

Datornätverk

Nätverksdesign och prestanda

Lennart Franked

28 april 2026

1. Kapitel 6 - Mellanliggande enheter och VLAN

- 1.1 Mellanliggande Nätverksenheter
- 1.2 VLAN
- 1.3 VLAN Trunk

2. Nätverkslagret kapitel 7

- 2.1 Switching L3
- 2.2 Bandbredd och fördröjningar.

Läsanvisningar

Denna föreläsning är baserad på

- [2, Chapter 6, 7]

Denna föreläsning är ett komplement till läsanvisningarna.

Table of Contents

1. Kapitel 6 - Mellanliggande enheter och VLAN

- 1.1 Mellanliggande Nätverksenheter
- 1.2 VLAN
- 1.3 VLAN Trunk

2. Nätverkslagret kapitel 7

- 2.1 Switching L3
- 2.2 Bandbredd och fördröjningar.

Mellanliggande nätverksenheter

Mellanliggande enheter

Mellanliggande nätverksenheter (eng. intermediary network devices) är de enheter som kopplar samman slutnoder. Exempelvis; Hubbar, Switchar, Routrar, Accesspunkter, brandväggar.

Uppgift

De mellanliggande enheterna har som uppgift att bland annat:

- Förstärka och skicka vidare signaler
- Ha en uppdaterad bild över vilka vägar som finns att tillgå i nätverket.
- Informera andra mellanliggande enheter om fel uppstår.

Intermediary
Devices



Wireless Router



LAN Switch



Router



Multilayer Switch



Firewall Appliance

Mellanliggande nätverksenheter

Mellanliggande enheter

Mellanliggande nätverksenheter (eng. intermediary network devices) är de enheter som kopplar samman slutnoder. Exempelvis; Hubbar, Switchar, Routrar, Accesspunkter, brandväggar.

Uppgift

De mellanliggande enheterna har som uppgift att bland annat:

- Förstärka och skicka vidare signaler
- Ha en uppdaterad bild över vilka vägar som finns att tillgå i nätverket.
- Informera andra mellanliggande enheter om fel uppstår.

Intermediary
Devices



Wireless Router



LAN Switch



Router



Multilayer Switch



Firewall Appliance

Mellanliggande nätverksenheter

Mellanliggande enheter

Mellanliggande nätverksenheter (eng. intermediary network devices) är de enheter som kopplar samman slutnoder. Exempelvis; Hubbar, Switchar, Routrar, Accesspunkter, brandväggar.

Uppgift

De mellanliggande enheterna har som uppgift att bland annat:

- Förstärka och skicka vidare signaler
- Ha en uppdaterad bild över vilka vägar som finns att tillgå i nätverket.
- Informera andra mellanliggande enheter om fel uppstår.

Intermediary
Devices



Wireless Router



LAN Switch



Router



Multilayer Switch



Firewall Appliance

Mellanliggande nätverksenheter

Mellanliggande enheter

Mellanliggande nätverksenheter (eng. intermediary network devices) är de enheter som kopplar samman slutnoder. Exempelvis; Hubbar, Switchar, Routrar, Accesspunkter, brandväggar.

Uppgift

De mellanliggande enheterna har som uppgift att bland annat:

- Förstärka och skicka vidare signaler
- Ha en uppdaterad bild över vilka vägar som finns att tillgå i nätverket.
- Informera andra mellanliggande enheter om fel uppstår.

Intermediary
Devices



Wireless Router



LAN Switch



Router



Multilayer Switch



Firewall Appliance

Mellanliggande nätverksenheter

Mellanliggande enheter

Mellanliggande nätverksenheter (eng. intermediary network devices) är de enheter som kopplar samman slutnoder. Exempelvis; Hubbar, Switchar, Routrar, Accesspunkter, brandväggar.

Uppgift

De mellanliggande enheterna har som uppgift att bland annat:

- Förstärka och skicka vidare signaler
- Ha en uppdaterad bild över vilka vägar som finns att tillgå i nätverket.
- Informera andra mellanliggande enheter om fel uppstår.

Intermediary
Devices



Wireless Router



LAN Switch



Router



Multilayer Switch

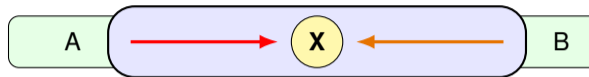


Firewall Appliance

Enhetstyper: Kollisionsdomän

Hubb (Layer 1)

- Agerar enbart på **fysiska lagret**
- **Replikerar signaler** till alla portar
- Ingen intelligens (ingen MAC-tabell)
- Flera enheter delar samma **överföringsmedium**
- Endast **en kan sända åt gången**
- Samtidiga sändningar ger **kollision**



Delat medium

Två simultiga sändningar → kollision

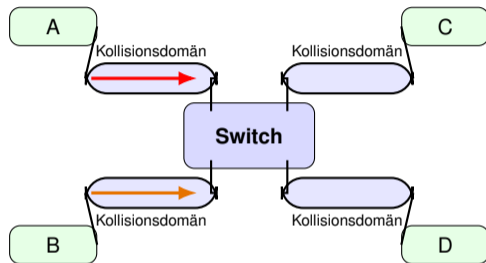
Kollisionsdomän

Alla enheter som delar ett medium tillhör samma kollisionsdomän

Enhetstyper: Switch

Switch

- Agerar på fysiska och datalänkslaget
- Lär sig MAC-adresser per port
- Vidarebefordrar ramar baserat på MAC-adress
- Transparent för slutnoder
- Flerlayerswitchar finns
- **En kollisionsdomän per port**

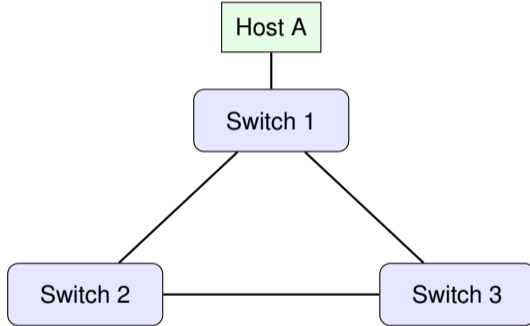


Två samtidiga sändningar, men ingen kollision

Kollisionsdomän

Varje port har sitt eget medium \Rightarrow flera enheter kan sända samtidigt utan kollision

Broadcast storm i en lager 2-loop

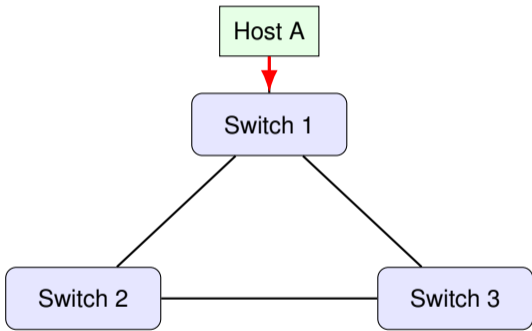


Tre switchar är kopplade i en loop.

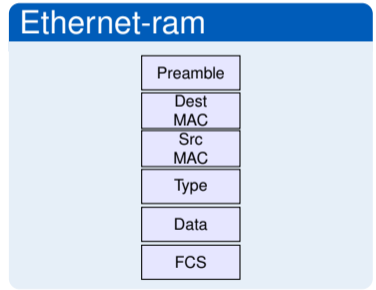
Ethernet-ram

Preamble
Dest MAC
Src MAC
Type
Data
FCS

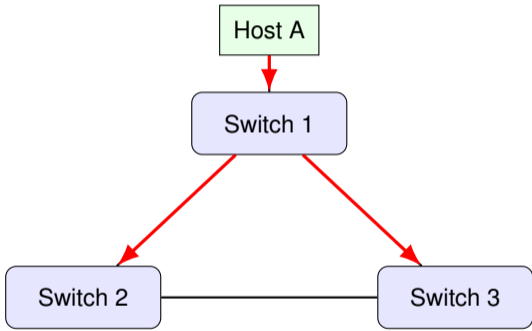
Broadcast storm i en lager 2-loop



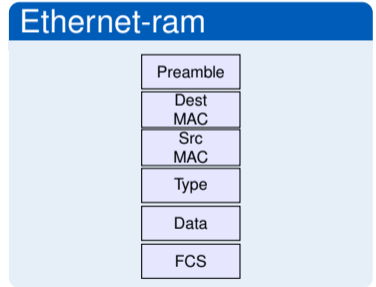
1. Host A skickar en broadcast-ram till Switch 1.



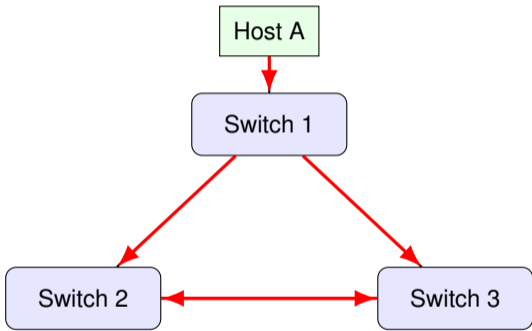
Broadcast storm i en lager 2-loop



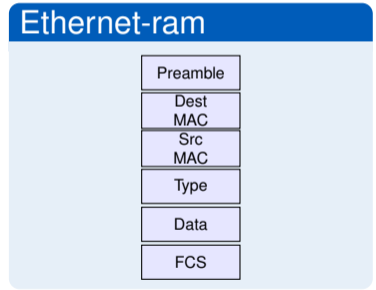
2. Switch 1 floodar broadcasten ut på alla andra portar.



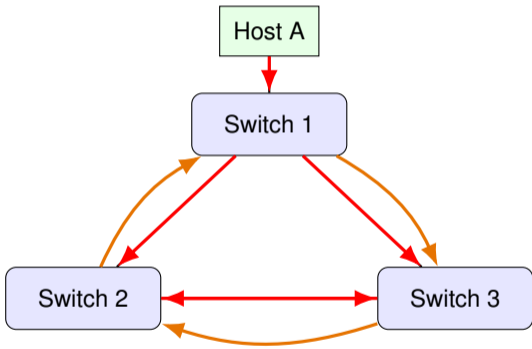
Broadcast storm i en lager 2-loop



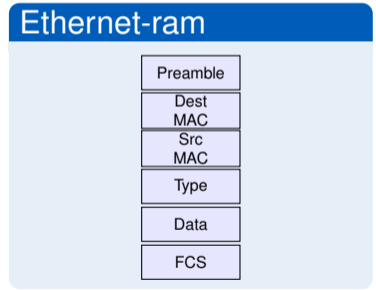
3. Switch 2 och 3 gör samma sak och skickar vidare ramen.



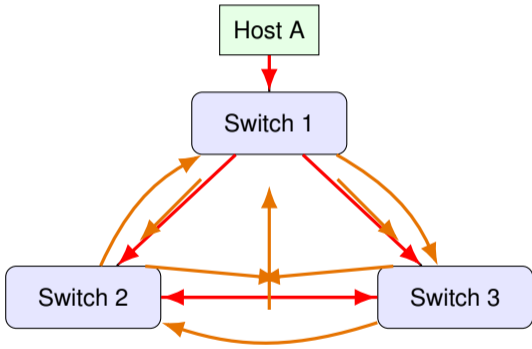
Broadcast storm i en lager 2-loop



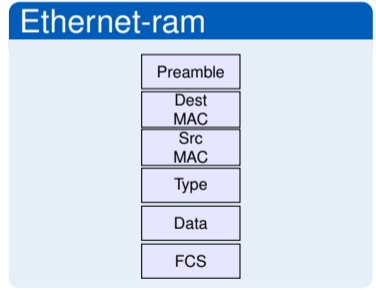
4. Eftersom det finns en loop kommer ramen tillbaka och fortsätter cirkulera.



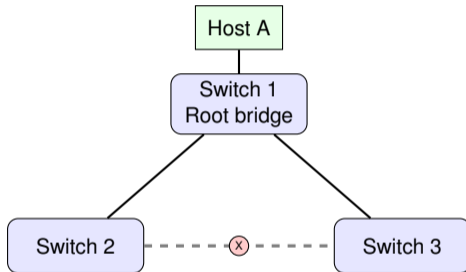
Broadcast storm i en lager 2-loop



5. Många kopior skapas snabbt: en broadcast storm belastar nätet kraftigt.

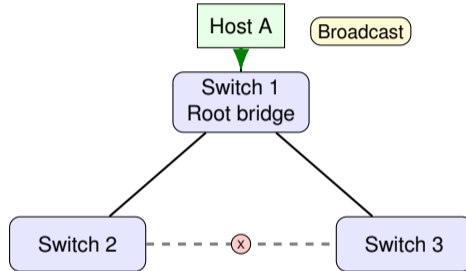


STP stoppar broadcast storm



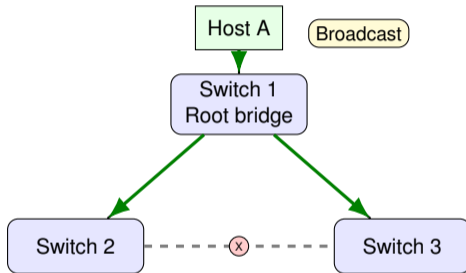
STP väljer en root bridge och blockerar en redundant länk.

STP stoppar broadcast storm



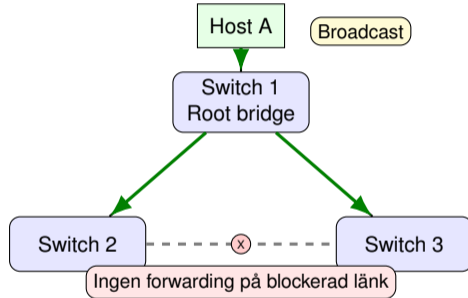
1. Host A skickar en broadcast-ram mot root bridge.

STP stoppar broadcast storm



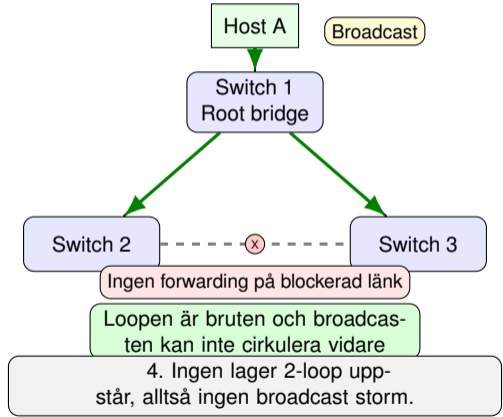
2. Trafiken forwardas längs det aktiva trädet.

STP stoppar broadcast storm



3. Den blockerade länken används inte för forwarding.

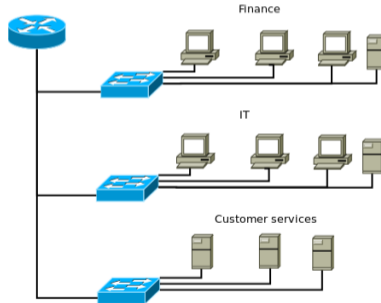
STP stoppar broadcast storm



Syfte med VLAN

Varför dela upp ett LAN?

- Mindre brus, bättre prestanda
- Säkerhet

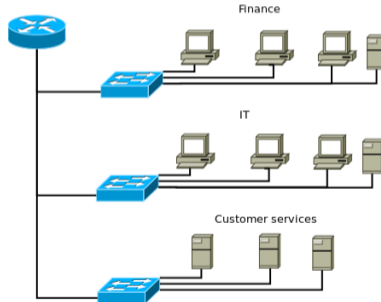


Figur: Fysiskt separerade nätverk

Syfte med VLAN

Varför dela upp ett LAN?

- Mindre brus, bättre prestanda
- Säkerhet

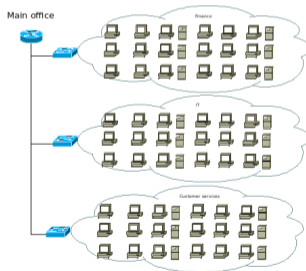


Figur: Fysiskt separerade nätverk

Syfte med VLAN II

Är detta skalbart?

- Organisationer växer, nya kontor och byggnader läggs till.
- Svårt att administrera genom att fysiskt separera avdelningarna.

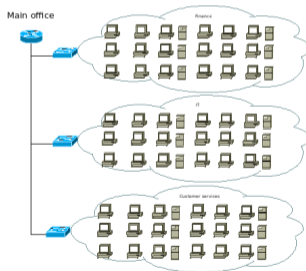


Figur: Växande organisationer

Syfte med VLAN II

Är detta skalbart?

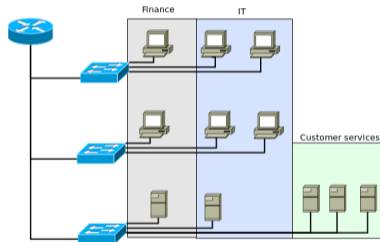
- Organisationer växer, nya kontor och byggnader läggs till.
- Svårt att administrera genom att fysiskt separera avdelningarna.



Figur: Växande organisationer

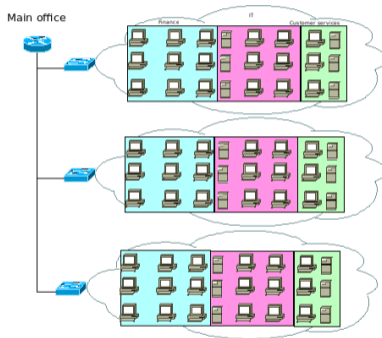
Syfte med VLAN III

Virtuella LAN tillåter oss att logiskt separera LAN.



Figur: Växande organisationer

Syfte med VLAN IV



Figur: Växande organisation med VLAN

VLAN typer

VLAN kategoriseras oftast in i grupper om funktion. Exempelvis

Default VLAN

- Det VLAN som alla portar tilldelas som standard.
- VLAN1, Går ej att modifiera.

Data VLAN

- Användargenererad data.
- IP-telefoni, data

VLAN typer

VLAN kategoriseras oftast in i grupper om funktion. Exempelvis

Default VLAN

- Det VLAN som alla portar tilldelas som standard.
- VLAN1, Går ej att modifiera.

Data VLAN

- Användargenererad data.
- IP-telefoni, data

VLAN identifikation

Normal rymd

- 1 to 1005
- 1002 till 1005 reserverad för Token Ring och FDDI
- VLAN 1, 1002-1005 skapas som standard och går ej att ta bort.

Utökad rymd

- 1006 to 4094
- Stöds ej av alla enheter.

VLAN identifikation

Normal rymd

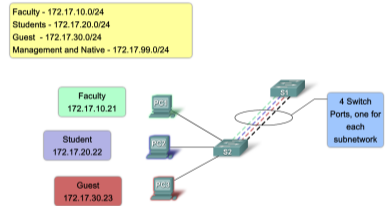
- 1 to 1005
- 1002 till 1005 reserverad för Token Ring och FDDI
- VLAN 1, 1002-1005 skapas som standard och går ej att ta bort.

Utökad rymd

- 1006 to 4094
- Stöds ej av alla enheter.

VLANs i ett nätverk bestående av flera switchar

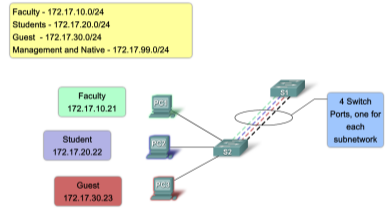
- VLAN med enbart en switch är enkelt.
- Vad händer om man involverar fler?



Figur: En länk per VLAN[3]

VLANs i ett nätverk bestående av flera switchar

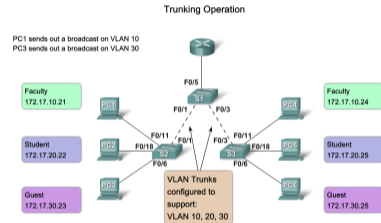
- VLAN med enbart en switch är enkelt.
- Vad händer om man involverar fler?



Figur: En länk per VLAN[3]

Trunk

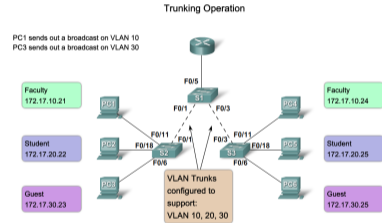
- Dela en gemensam länk för flera VLAN
- Varje ram måste innehålla information om VLAN tillhörighet.
- Tunnling – Inter-switch Link (ISL, äldre/utgått)
- Ny Ethernet header – IEEE 802.1Q



Figur: VLAN trunking[3]

Trunk

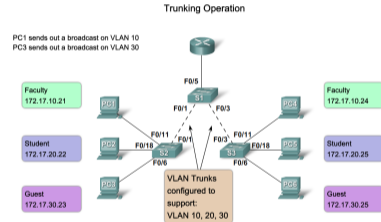
- Dela en gemensam länk för flera VLAN
- Varje ram måste innehålla information om VLAN tillhörighet.
- Tunnling – Inter-switch Link (ISL, äldre/utgått)
- Ny Ethernet header – IEEE 802.1Q



Figur: VLAN trunking[3]

Trunk

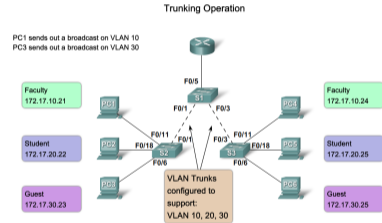
- Dela en gemensam länk för flera VLAN
- Varje ram måste innehålla information om VLAN tillhörighet.
- Tunnling – Inter-switch Link (ISL, äldre/utgått)
- Ny Ethernet header – IEEE 802.1Q



Figur: VLAN trunking[3]

Trunk

- Dela en gemensam länk för flera VLAN
- Varje ram måste innehålla information om VLAN tillhörighet.
- Tunnling – Inter-switch Link (ISL, äldre/utgått)
- Ny Ethernet header – IEEE 802.1Q



Figur: VLAN trunking[3]

Switchport typer

Access port

En switchport som tillhör ett VLAN.

Trunk port

En switchport som stödjer flera VLAN.

Switchport typer

Access port

En switchport som tillhör ett VLAN.

Trunk port

En switchport som stödjer flera VLAN.

Table of Contents

1. Kapitel 6 - Mellanliggande enheter och VLAN

- 1.1 Mellanliggande Nätverksenheter
- 1.2 VLAN
- 1.3 VLAN Trunk

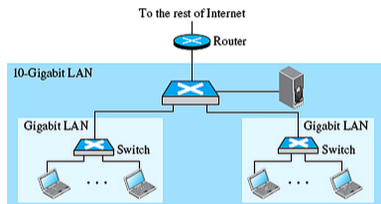
2. Nätverkslagret kapitel 7

- 2.1 Switching L3
- 2.2 Bandbredd och fördröjningar.

Routrar

Routrar

- Agerar på fysiska, datalänk och nätverkslagret.
- Möjliggör kommunikation mellan broadcastdomäner.
- Vidarebefordrar paket baserat på IP-adressen.



Figur: Router [2, fig]

Nätverkslagret

Packetering

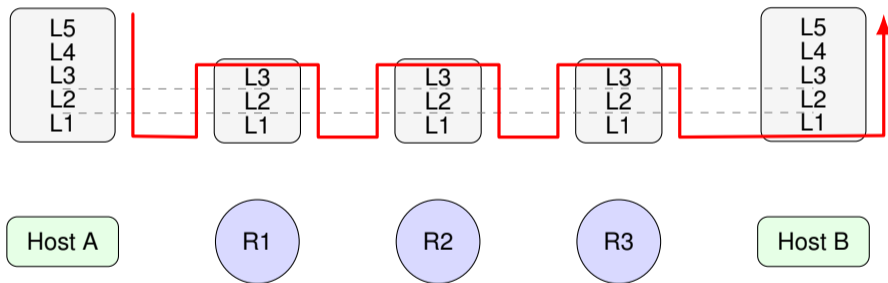
- Adressering
- Inkapsling
- Routing
- Avkapsling

Adressering

Tabell: Protokoll på Nätverkslagret

Protokoll	Förklaring
IPv4	Det mest använda nätverkslayersprotokollet idag.
IPv6	Tänkt att helt byta ut IPv4
ICMPv4	Stödprotokoll för IPv4
ICMPv6	Stödprotokoll för IPv6

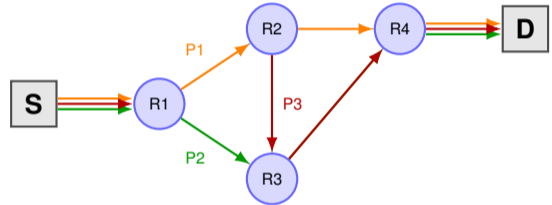
Routing



Vidarebefordring nätverkslagret (network layer switching)

Förbindelseöst

- Varje router tar oberoende beslut om hur paketet vidarebefordras
- Detta kräver att paketet innehåller all nödvändig information om sin destination
- Den arkitektur som internet är baserad på.

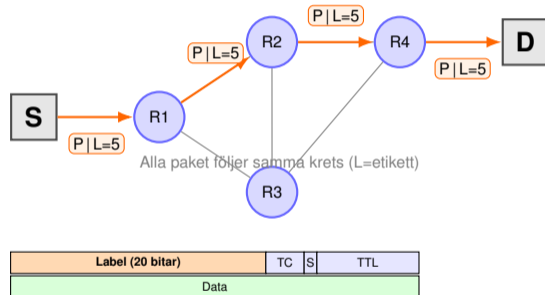


Version	IHL	DSCP	Total Length
Identification		Flags	Fragment Offset
TTL	Protocol	Header Checksum	
Source IP Address			
Destination IP Address			
Data			

Förbindelseorienterat

Virtuell kretskoppling

- Innan data sänds, skapas en virtuell krets från sändare till mottagare.
- När kretsen är upprättad, ges varje paket en etikett som vidarebefordringen baseras på
- MPLS



Bandbredd

Analog bandbredd

Tillgängligt frekvensband att utnyttja på ett medium.

Digital bandbredd

Teoretisk datamängd som kan skickas över ett nätverksmedia inom en specifik tidsram.

Bandbredd II

Tabell: Bandbreddsenheter (SI, talbas 10)

Förkortning	Motsvarar
b/s	basenhet
kb/s	10^3 b/s
Mb/s	10^6 b/s
Gb/s	10^9 b/s
Tb/s	10^{12} b/s

Tabell: Bandbreddsenheter (IEC, talbas 2)

Förkortning	Motsvarar
b/s	basenhet
Kib/s	2^{10} b/s
Mib/s	2^{20} b/s
Gib/s	2^{30} b/s
Tib/s	2^{40} b/s

Bytes vs Bits

1 byte (B) = 8 bitar (b)

Bandbredd IV

Genomströmning (Throughput)

Hur mycket data som skickas över ett medium inom en viss tidsperiod.

Nyttogenomströmning (Goodput)

Hur mycket nyttodata som skickas över ett medium över en viss tidsperiod.

Bandbredd > Genomströmning > Nyttogenomströmning

Orsaker till lägre genomströmning än bandbredd

- Trafikmängd
- Typ av trafik
- Paketförluster
- Fördröjningar

Fördröjningar

- Tidsfördröjning.
 - Transmissionstid (transmission delay)
 - Bearbetningsfördröjning (processing delay)
 - kötid (Queueing delay)
 - Utbredningstid (propagations delay)
 - Total fördröjning
 - Svarstid

Transmissionstid (Transmission delay)

Beskrivning

- Tiden att skicka ut hela paketet på länken
- Beror på paketstorlek och länkhastighet

$$d_{\text{trans}} = \frac{L}{R}$$

L = paketstorlek (bitar)

R = länkhastighet (bit/s)

Exempel

Ett paket på 1500 byte är 12000 bitar och skickas över en länk på 100 Mbps.

$$d_{\text{trans}} = \frac{12000}{100 \cdot 10^6} = 1.2 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 0.12 \text{ ms}$$

Bearbetningsfördröjning (Processing delay)

Beskrivning

- Tiden för en nod att behandla paketet
- Inkluderar kontroll av header och fel
- Är vanligtvis mycket liten, några μs [4]

$$d_{\text{proc}} \approx \text{konstant}$$

$$d_{\text{proc}} = \text{bearbetningstid}$$

Exempel

En router behöver ungefär 5 mikrosekunder för att behandla paketet.

$$d_{\text{proc}} = 5 \mu\text{s} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0.005 \text{ ms}$$

Kötid (Queueing delay)

Beskrivning

- Väntetid i kö innan sändning
- Beror på belastning
- Kan öka kraftigt

$$d_{\text{queue}} \approx \frac{\rho}{1 - \rho} \cdot \frac{L}{R}$$

ρ = belastning

L = bitar

R = bit/s

Belastningsgrad (andel av tid som systemet är upptaget)

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

λ = ankomsttakt (paket/s)

μ = servicehastighet (paket/s)

$\rho < 1$ stabilt, $\rho \rightarrow 1$ ger lång kö

Utbredningstid (Propagation delay)

Beskrivning

- Tiden för signalen att färdas genom mediet
- Beror på avstånd och signalhastighet
- Oberoende av paketstorleken

$$d_{\text{prop}} = \frac{d}{v}$$

d = avstånd (m)

v = signalhastighet (m/s)

Exempel

Avståndet är 1000 km och signalhastigheten är $2 \cdot 10^8$ m/s.

$$d_{\text{prop}} = \frac{10^6}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 5 \text{ ms}$$

Total fördröjning

Beskrivning

- Summan av alla del-fördröjningar
- Tid från sändare till mottagare

$$d_{\text{total}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

Varje term är en del-fördröjning

Exempel

$$d_{\text{proc}} = 0.005 \text{ ms}$$

$$d_{\text{queue}} = 0.12 \text{ ms}$$

$$d_{\text{trans}} = 0.12 \text{ ms}$$

$$d_{\text{prop}} = 5 \text{ ms}$$

$$d_{\text{total}} = 0.005 + 0.12 + 0.12 + 5 = 5.245 \text{ ms}$$

Svarstid

Beskrivning

- Tiden från begäran till svar
- Inkluderar ofta tur och retur
- Kan även inkludera serverns bearbetning

$$d_{\text{svar}} = 2d_{\text{total}} + d_{\text{server}}$$

d_{total} = total nätverksfördröjning

d_{server} = servertid

Exempel

Om den totala nätverksfördröjningen är 5.245 ms och servern behöver 2 ms:

$$d_{\text{svar}} = 2 \cdot 5.245 + 2 = 12.49 \text{ ms}$$

Referenser I

- [1] Cisco Networking Academy. *Introduction to Networks Companion Guide (CCNAv7)*. Cisco Press, 2020.
- [2] Behrouz A. Forouzan. *Data communications and networking with TCP/IP protocol suite*. Sixth edition. New York: McGraw Hill. ISBN: 9781260597820.
- [3] Allan Johnson. *Routing and Switching Essentials Companion Guide*. CCNA Routing and Switching. Cisco Press, 2014. ISBN: 978-1-58713-320-6.
- [4] James F. Kurose och Keith W. Ross. *Computer Networking: A Top-Down Approach*. 6. utg. Pearson, 2013. ISBN: 978-0-13-285620-1.



Mittuniversitetet
MID SWEDEN UNIVERSITY