Codetransparenz bedeutet, dass es für eine Anwendung transparent bleibt, welche Mechanismen und Codes zur Übertragung verwendet werden. So wird z.B. durch Bitstopfen auf der Sicherungsschicht erreicht, dass die Anwendung die Existenz einer ausgezeichneten Bitfolge als Anfangs- und Endflag bei der Codierung ihrer Daten nicht berücksichtigen muss.

Piggyback Acknowledgement verwendet für das Senden einer Bestätigung keine separate Dateneinheit, sondern benutzt eine Dateneinheit mit, die selber Nutzdaten enthält.

3 Vermittlungsschicht (Network Layer)

3.1 Vermittlungsarten

Leitungsvermittlung durchgehender, nichtspeichernder Übertragungskanal zwischen den Endsystemen; Bitfolgen reihenfolgetreu; Vermittlung in den Zwischensystemen erfordert keine zusätzliche Kontrollinformation zur Adressierung; starre Leitungszuordnung; nur verbindungsorientierter Dienst; Beispiel: ISDN

Speichervermittlung Zwischensysteme verfügen über Speicher; flexible Ressourcenzuordnung und Fehlerbehandlung; verbindungsloser Dienst möglich; komplex; Verzögerung, Reihenfolgevertauschung möglich;

Nachrichtenvermittlung

Paketvermittlung Vermittlung aufgrund von Vermittlungsinformation in den Dateneinheiten

Datagramme

virtuelle Verbindung

3.2 Integrated Services Digital Network

Kanäle.

- 1 D-Kanal zur Signalisierung, 16 kbit/s
- 2 B-Kanäle zur Sprach-/Datenübertragung, 64 kbit/s

3.3 Internet Protocol

Dienst. IP stellt einen unzuverlässigen und verbindungslosen Dienst zur Verfügung.

Time To Live ist ein Feld im Header einer IP-Dateneinheit. Dieser Wert wird vom Sender gesetzt und gibt die maximale Anzahl an Hops an, die das Paket durchlaufen darf. In jedem Router, den das Paket durchläuft, wird der Wert um 1 dekrementiert. Pakete mit einem TTL-Wert von 0 werden gelöscht und es wird eine ICMP-Nachricht an den Absender geschickt. Durch TTL wird die Wegewahl unterstützt und es werden umherirrende Pakete vermieden.

3.4 Segmentierung und Reassemblierung

Motivation. Existieren auf einem Pfad durch das Netzwerk unterschiedliche Maximum Transfer Units, so müssen eventuell Dateneinheiten beim Übergang segmentiert und später reassembliert werden. Die Reassemblierung sollte nicht schon in zwischenliegenden Routern erfolgen, da sich Routen während der Übertragungszeit einer fragmentierten Einheit ändern können oder einzelne Fragmente verlorengehen können.

3.5 Zustandsübergangsdiagramm

Stimulus; *Reaktion*

Dienstprimitive beim Initiator.

TConReq Anforderung eines Verbindungsaufbaus

TConConf Verbindungsaufbau erfolgreich

TDisInd Beantworter lehnt Verbindungsaufbau ab

TPAboInd1 Abbruch durch Übertragungsabschnitt

Dienstprimitive beim Beantworter.

TConRsp Bestätigung des Verbindungsaufbauwunschs

TDisReq Ablehnung des Verbindungsaufbauwunschs

TConInd Mitteilung des Verbindungsaufbauwunschs

TPAboInd2 Abbruch durch Übertragungsabschnitt

Protokollinstanz.

Dienstspezifikation. Die Dienstspezifikation beschreibt das an der Dienstschnittstelle von außen betrachtete Verhalten des Dienstes.

Protokollspezifikation. Die Protokollspezifikation legt durch Regeln und Formate das Kommunikationsverhalten zweier Protokollinstanzen fest.

3.6 Routing

statisches Routing vs adaptives/dynamisches Routing. Bei statischen Routing-Algorithmen ist die Routing-Tabelle für längere Zeit fixiert. Adaptives oder dynamisches Routing basiert dagegen darauf, dass die Routing-Tabellen laufend angepasst werden.

3.6.1 Distanz-Vektor-Routing

Prinzip. Beim Distanz-Vektor-Routing kennt kein Knoten die komplette Route von der Quelle zur Senke. Der Knoten kennt nur die Distanz zu allen anderen Knoten.

Distanz-Vektor-Tabelle. Die Distanz-Vektor-Tabelle enthält eine Zeile für jedes mögliche Ziel und eine Spalte für jeden direkten Nachbarn (Next Hop). Knoten X möchte eine Nachricht über den direkten Nachbarn Z an Y verschicken.

$$X \to Z \to Y$$

Dann ist der Eintrag in der Distanz-Vektor-Tabelle von X gegeben durch die Summe aus Kantengewicht zwischen X und Z und dem minimalen Eintrag in der Y-Zeile der Tabelle von Z:

$$D^X(Y,Z) = c(X,Z) + \min_v\{D^Z(Y,v)\}$$

Algorithmus. Zunächst kennt jeder Knoten nur die Distanzen zu seinen direkten Nachbarn, d.h. die Einträge auf der Diagonalen der Tabelle. Diese schickt er an alle direkten Nachbarn, die ihre eigenen Distanzen entsprechend aktualisieren. Solange ein Knoten nach einer Aktualisierung neue kürzeste Wege kennt, schickt er sie an seine Nachbarn.

Algorithm 1: Distanz-Vektor-Algorithmus für Knoten s

3.6.2 Link State Routing

Prinzip. Die Routing-Tabelle jedes Routers enthält die kürzesten Wege zu allen anderen Routern. Zur Berechnung der kürzesten Wege kann z.B. Dijkstras Algorithmus eingesetzt werden. Dadurch, dass jeder Knoten Informationen über seine adjazenten Kanten broadcastet, kann der einzelne Knoten einen Graphen des gesamten Netzes konstruieren und die kürzesten Wege berechnen.

Algorithm 2: Dijkstras Algorithmus

Input: Graph $G = (V, E)$,Startknoten s, symmetrische, positive Kantengewichtsfunktion $c : E \to \mathbb{R}^+$

```
1  N ← {s}
2  for u ∈ V\{s} do
3      if {s, u} ∈ E then
4          d(u) ← c(s, u)
5          p(u) ← s
6      else
7          d(u) ← ∞
8      while N ≠ V do
9          N ∪ {u}, u ∉ N ∧ d(u) = min(d)
10         for {u, v} ∈ E do
11             if d(v) + c(u, v) < d(v) then
12                 d(v) ← d(v) + c(u, v)
13                 p(v) ← u
```

Kostenfunktion. Die Kostenfunktion der Kanten kann von verschiedenen Faktoren abhängig gemacht werden, z.B.

- physikalisches Medium
- Verkehrsaufkommen
- politische Bestrebungen der Netzbetreiber
- Dienstgütemerkmale, z.B. garantierte Bandbreiten, Latenzzeiten oder Zuverlässigkeitsgarantien

3.7 IP-Adressierung

Subnetzmaske Die Subnetzmaske zerlegt eine IP-Adresse in Netzwerk-Teil und Endsystem-Teil. Sie ist eine Bitsequenz der Form 1^m0^n. Den Netzwerkteil einer IP-Adresse erhält man durch und-Verknüpfung von IP-Adresse und Subnetzmaske in Binärdarstellung.

$$IPAdresse \wedge Subnetzmaske = Netzwerkteil$$

Adressbereich. Zur Darstellung eines Adressbereiches wird die Anzahl der 1er-Bits in der Subnetzmaske an die IP-Adresse angefügt. Eine IP-Adresse a liegt im Adressbereich b/m, wenn die ersten m Bits von a und b übereinstimmen.

3.8 Address Resolution Protocol

Aufgabe. Das Address Resolution Protocol ist für die Zuordnung

$$\texttt{IP} - \texttt{Adresse} \leftrightarrow \texttt{MAC} - \texttt{Adresse}$$

zuständig.

Ablauf.

1. suche im eigenen ARP-Cache; wenn Eintrag nicht gefunden:
2. sende ARP-Request mit gesuchter IP-Adresse, eigener IP-Adresse und eigener MAC-Adresse an alle (Broadcast)
3. Besitzer der gesuchten IP-Adresse sendet ARP-Reply mit seiner MAC-Adresse zurück
4. lege Wert im ARP-Cache ab

3.9 Domain Name System

DNS-Anfrage. Eine DNS-Anfrage zur Auflösung eines Domainnamen nach einer IP-Adresse stellt entweder
a) rekursive Anfragen:

- Der Client sucht im lokalen Cache.
- Der Client befragt den Cache des lokalen DNS-Servers.