp tục gửi về các ACK-frame.

- ACK-frame thứ $N + 1$ sẽ báo đúng cho tất cả các khung có chỉ số tới $N + 1$.
- Khi truyền về NAK($N+1$) thì S sẽ khởi động timer, nếu quá một khoảng thời gian xác định thì S sẽ truyền lại.



Hình 3.10: truyền lại có lựa chọn – tường minh – I-frame bị lỗi

- Nếu giả sử I-frame $N + 1$ lại bị lỗi một lần nữa và NAK($N+1$) truyền về cũng bị lỗi
 - S gửi NAK-frame $N + 1$ về P nhưng lần này nó lại bị lỗi.
 - Khi nhận được ACK-frame thứ $N + 3$, điều này báo nhận tốt cho tất cả các khung từ $N + 3$ trở xuống, nghĩa là bao gồm cả khung $N + 1$. Vì vậy, I-frame thứ $N + 1$ không được truyền lại → do đó, I($N+1$) sẽ bị mất.



Hình 3.11: truyền lại có lựa chọn – tường minh – NAK-frame bị lỗi

Tóm lại:

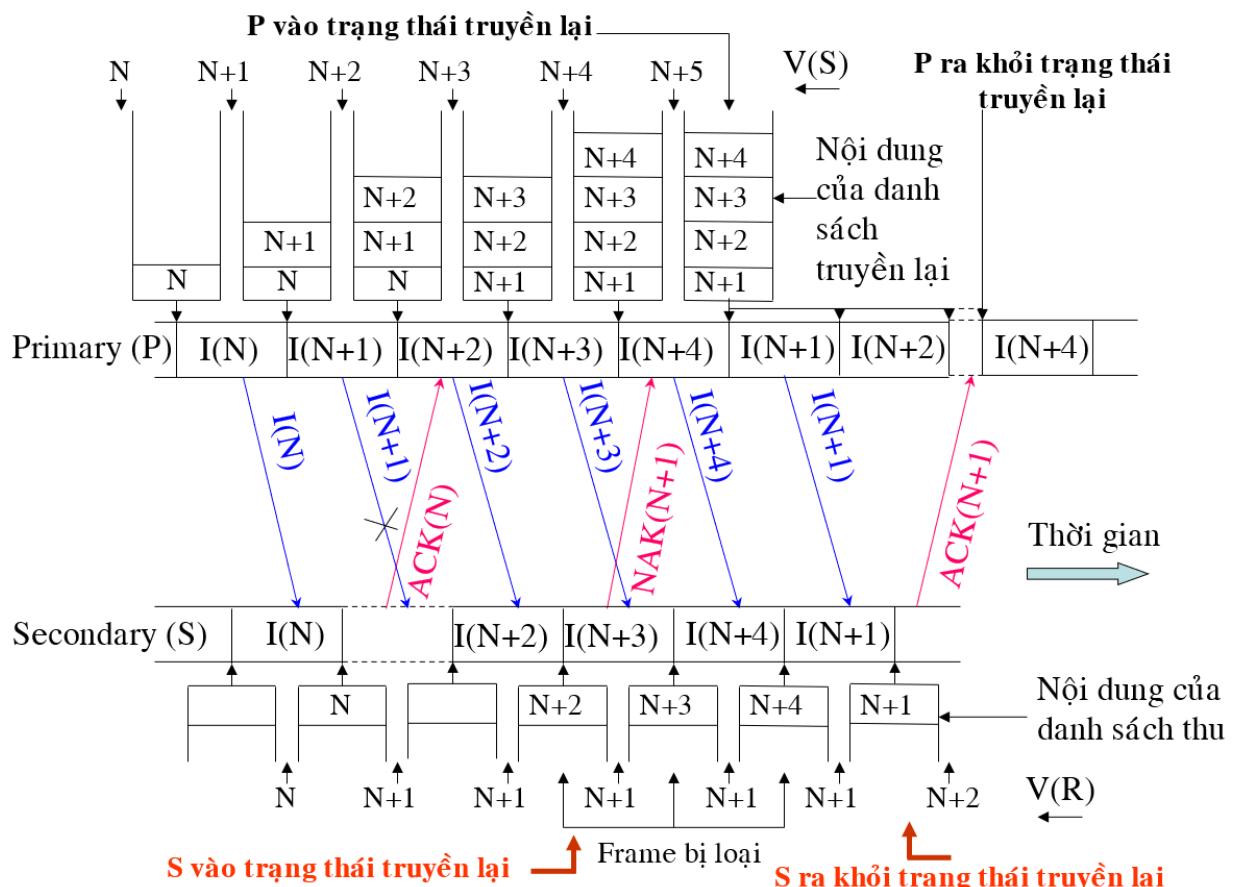
- Mặc dù S nhận một bản sao tốt của mỗi I-frame do P gửi nhưng thứ tự nhận có thể không được duy trì. Ví dụ, S nhận I-frame thứ $N + 2$, $N + 3$, $N + 4$ trước $N + 1$. Vì vậy, giao thức truyền lại có lựa chọn được dùng chủ yếu trong các trường hợp các I-frame đang được truyền là các thực thể độc lập, tức là thứ tự nhận không quan trọng hoặc được dùng khi tất cả các I-frame liên quan đến cùng một bản tin hay các bản tin được khôi phục lại hình dáng ban đầu bởi phía thu.
- Trong nhiều ứng dụng, I-frame phải được phân phối theo tuần tự giống như khi được tạo ra. Do đó, I-frame nào được nhận không theo đúng tuần tự phải được giữ bởi S cho đến khi nhận được các I-frame bị mất. Thông thường, các khung này có kích thước lớn và số lượng I-frame cần lưu giữ cũng có thể lớn → đòi hỏi hệ thống phần cứng phải có dung lượng lưu trữ lớn đến mức không thể

chấp nhận được. Vì vậy, hầu hết các ứng dụng và trong hầu hết các mạng đều sử dụng giao thức truyền lại một nhóm (Go – Back - N).

3.4.3 Truyền lại một nhóm (Go – Back - N)

Với kiểu truyền này, khi S phát hiện một I-frame được nhận không đúng tuần tự (tức là bị lỗi), nó sẽ báo cho P biết để thực hiện việc truyền lại từ một khung xác định.

➤ **Trường hợp khung I bị lỗi:**



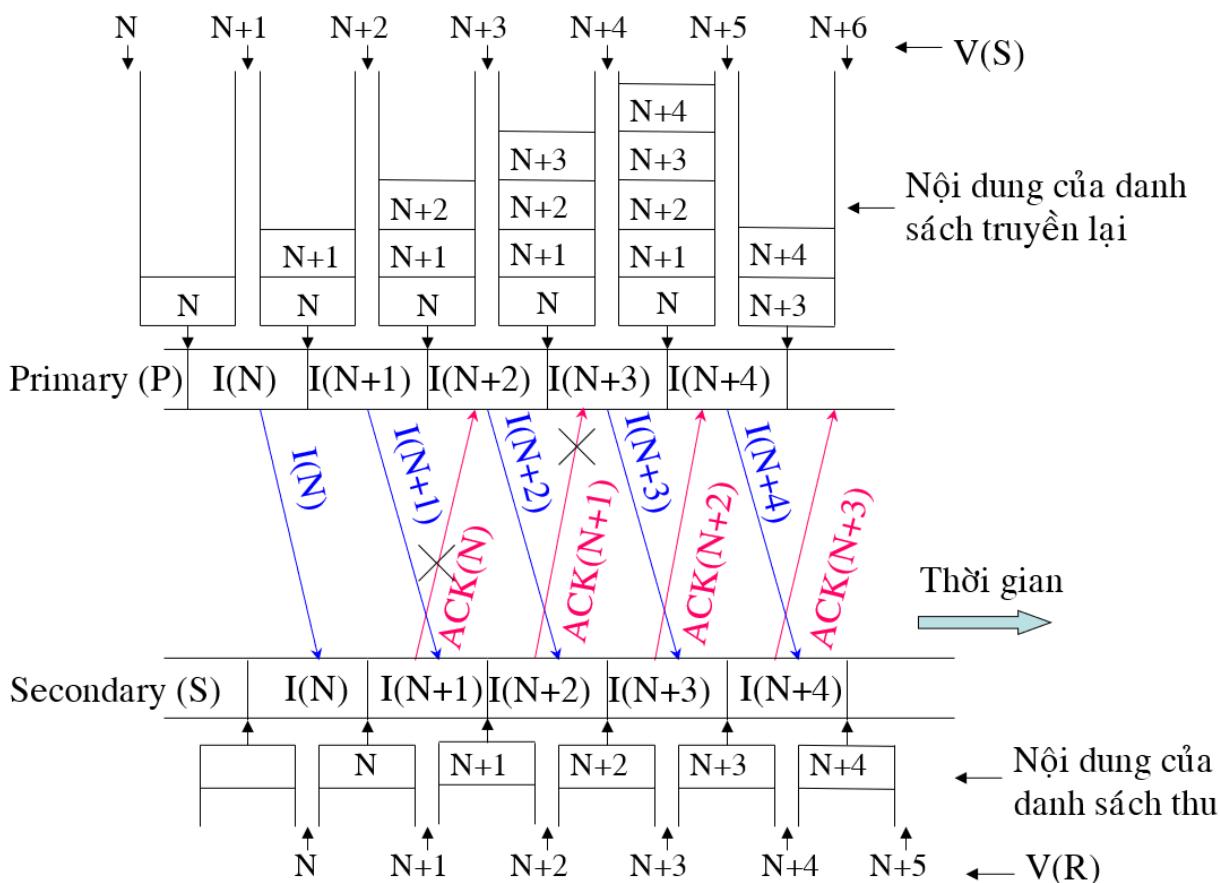
Hình 3.12: Go – back – N: I-frame bị lỗi

Nếu trong quá trình truyền giả sử I-frame thứ $N + 1$ bị lỗi. Khi đó:

- S nhận I-frame $N + 2$ không đúng tuần tự.
- Khi S nhận I-frame $N + 2$, S gửi NAK-frame $N + 1$ để báo cho P quay trở lại và bắt đầu truyền lại I-frame $N + 1$.
- Khi nhận được NAK-frame $N + 1$, P vào trạng thái truyền lại

- Khi ở trong trạng thái này, P tạm thời dừng truyền I-frame mới và bắt đầu truyền lại các I-frame đang đợi báo nhận trong danh sách truyền lại.
- S loại bỏ các I-frame cho đến khi nhận được I-frame N + 1.
- Khi nhận được I-frame N + 1, S trở lại trạng thái sẵn sàng nhận I-frame mới và gửi báo nhận cho P.
- Khi gửi NAK-frame N + 1, S bắt đầu khởi động bộ định thời để chờ nhận I-frame N + 1, nếu quá một khoảng thời gian xác định thì S truyền lại NAK-frame N + 1 (để phòng NAK-frame N + 1 bị lỗi).

➤ **Trường hợp ACK – frame bị lỗi:**



Hình 3.13: Go - back - N: ACK – frame bị lỗi

- S nhận tất cả các I-frame đều đúng
- Giả sử ACK(N) và ACK(N+1) đều bị lỗi

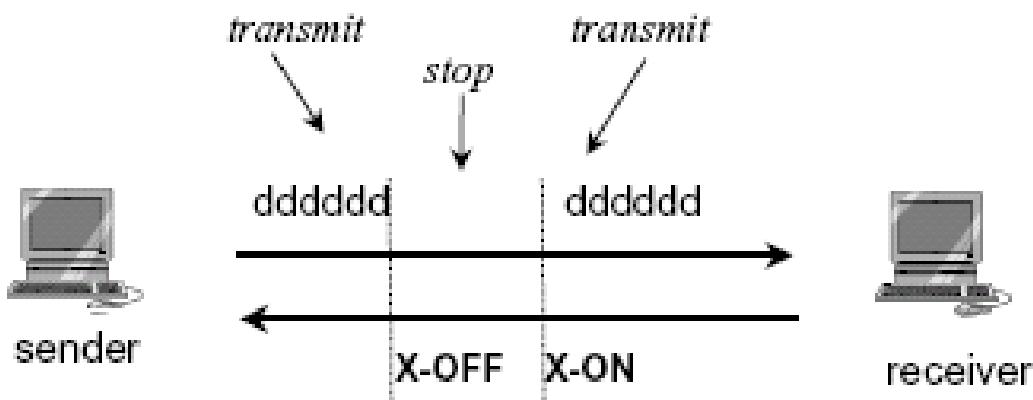
- Khi nhận được ACK(N+2), P phát hiện rằng ACK(N) và ACK(N+1) chưa nhận được.
 - Tuy nhiên, do nhận ACK(N+2) chứ không phải nhận NAK(N+2) nên P hiểu rằng cả ACK(N) và ACK(N+1) đều bị lỗi. Do đó, ACK(N+2) xác nhận đúng cho I-frame N và N + 1.
- ✓ Với kiểu truyền này có ưu điểm là: các I-frame nhận đúng thứ tự nên phía thu không phải tốn nhiều bộ nhớ để lưu giữ các I-frame.
- ✓ Tuy nhiên, kiểu truyền này cũng có nhược điểm là hiệu suất thấp vì có những trường hợp P phải truyền lại cả những I-frame đã được truyền đúng.

3.5 ĐIỀU KHIỂN LUỒNG (FOLLOW CONTROL)

Điều khiển luồng là một thành phần trong giao thức liên kết dữ liệu (data link protocol). Nhiệm vụ của điều khiển luồng là điều khiển tốc độ truyền các ký tự hay các khung trên tuyến dữ liệu, đảm bảo phía thu còn đủ dung lượng bộ đệm để nhận dữ liệu truyền tới để xử lý. Trong điều khiển luồng, có 2 giải thuật điều khiển thông dụng là: X-ON/ X-OFF và Sliding Window (cửa sổ trượt).

3.5.1 Kiểu điều khiển X-ON/ X-OFF

Trong kiểu điều khiển này sử dụng 2 ký tự điều khiển đặc biệt là X-ON và X-OFF để điều khiển việc ngừng hay tiếp tục truyền ký tự mới.



Hình 3.14: Kiểu điều khiển X-ON/ X-OFF

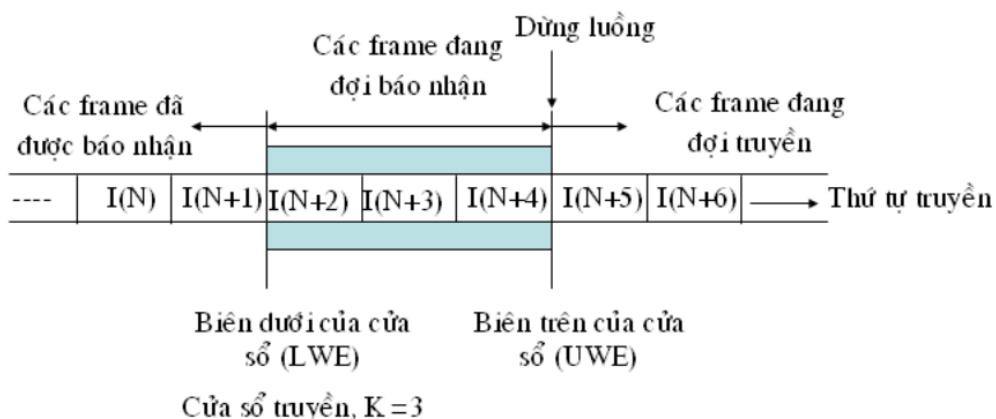
Khi xảy ra hiện tượng quá tải, máy tính gửi ký tự X-OFF đến thiết bị điều khiển bên trong thiết bị đầu cuối chỉ thị dừng việc truyền ký tự mới. Thiết bị đầu cuối khi nhận được ký tự X-OFF thì sẽ bỏ qua tất cả các ký tự được nhập vào từ bàn phím hoặc chuyển chúng vào bộ đệm và chờ đến khi tình trạng quá tải kết thúc.

Khi hiện tượng quá tải đã kết thúc, máy tính sẽ truyền ký tự X-ON đến thiết bị điều khiển tiếp tục truyền các ký tự tiếp theo.

3.5.2 Phương pháp cửa sổ trượt (Sliding window):

Trong kiểu truyền continuous RQ, P truyền liên tiếp các khung thông tin mà không dừng lại chờ nhận ACK giống như Idle RQ.

Nếu tốc độ xử lý tại S chậm, S sẽ chậm hoặc ngừng truyền về các ACK-frame → danh sách chờ truyền lại tại P tăng liên tục → đến lúc nào đó thì có thể tăng đến giới hạn, được xem là dấu hiệu để P ngừng gửi I-frame cho đến khi các báo nhận khởi động luồng trở lại.



Hình 3.15a: ví dụ về cửa sổ trượt

Giao thức	Cửa sổ truyền	Cửa sổ thu
Idle RQ	1	1
Selective Repeat	K	K
Go-back-N	K	1

Hình 3.15b: Các giới hạn cửa sổ truyền và nhận

Phương pháp cửa sổ trượt được thực hiện bằng cách thiết lập một giới hạn tối đa cửa sổ I-frame chờ truyền lại tại P. Giới hạn này được xem là cửa sổ truyền của tuyến dữ liệu, thường được ký hiệu là K

Giới hạn K được chọn lựa phụ thuộc vào: kích thước của khung, dung lượng bộ nhớ đệm, thời gian trễ do lan truyền sóng, tốc độ phát (bps).

Ở phía phát dùng 2 biến số LWE (Low Window Edge – biên dưới của cửa sổ) và UWE (Upper Window Edge – biên trên của cửa sổ) để thiết lập nên liên kết cửa sổ. Cửa sổ sẽ thay đổi theo nguyên tắc như sau:

- Khi P truyền đi một I-frame thì UWE sẽ tăng lên một đơn vị
- Khi P nhận về một lời hồi đáp ACK xác nhận I-frame đã nhận đúng thì LWE sẽ tăng lên một đơn vị. Hiệu số giữa UWE và LWE được gọi là độ rộng của cửa sổ.
- Máy phát sử dụng độ rộng của cửa sổ để dự đoán khả năng tiếp nhận các khung tin ở phía máy thu. Nếu cửa sổ hẹp thì máy phát hiểu máy thu có thể đáp ứng kịp với tốc độ truyền. Nếu cửa sổ rộng thì máy phát hiểu máy thu có tốc độ tiếp nhận các khung tin chậm. Khi độ rộng của cửa sổ trượt đạt tới giá trị K thì máy phát hiểu máy thu không còn khả năng tiếp nhận các khung tin → máy phát ngừng phát. Trong thời gian này, máy thu có đủ thời gian để giải quyết các khung tin đã nhận và gửi các khung ACK xác nhận về phía máy phát. Khi máy phát nhận các khung ACK thì LWE sẽ tăng → độ rộng của cửa sổ < K → máy phát có thể tiếp tục phát lại các khung tin.

3.5.3 Hiệu suất sử dụng liên kết

Một liên kết có kích thước cửa sổ K. Khi đó, nếu trong quá trình truyền không xảy ra lỗi thì hiệu suất liên kết là:

$$U = \begin{cases} 1 & \text{nếu } K \geq 1 + 2.a \\ \frac{K}{1 + 2.a} & \text{nếu } K < 1 + 2.a \end{cases}$$

Nếu có lỗi xảy ra trong quá trình truyền dẫn:

Gọi P_f là xác suất một khung thu được bị lỗi. Khi đó số lần truyền lại trung bình của mỗi khung là:

$$N_r = \frac{1}{1 - P_f}$$

- Với kiểu truyền lại có lựa chọn thì:

$$U = \begin{cases} \frac{1}{N_r} & \text{nếu } K \geq 1 + 2.a \\ \frac{K}{(1 + 2.a)N_r} & \text{nếu } K < 1 + 2.a \end{cases}$$

- Với kiểu truyền Go – back – N, hiệu suất liên kết sẽ giảm vì khi có một khung bị lỗi thì sẽ có những khung không bị lỗi phải truyền lại

$$U = \begin{cases} \frac{1 - P_f}{1 + P_f(K - 1)} & \text{nếu } K \geq 1 + 2.a \\ \frac{K \cdot (1 - P_f)}{(1 + 2.a)[1 + P_f(K - 1)]} & \text{nếu } K < 1 + 2.a \end{cases}$$

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

Câu 1: Một khung data dài 1000 bit được truyền qua một tuyến dữ liệu, kiểm soát lỗi theo giao thức stop & wait. Biết rằng vận tốc truyền là 3×10^8 m/s. Xác định hiệu suất liên kết trong các trường hợp sau:

- Kênh truyền có chiều dài 10Km, tốc độ lỗi bit BER = 10^{-4} (xác suất một bit lỗi), tốc độ truyền dữ liệu là 9600bps.
- Kênh truyền vệ tinh có chiều dài 36000km, tốc độ lỗi bit BER = 10^{-6} , tốc độ truyền dữ liệu là 10Mbps.

Câu 2: Máy phát truyền liên tục 6 khung data đến máy thu sử dụng giao thức Stop & Wait, tường minh. Biết rằng khung dữ liệu thứ 2, 3 và ACK của khung thứ 4 bị lỗi. Giả sử thời gian Timeout gấp 2 lần thời gian truyền hoàn chỉnh một khung.

- Hãy vẽ tiến trình truyền dữ liệu. Giải thích?
- Nếu là truyền không tường minh, hãy thực hiện lại yêu cầu câu a.
- So sánh hiệu quả của 2 trường hợp trên (truyền tường minh và không tường minh).

Câu 3:

Một khung data dài 1000 bit được truyền đi sử dụng giao thức stop & wait. Biết rằng vận tốc truyền là 2×10^8 m/s với đường truyền là cáp xoắn có chiều dài 5Km, tốc độ lỗi bit BER = 10^{-4} , tốc độ truyền dữ liệu là 20Kbps và thời gian cần thiết để xử lý ACK là 0.5ms.

- Hỏi thời gian timeout bằng 50.2ms hay 55ms là hợp lý?
- Tính hiệu suất sử dụng liên kết.

Câu 4:

Một chuỗi khung dữ liệu liên tiếp với chiều dài trung bình là 1000 bit truyền qua kênh truyền có chiều dài 100km, tốc độ truyền dữ liệu là 20Mbps. Cho vận tốc

truyền sóng là $2 \cdot 10^8$ m/s, tốc độ lỗi bit là 10^{-4} . Hãy xác định hiệu suất trong các trường hợp sau:

- Idle RQ
- Selective repeat với $K = 10$
- Go – back – N với $K = 10$

Câu 5: Vẽ sơ đồ truyền data dùng giao thức Continuous RQ Selective Repeat, tường minh, với các yêu cầu sau: khung dữ liệu thứ $N+1$ bị lỗi, NAK($N+1$) trả về cũng bị lỗi. Giải thích.

Câu 6: Máy phát cần truyền 8 khung data đến máy thu, số thứ tự bắt đầu từ 0, sử dụng nghi thức điều khiển lỗi là hỏi đáp liên tục, Go – Back – N, tường minh. Điều khiển luồng sử dụng cửa sổ trượt với kích thước $K= 4$. Hãy vẽ sơ đồ truyền data khi khung dữ liệu thứ 1 và ACK của khung thứ 3 bị lỗi.

Câu 7: Một kênh thông tin có chiều dài 4500 Km, tốc độ truyền data 1.5Mbps, sử dụng khung dữ liệu có chiều dài 1200 bit được truyền đi theo giao thức Continuous RQ Selective Repeat. Cho biết vận tốc truyền sóng là 3×10^8 m/s, kích thước cửa sổ $K=15$, xác suất lỗi bit BER là 10^{-4}

- Tính hiệu suất sử dụng liên kết.
- Tính thời gian mà timer cần phải đếm khi truyền một khung dữ liệu

Câu 8: Máy phát cần truyền 6 khung data đến máy thu, số thứ tự bắt đầu từ 0, sử dụng nghi thức điều khiển lỗi là hỏi đáp liên tục, Go – Back – N, tường minh. Điều khiển luồng sử dụng cửa sổ trượt với kích thước $K= 4$. Hãy vẽ sơ đồ truyền data khi khung dữ liệu thứ 1, 3 và ACK của khung thứ 3, 5 bị lỗi.