

Nätverksteknik A - Introduktion till länklagret

Lennart Franked

Informationssystem och -teknologi (IKS)
Mittuniversitetet

3 oktober 2018

1 Inledande föreläsning om länklagret

2 Datalänkslagret

- Inledning
- Media-access

3 Ethernet

- DIX Ethernet
- Ethertype
- IEEE Ethernet

4 Switching

- Switching fabrics
- Switch forwarding methods
- Buffering
- Switching på lager 2 och 3

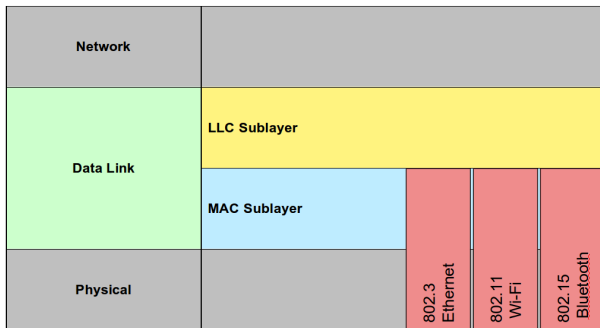
Länklagrets roll

- Kapsla in L3 paket i L2 ramar.
- Placera paket på det fysiska lagret (MAC)

Länklagrets roll

- Kapsla in L3 paket i L2 ramar.
- Placera paket på det fysiska lagret (MAC)

Länklagret



Figur 1: Datalänkslagrets sub-lager [3]

Kamp om media-access

Access till media

Hur löser vi delad access till ett nätverksmedia?

- Strid om access (Contention-based)
- Kontrollerad Access (Controlled)
- Restriktioner i protokollet
 - Simplex
 - Halv duplex
 - Full duplex

Kamp om media-access

Access till media

Hur löser vi delad access till ett nätverksmedia?

- Strid om access (Contention-based)
- **Kontrollerad Access (Controlled)**
- Restriktioner i protokollet
 - Simplex
 - Halv duplex
 - Full duplex

Kamp om media-access

Access till media

Hur löser vi delad access till ett nätverksmedia?

- Strid om access (Contention-based)
- Kontrollerad Access (Controlled)
- **Restriktioner i protokollet**
 - ▶ Simplex
 - ▶ Halv duplex
 - ▶ Full duplex

Kamp om media-access

Access till media

Hur löser vi delad access till ett nätverksmedia?

- Strid om access (Contention-based)
- Kontrollerad Access (Controlled)
- **Restriktioner i protokollet**
 - ▶ Simplex
 - ▶ Halv duplex
 - ▶ Full duplex

Kamp om media-access

Access till media

Hur löser vi delad access till ett nätverksmedia?

- Strid om access (Contention-based)
- Kontrollerad Access (Controlled)
- **Restriktioner i protokollet**
 - ▶ Simplex
 - ▶ Halv duplex
 - ▶ Full duplex

Kamp om media-access

Access till media

Hur löser vi delad access till ett nätverksmedia?

- Strid om access (Contention-based)
- Kontrollerad Access (Controlled)
- **Restriktioner i protokollet**
 - ▶ Simplex
 - ▶ Halv duplex
 - ▶ Full duplex

CSMA – Carrier Sense Multiple Access

- Varje enhet kontrollerar mediumet efter aktivitet.
- Avsaknad av aktivitet indikerar att mediet är ledigt.
- Då mediet är ledigt påbörjar noden sändningsprocessen.
- Skalar dåligt.

CSMA – Carrier Sense Multiple Access

- Varje enhet kontrollerar mediumet efter aktivitet.
- **Avsaknad av aktivitet indikerar att mediet är ledigt.**
- Då mediet är ledigt påbörjar noden sändningsprocessen.
- Skalar dåligt.

CSMA – Carrier Sense Multiple Access

- Varje enhet kontrollerar mediumet efter aktivitet.
- Avsaknad av aktivitet indikerar att mediet är ledigt.
- Då mediet är ledigt påbörjar noden sändningsprocessen.
- Skalar dåligt.

CSMA – Carrier Sense Multiple Access

- Varje enhet kontrollerar mediumet efter aktivitet.
- Avsaknad av aktivitet indikerar att mediet är ledigt.
- Då mediet är ledigt påbörjar noden sändningsprocessen.
- Skalar dåligt.

Hur hanteras kollisioner?

- Hantera kollisioner då de inträffar.
- Undvika att kollisioner sker från första början.

Hur hanteras kollisioner?

- Hantera kollisioner då de inträffar.
- Undvika att kollisioner sker från första början.

Collision Detection

- Lyssnar på mediet samtidigt som man skickar.
- Känner av ifall energin ökas på mediet undertiden man skickar.
- Ökning av energi = kollision.
- Vid en upptäckt kollision slutar båda parter sända
- Avvaktar en slumpmässig tid och försöker igen.

Hantera kollisioner

Collision Detection

- Lyssnar på mediet samtidigt som man skickar.
- **Känner av ifall energin ökas på mediet undertiden man skickar.**
- Ökning av energi = kollision.
- Vid en upptäckt kollision slutar båda parter sända
- Avvaktar en slumpmässig tid och försöker igen.

Hantera kollisioner

Collision Detection

- Lyssnar på mediet samtidigt som man skickar.
- Känner av ifall energin ökas på mediet undertiden man skickar.
- **Ökning av energi = kollision.**
- Vid en upptäckt kollision slutar båda parter sända
- Avvaktar en slumpmässig tid och försöker igen.

Hantera kollisioner

Collision Detection

- Lyssnar på mediet samtidigt som man skickar.
- Känner av ifall energin ökas på mediet undertiden man skickar.
- Ökning av energi = kollision.
- Vid en upptäckt kollision slutar båda parter sända
- Avvaktar en slumpmässig tid och försöker igen.

Collision Detection

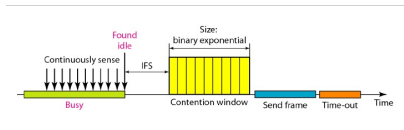
- Lyssnar på mediet samtidigt som man skickar.
- Känner av ifall energin ökas på mediet undertiden man skickar.
- Ökning av energi = kollision.
- Vid en upptäckt kollision slutar båda parter sända
- Avvaktar en slumpmässig tid och försöker igen.

Undvika kollisioner

Problemet med Collision Detection (CD) är att det inte alltid är möjligt att upptäcka kollisioner.

Collision Avoidance

- Vänta mellan sändningar
- Väntetid mellan enheter som vill sända.
- Bekräftelse på mottagna ramar.



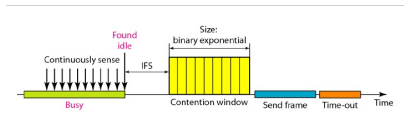
Figur 2: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner

Problemet med Collision Detection (CD) är att det inte alltid är möjligt att upptäcka kollisioner.

Collision Avoidance

- Vänta mellan sändningar
- Väntetid mellan enheter som vill sända.
- Bekräftelse på mottagna ramar.



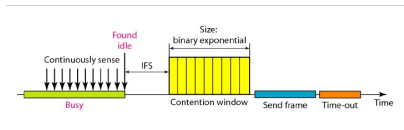
Figur 2: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner

Problemet med Collision Detection (CD) är att det inte alltid är möjligt att upptäcka kollisioner.

Collision Avoidance

- Vänta mellan sändningar
- Väntetid mellan enheter som vill sända.
- Bekräftelse på mottagna ramar.

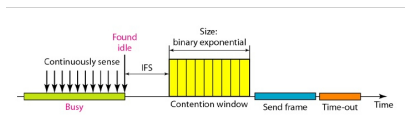


Figur 2: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner II

IFS – Interframe Space

- Väntetid varje nod måste vänta innan den skickar en signal.
- Om mediet är ledigt efter IFS, kan noden gå vidare till nästa steg.
- Går att använda som ett sätt att styra prioritet

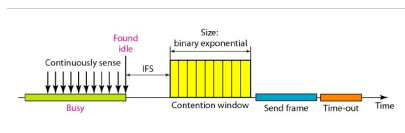


Figur 3: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner II

IFS – Interframe Space

- Väntetid varje nod måste vänta innan den skickar en signal.
- Om mediet är ledigt efter IFS, kan noden gå vidare till nästa steg.
- Går att använda som ett sätt att styra prioritet

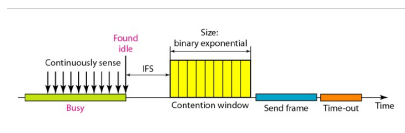


Figur 3: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner II

IFS – Interframe Space

- Väntetid varje nod måste vänta innan den skickar en signal.
- Om mediet är ledigt efter IFS, kan noden gå vidare till nästa steg.
- Går att använda som ett sätt att styra prioritet

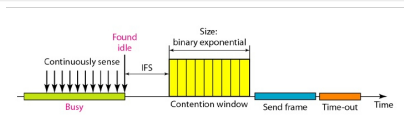


Figur 3: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner III

Contention Window

- En tidsram som är uppdelat i 'slots'
- Varje 'slot' har en storlek på maximal utbredningstid på mediet
- Varje enhet väljer ett slumpat antal slots att vänta
- Om mediet är ledigt när det är nodens tur kan data skickas.
- Om man upptäcker att mediet används så stannas timern
- Timern fortsätter från där den stoppades så fort mediet blir ledigt.

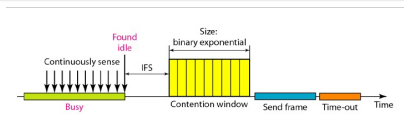


Figur 4: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner III

Contention Window

- En tidsram som är uppdelat i 'slots'
- Varje 'slot' har en storlek på maximal utbredningstid på mediet
- Varje enhet väljer ett slumpat antal slots att vänta
- Om mediet är ledigt när det är nodens tur kan data skickas.
- Om man upptäcker att mediet används så stannas timern
- Timern fortsätter från där den stoppades så fort mediet blir ledigt.

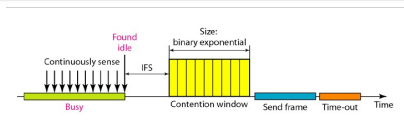


Figur 4: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner III

Contention Window

- En tidsram som är uppdelat i 'slots'
- Varje 'slot' har en storlek på maximal utbredningstid på mediet
- **Varje enhet väljer ett slumpat antal slots att vänta**
- Om mediet är ledigt när det är nodens tur kan data skickas.
- Om man upptäcker att mediet används så stannas timern
- Timern fortsätter från där den stoppades så fort mediet blir ledigt.

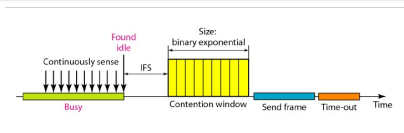


Figur 4: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner III

Contention Window

- En tidsram som är uppdelat i 'slots'
- Varje 'slot' har en storlek på maximal utbredningstid på mediet
- Varje enhet väljer ett slumpat antal slots att vänta
- Om mediet är ledigt när det är nodens tur kan data skickas.
- Om man upptäcker att mediet används så stannas timern
- Timern fortsätter från där den stoppades så fort mediet blir ledigt.

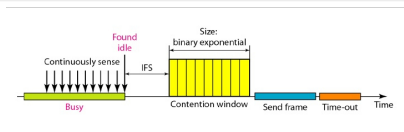


Figur 4: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner III

Contention Window

- En tidsram som är uppdelat i 'slots'
- Varje 'slot' har en storlek på maximal utbredningstid på mediet
- Varje enhet väljer ett slumpat antal slots att vänta
- Om mediet är ledigt när det är nodens tur kan data skickas.
- Om man upptäcker att mediet används så stannas timern
- Timern fortsätter från där den stoppades så fort mediet blir ledigt.

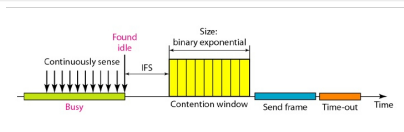


Figur 4: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner III

Contention Window

- En tidsram som är uppdelat i 'slots'
- Varje 'slot' har en storlek på maximal utbredningstid på mediet
- Varje enhet väljer ett slumpat antal slots att vänta
- Om mediet är ledigt när det är nodens tur kan data skickas.
- Om man upptäcker att mediet används så stannas timern
- Timern fortsätter från där den stoppades så fort mediet blir ledigt.

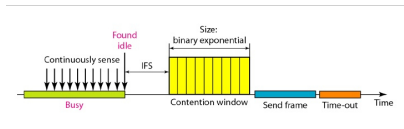


Figur 4: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner IV

Bekräftelse

- Trots detta kan kollisioner ske.
- Bekräftelse skickas på varje mottagen ram.

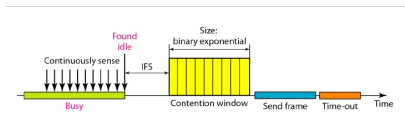


Figur 5: CSMA/CA [4]

Undvika kollisioner IV

Bekräftelse

- Trots detta kan kollisioner ske.
- Bekräftelse skickas på varje mottagen ram.



Figur 5: CSMA/CA [4]

Ramdomäner

- Broadcastdomän
- Kollisionsdomän

Innehåll

1 Inledande föreläsning om länklagret

2 Datalänkslagret

- Inledning
- Media-access

3 Ethernet

- DIX Ethernet
- Ethertype
- IEEE Ethernet

4 Switching

- Switching fabrics
- Switch forwarding methods
- Buffering
- Switching på lager 2 och 3

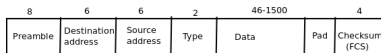
Två olika versioner av ethernet. IEEE 802.2 och IEEE 802.3.
DIX Ethernet.
Vad är vad?

DIX Ethernet

DIX

Digital Intel Xerox

- Togs fram under ledning av Robert Metcalfe vid mitten av 70-talet.
- Xerox PARC (Paolo Alto Research Center).
- Inspirerad av ALOHA som Metcalfe arbetat med tidigare.
- Xerox Ethernet som blev så pass stort att Xerox tillsammans med Digital och Intel tog fram en standard baserad på detta. DIX Ethernet.

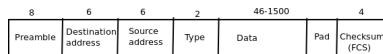


Figur 6: Ethernet DIX - header [2]

DIX

Digital Intel Xerox

- Togs fram under ledning av Robert Metcalfe vid mitten av 70-talet.
- Xerox PARC (Paolo Alto Research Center).
- Inspirerad av ALOHA som Metcalfe arbetat med tidigare.
- Xerox Ethernet som blev så pass stort att Xerox tillsammans med Digital och Intel tog fram en standard baserad på detta. DIX Ethernet.

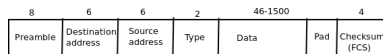


Figur 6: Ethernet DIX - header [2]

DIX

Digital Intel Xerox

- Togs fram under ledning av Robert Metcalfe vid mitten av 70-talet.
- Xerox PARC (Paolo Alto Research Center).
- Inspirerad av ALOHA som Metcalfe arbetat med tidigare.
- Xerox Ethernet som blev så pass stort att Xerox tillsammans med Digital och Intel tog fram en standard baserad på detta. DIX Ethernet.

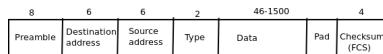


Figur 6: Ethernet DIX - header [2]

DIX

Digital Intel Xerox

- Togs fram under ledning av Robert Metcalfe vid mitten av 70-talet.
- Xerox PARC (Paolo Alto Research Center).
- Inspirerad av ALOHA som Metcalfe arbetat med tidigare.
- Xerox Ethernet som blev så pass stort att Xerox tillsammans med Digital och Intel tog fram en standard baserad på detta. DIX Ethernet.

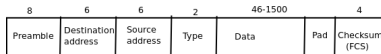


Figur 6: Ethernet DIX - header [2]

DIX

Digital Intel Xerox

- **Publiserades 1980.**
- Preamble, Destination, Source, Type, Data, Pad, Checksum.
- Längd identifieras genom att gå in i data.
- Denna standard är den som används av majoriteten av alla Ethernet noder.

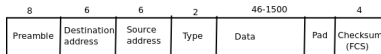


Figur 7: Ethernet DIX - header [2]

DIX

Digital Intel Xerox

- Publicerades 1980.
- Preamble, Destination, Source, Type, Data, Pad, Checksum.
- Längd identifieras genom att gå in i data.
- Denna standard är den som används av majoriteten av alla Ethernet noder.

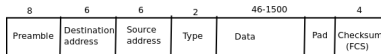


Figur 7: Ethernet DIX - header [2]

DIX

Digital Intel Xerox

- Publicerades 1980.
- Preamble, Destination, Source, Type, Data, Pad, Checksum.
- Längd identifieras genom att gå in i data.
- Denna standard är den som används av majoriteten av alla Ethernet noder.

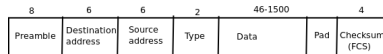


Figur 7: Ethernet DIX - header [2]

DIX

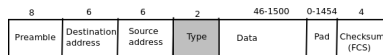
Digital Intel Xerox

- Publicerades 1980.
- Preamble, Destination, Source, Type, Data, Pad, Checksum.
- Längd identifieras genom att gå in i data.
- Denna standard är den som används av majoriteten av alla Ethernet noder.



Figur 7: Ethernet DIX - header [2]

Ethertype



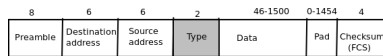
Figur 8: Ethernet Type field [2]

- 2 byte stort fält
- Identifierar lager 3 protokoll.

Ethertype #	Protokoll
0800	IPv4
0806	ARP
86DD	IPv6

Tabell 1: EtherType - Exempel på värden [5]

Ethertype



Figur 8: Ethernet Type field [2]

- 2 byte stort fält
- Identifierar lager 3 protokoll.

Ethertype #	Protokoll
0800	IPv4
0806	ARP
86DD	IPv6

Tabell 1: EtherType - Exempel på värden [5]

IEEE 802.3 och 802.2

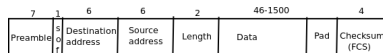
802.3

IEEE Ethernet

IEEE Ethernet

Publiserades 1983 och är baserad på DIX standarden med några få undantag.

- Start of Frame - Anger att här börjar framen(ramen).
- Length istället för type
- Mer trogen lagermodellen än DIX.
- Skapade dock problem med att identifiera övre lager.
- Löstes med IEEE 802.2



Figur 9: Ethernet 802.3 [8]

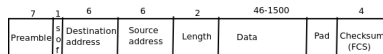
802.3

IEEE Ethernet

IEEE Ethernet

Publiserades 1983 och är baserad på DIX standarden med några få undantag.

- Start of Frame - Anger att här börjar framen(ramen).
- Length istället för type
- Mer trogen lagermodellen än DIX.
- Skapade dock problem med att identifiera övre lager.
- Löstes med IEEE 802.2



Figur 9: Ethernet 802.3 [8]

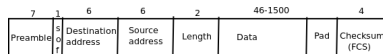
802.3

IEEE Ethernet

IEEE Ethernet

Publiserades 1983 och är baserad på DIX standarden med några få undantag.

- Start of Frame - Anger att här börjar framen(ramen).
- Length istället för type
- Mer trogen lagermodellen än DIX.
- Skapade dock problem med att identifiera övre lager.
- Löstes med IEEE 802.2



Figur 9: Ethernet 802.3 [8]

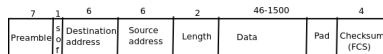
802.3

IEEE Ethernet

IEEE Ethernet

Publiserades 1983 och är baserad på DIX standarden med några få undantag.

- Start of Frame - Anger att här börjar framen(ramen).
- Length istället för type
- Mer trogen lagermodellen än DIX.
- Skapade dock problem med att identifiera övre lager.
- Löstes med IEEE 802.2



Figur 9: Ethernet 802.3 [8]

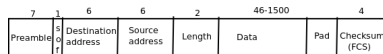
802.3

IEEE Ethernet

IEEE Ethernet

Publiserades 1983 och är baserad på DIX standarden med några få undantag.

- Start of Frame - Anger att här börjar framen(ramen).
- Length istället för type
- Mer trogen lagermodellen än DIX.
- Skapade dock problem med att identifiera övre lager.
- Löstes med IEEE 802.2

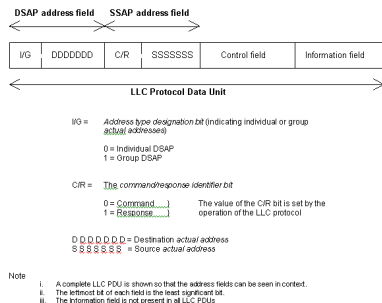


Figur 9: Ethernet 802.3 [8]

802.2 – Logical Link Control (LLC)

IEEE Ethernet

- Används för att identifiera vilket högre lager som används.
- DSAP (Destination Service Access Point) 6 bitar.
- SSAP (Source Service Access Point)
- IP fick ett SAP-nummer, ARP fick ej.

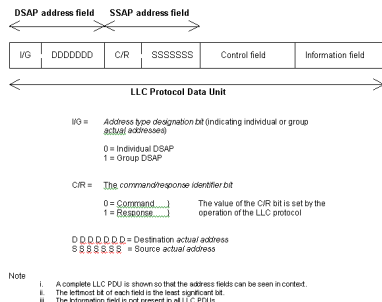


Figur 10: LLC header [6]

802.2 – Logical Link Control (LLC)

IEEE Ethernet

- Används för att identifiera vilket högre lager som används.
- DSAP (Destination Service Access Point) 6 bitar.
- SSAP (Source Service Access Point)
- IP fick ett SAP-nummer, ARP fick ej.

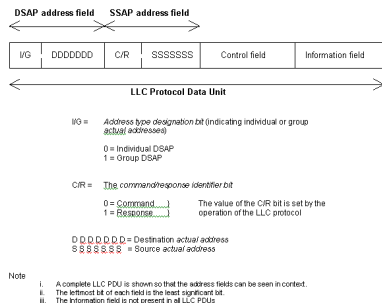


Figur 10: LLC header [6]

802.2 – Logical Link Control (LLC)

IEEE Ethernet

- Används för att identifiera vilket högre lager som används.
- DSAP (Destination Service Access Point) 6 bitar.
- SSAP (Source Service Access Point)
- IP fick ett SAP-nummer, ARP fick ej.

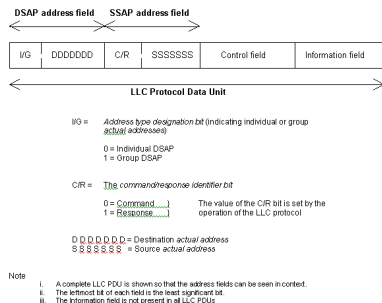


Figur 10: LLC header [6]

802.2 – Logical Link Control (LLC)

IEEE Ethernet

- Används för att identifiera vilket högre lager som används.
- DSAP (Destination Service Access Point) 6 bitar.
- SSAP (Source Service Access Point)
- IP fick ett SAP-nummer, ARP fick ej.



Figur 10: LLC header [6]

802.2 – Logical Link Control (LLC) II

IEEE Ethernet

- I/G Individual/Group, levereras till flera lager 3 protokoll.
- Command/Response - Indikerar vilken typ av paket. Fråga eller svar.
- Control Field - Indikerar om anslutningen är förbindelseorienterat eller förbindelseöst, tillförlitligt eller otillförlitligt.
- Information field, används bland annat för SNAP.



I/G = Address type designation bit (indicating individual or group actual addresses)

0 = Individual DSAP
1 = Group DSAP

C/R = The command/response identifier bit

0 = Command
1 = Response
The value of the C/R bit is set by the operation of the LLC protocol

DDDDDD = Destination actual address
SSSSSS = Source actual address

Note

- A complete LLC PDU is shown so that the address fields can be seen in context.
- The leftmost bit of each field is the least significant bit.
- The Information field is not present in all LLC PDUs

Figur 11: LLC header [6]

802.2 – Logical Link Control (LLC) II

IEEE Ethernet

- I/G Individual/Group, levereras till flera lager 3 protokoll.
- Command/Response - Indikerar vilken typ av paket. Fråga eller svar.
- Control Field - Indikerar om anslutningen är förbindelseorienterat eller förbindelseöst, tillförlitligt eller otillförlitligt.
- Information field, används bland annat för SNAP.



I/G = Address type designation bit (indicating individual or group actual addresses)

0 = Individual DSAP
1 = Group DSAP

C/R = The command/response identifier bit

0 = Command
1 = Response
The value of the C/R bit is set by the operation of the LLC protocol

DDDDDD = Destination actual address
SSSSSS = Source actual address

Note

- A complete LLC PDU is shown so that the address fields can be seen in context.
- The leftmost bit of each field is the least significant bit.
- The Information field is not present in all LLC PDUs

Figur 11: LLC header [6]

802.2 – Logical Link Control (LLC) II

IEEE Ethernet

- I/G Individual/Group, levereras till flera lager 3 protokoll.
- Command/Response - Indikerar vilken typ av paket. Fråga eller svar.
- Control Field - Indikerar om anslutningen är förbindelseorienterat eller förbindelseöst, tillförlitligt eller otillförlitligt.
- Information field, används bland annat för SNAP.



I/G = Address type designation bit (indicating individual or group actual addresses)

0 = Individual DSAP
1 = Group DSAP

C/R = The command/response identifier bit

0 = Command
1 = Response
The value of the C/R bit is set by the operation of the LLC protocol

DDDDDD = Destination actual address
SSSSSS = Source actual address

Note

- A complete LLC PDU is shown so that the address fields can be seen in context.
- The leftmost bit of each field is the least significant bit.
- The Information field is not present in all LLC PDUs

Figur 11: LLC header [6]

802.2 – Logical Link Control (LLC) II

IEEE Ethernet

- I/G Individual/Group, levereras till flera lager 3 protokoll.
- Command/Response - Indikerar vilken typ av paket. Fråga eller svar.
- Control Field - Indikerar om anslutningen är förbindelseorienterat eller förbindelseöst, tillförlitligt eller otillförlitligt.
- Information field, används bland annat för SNAP.



I/G = Address type designation bit (indicating individual or group actual addresses)

0 = Individual DSAP
1 = Group DSAP

C/R = The command/response identifier bit

0 = Command The value of the C/R bit is set by the operation of the LLC protocol
1 = Response

D D D D D D D D = Destination actual address
S S S S S S S S = Source actual address

Note

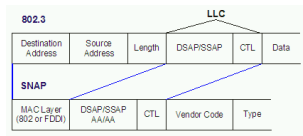
- A complete LLC PDU is shown so that the address fields can be seen in context.
- The leftmost bit of each field is the least significant bit.
- The Information field is not present in all LLC PDUs

Figur 11: LLC header [6]

SNAP – Sub Network Access Point

IEEE Ethernet

- Tillägg till 802.2
- Används för att utöka antalet protokoll som 802.2 kan stödja.
- Vendor code identifierar organisationen ansvarig för protokollet.
- Type är samma som type-fältet i DIX (Ethertype)

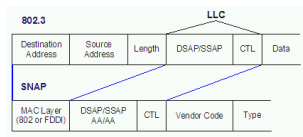


Figur 12: SNAP header [1]

SNAP – Sub Network Access Point

IEEE Ethernet

- Tillägg till 802.2
- Används för att utöka antalet protokoll som 802.2 kan stödja.
- Vendor code indentifierar organisationen ansvarig för protokollet.
- Type är samma som type-fältet i DIX (Ethertype)

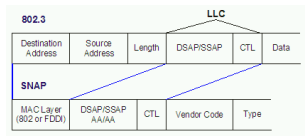


Figur 12: SNAP header [1]

SNAP – Sub Network Access Point

IEEE Ethernet

- Tillägg till 802.2
- Används för att utöka antalet protokoll som 802.2 kan stödja.
- Vendor code indentifierar organisationen ansvarig för protokollet.
- Type är samma som type-fältet i DIX (Ethertype)

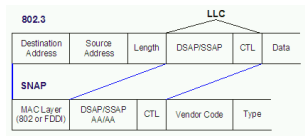


Figur 12: SNAP header [1]

SNAP – Sub Network Access Point

IEEE Ethernet

- Tillägg till 802.2
- Används för att utöka antalet protokoll som 802.2 kan stödja.
- Vendor code identifierar organisationen ansvarig för protokollet.
- Type är samma som type-fältet i DIX (Ethertype)

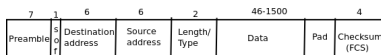


Figur 12: SNAP header [1]

IEEE 802.3 kompromiss

IEEE Ethernet

- Gav med sig 1997.
- Fältet Type används också som längd.
- EtherType värden innan 1997 hade värden högre än 0600_{16} 1536_{10}
- Om $\text{Length/Type} \leq 0600_{16}$ tolkas fältet som längd.
- Om $\text{Length/Type} > 0600_{16}$ tolkas fältet som Typ.

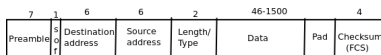


Figur 13: Ethernets kompromiss

IEEE 802.3 kompromiss

IEEE Ethernet

- Gav med sig 1997.
- Fältet Type används också som längd.
- EtherType värden innan 1997 hade värden högre än 0600_{16} 1536_{10}
- Om $\text{Length/Type} \leq 0600_{16}$ tolkas fältet som längd.
- Om $\text{Length/Type} > 0600_{16}$ tolkas fältet som Typ.

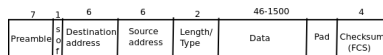


Figur 13: Ethernets kompromiss

IEEE 802.3 kompromiss

IEEE Ethernet

- Gav med sig 1997.
- Fältet Type används också som längd.
- EtherType värden innan 1997 hade värden högre än 0600_{16} 1536_{10}
- Om $\text{Length/Type} \leq 0600_{16}$ tolkas fältet som längd.
- Om $\text{Length/Type} > 0600_{16}$ tolkas fältet som Typ.

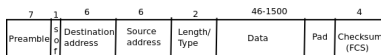


Figur 13: Ethernets kompromiss

IEEE 802.3 kompromiss

IEEE Ethernet

- Gav med sig 1997.
- Fältet Type används också som längd.
- EtherType värden innan 1997 hade värden högre än 0600_{16} 1536_{10}
- Om $\text{Length/Type} \leq 0600_{16}$ tolkas fältet som längd.
- Om $\text{Length/Type} > 0600_{16}$ tolkas fältet som Typ.

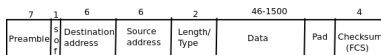


Figur 13: Ethernets kompromiss

IEEE 802.3 kompromiss

IEEE Ethernet

- Gav med sig 1997.
- Fältet Type används också som längd.
- EtherType värden innan 1997 hade värden högre än 0600_{16} 1536_{10}
- Om $\text{Length/Type} \leq 0600_{16}$ tolkas fältet som längd.
- Om $\text{Length/Type} > 0600_{16}$ tolkas fältet som Typ.



Figur 13: Ethernets kompromiss

Innehåll

1 Inledande föreläsning om länklagret

2 Datalänkslagret

- Inledning
- Media-access

3 Ethernet

- DIX Ethernet
- Ethertype
- IEEE Ethernet

4 Switching

- Switching fabrics
- Switch forwarding methods
- Buffering
- Switching på lager 2 och 3

Switching

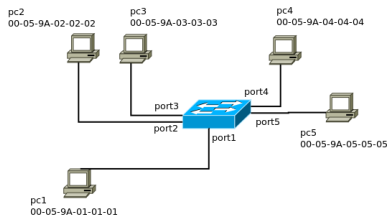
Steg 1

Switch MAC address table

MAC address table lagrar vilka adresser som finns på vilken port.

Tabell 2: Switch MAC Address Table

Port #	MAC
1	
2	
3	
4	
5	



Figur 14: Switch topology

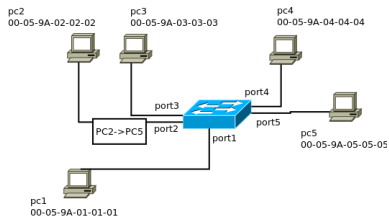
Steg 2

Switch MAC address table

Populeras genom att läsa source MAC.

Tabell 3: Switch MAC Address Table

Port #	MAC
1	
2	
3	
4	
5	



Figur 15: Switch topology

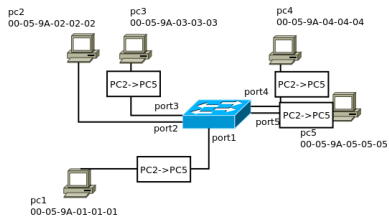
Steg 3

Switch MAC address table

Om destinationsadressen ej finns, broadcastas ramen.

Tabell 4: Switch MAC Address Table

Port #	MAC
1	
2	00-05-9A-02-02-02
3	
4	
5	



Figur 16: Switch topology

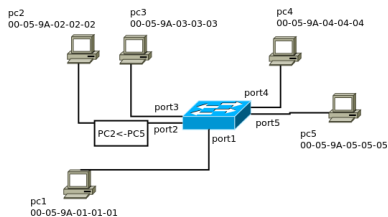
Steg 4

Switch MAC address table

- Vid svar läggs dennes MAC adress in i tabellen.
- Från andra steget vet switchen vilken port som är kopplad till destinationsadressen.

Tabell 5: Switch MAC Address Table

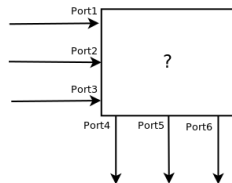
Port #	MAC
1	
2	00-05-9A-02-02-02
3	
4	
5	00-05-9A-05-05-05



Figur 17: Switch topology

Switching fabrics

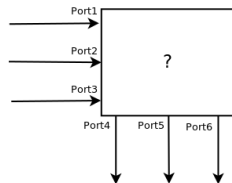
- Mekanism som tar ramen från den inkommande kön och placerar den i utgående kö.
- Switching via memory.
- Switching via a bus.
- Switching via a crossbar.



Figur 18: Switching fabric

Switching fabrics

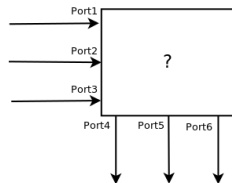
- Mekanism som tar ramen från den inkommande kön och placerar den i utgående kö.
- **Switching via memory.**
- Switching via a bus.
- Switching via a crossbar.



Figur 18: Switching fabric

Switching fabrics

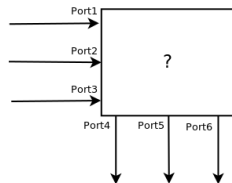
- Mekanism som tar ramen från den inkommande kön och placerar den i utgående kö.
- Switching via memory.
- Switching via a bus.
- Switching via a crossbar.



Figur 18: Switching fabric

Switching fabrics

- Mekanism som tar ramen från den inkommande kön och placerar den i utgående kö.
- Switching via memory.
- Switching via a bus.
- Switching via a crossbar.

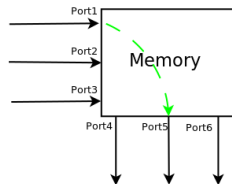


Figur 18: Switching fabric

Switching via memory

Switching fabrics

- Enklaste typen av switching används i vanliga datorer samt många switchar.
- Switching hanteras av processorn som vilken I/O enhet som helst.
- Interrupt skapas när en ram tas emot.

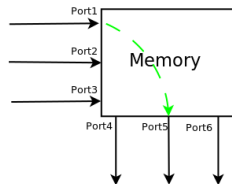


Figur 19: Switching fabric - Memory [7]

Switching via memory

Switching fabrics

- Enklaste typen av switching används i vanliga datorer samt många switchar.
- Switching hanteras av processorn som vilken I/O enhet som helst.
- Interrupt skapas när en ram tas emot.

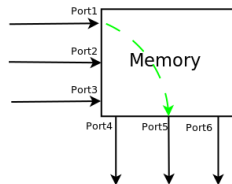


Figur 19: Switching fabric - Memory [7]

Switching via memory

Switching fabrics

- Enklaste typen av switching används i vanliga datorer samt många switchar.
- Switching hanteras av processorn som vilken I/O enhet som helst.
- Interrupt skapas när en ram tas emot.

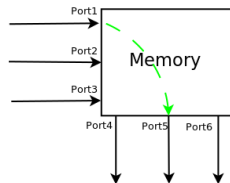


Figur 19: Switching fabric - Memory [7]

Switching via memory II

Switching fabrics

- Ramen kopieras in till minnet och destinationen läses in.
- Processorn kopierar paketet till respektive utgående ports buffer.
- Endast en ram kan hanteras åt gången.
- Hastigheten begränsas av minnets bandbredd.

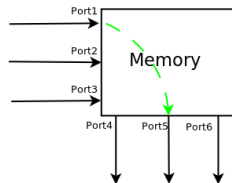


Figur 20: Switching fabric - Memory [7]

Switching via memory II

Switching fabrics

- Ramen kopieras in till minnet och destinationen läses in.
- Processorn kopierar paketet till respektive utgående ports buffer.
- Endast en ram kan hanteras åt gången.
- Hastigheten begränsas av minnets bandbredd.

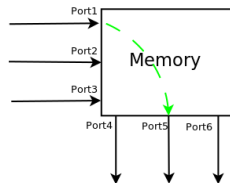


Figur 20: Switching fabric - Memory [7]

Switching via memory II

Switching fabrics

- Ramen kopieras in till minnet och destinationen läses in.
- Processorn kopierar paketet till respektive utgående ports buffer.
- Endast en ram kan hanteras åt gången.
- Hastigheten begränsas av minnets bandbredd.

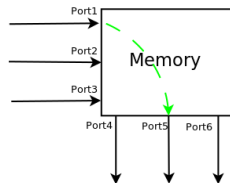


Figur 20: Switching fabric - Memory [7]

Switching via memory II

Switching fabrics

- Ramen kopieras in till minnet och destinationen läses in.
- Processorn kopierar paketet till respektive utgående ports buffer.
- Endast en ram kan hanteras åt gången.
- Hastigheten begränsas av minnets bandbredd.

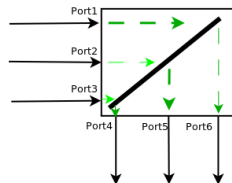


Figur 20: Switching fabric - Memory [7]

Switching via bus

Switching fabrics

- Inkommande ramar tas emot och destinationen läses in.
- En intern header läggs till på ramen.
- Ramen skickas till alla utgående portar via en gemensam buss.
- Enbart den utgående porten behåller ramen.

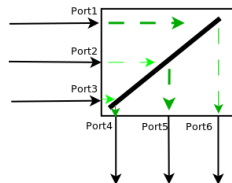


Figur 21: Switching fabric - bus [7]

Switching via bus

Switching fabrics

- Inkommande ramar tas emot och destinationen läses in.
- En intern header läggs till på ramen.
- Ramen skickas till alla utgående portar via en gemensam buss.
- Enbart den utgående porten behåller ramen.

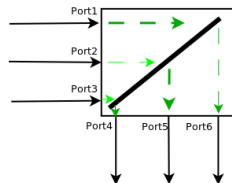


Figur 21: Switching fabric - bus [7]

Switching via bus

Switching fabrics

- Inkommande ramar tas emot och destinationen läses in.
- En intern header läggs till på ramen.
- Ramen skickas till alla utgående portar via en gemensam buss.
- Enbart den utgående porten behåller ramen.

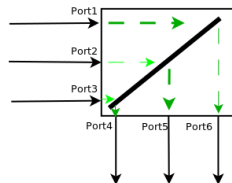


Figur 21: Switching fabric - bus [7]

Switching via bus

Switching fabrics

- Inkommande ramar tas emot och destinationen läses in.
- En intern header läggs till på ramen.
- Ramen skickas till alla utgående portar via en gemensam buss.
- Enbart den utgående porten behåller ramen.

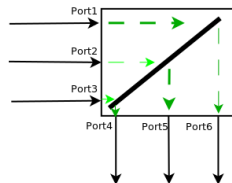


Figur 21: Switching fabric - bus [7]

Switching via bus II

Switching fabrics

- Endast en ram kan skickas åt gången.
- Oftast väldigt hög hastighet på bussen (Cisco 5600 har en 32Gbps buss)
- Hastigheten begränsas av bussen.

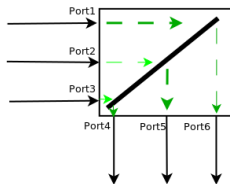


Figur 22: Switching fabric - bus [7]

Switching via bus II

Switching fabrics

- Endast en ram kan skickas åt gången.
- Oftast väldigt hög hastighet på bussen (Cisco 5600 har en 32Gbps buss)
- Hastigheten begränsas av bussen.

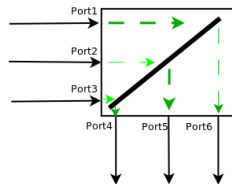


Figur 22: Switching fabric - bus [7]

Switching via bus II

Switching fabrics

- Endast en ram kan skickas åt gången.
- Oftast väldigt hög hastighet på bussen (Cisco 5600 har en 32Gbps buss)
- Hastigheten begränsas av bussen.

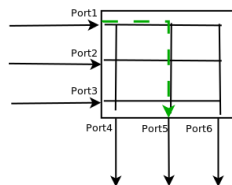


Figur 22: Switching fabric - bus [7]

Switching via crossbar

Switching fabrics

- Nätverk av N inkommande portar och N utgående portar.
- Varje port har en egen buss och de kan kopplas ihop vid begäran, dvs vi har $2N$ bussar.
- En inkommande ram analyseras och efter destinationen är fastlagden kopplas den inkommande portens buss ihop med den utgående bussens (kretskoppling).

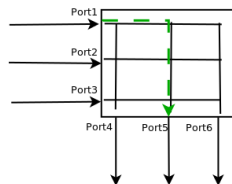


Figur 23: Switching fabric - crossbar [7]

Switching via crossbar

Switching fabrics

- Nätverk av N inkommande portar och N utgående portar.
- Varje port har en egen buss och de kan kopplas ihop vid begäran, dvs vi har $2N$ bussar.
- En inkommande ram analyseras och efter destinationen är fastlagden kopplas den inkommande portens buss ihop med den utgående bussens (kretskoppling).

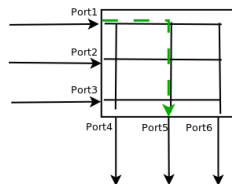


Figur 23: Switching fabric - crossbar [7]

Switching via crossbar

Switching fabrics

- Nätverk av N inkommande portar och N utgående portar.
- Varje port har en egen buss och de kan kopplas ihop vid begäran, dvs vi har $2N$ bussar.
- En inkommande ram analyseras och efter destinationen är fastlagen kopplas den inkommande portens buss ihop med den utgående bussens (kretskoppling).

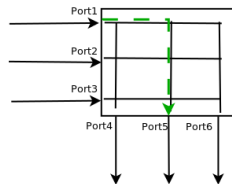


Figur 23: Switching fabric - crossbar [7]

Switching via crossbar II

Switching fabrics

- Flera ramar kan skickas parallellt.
- Om två ramar ska till samma utgående port, måste en vänta.
- Tekniken används i de mer avancerade switcharna (Cisco 12000).

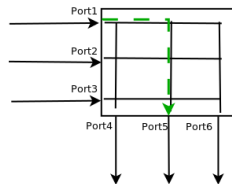


Figur 24: Switching fabric - crossbar [7]

Switching via crossbar II

Switching fabrics

- Flera ramar kan skickas parallellt.
- Om två ramar ska till samma utgående port, måste en vänta.
- Tekniken används i de mer avancerade switcharna (Cisco 12000).

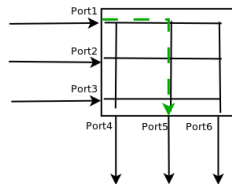


Figur 24: Switching fabric - crossbar [7]

Switching via crossbar II

Switching fabrics

- Flera ramar kan skickas parallellt.
- Om två ramar ska till samma utgående port, måste en vänta.
- Tekniken används i de mer avancerade switcharna (Cisco 12000).



Figur 24: Switching fabric - crossbar [7]

Switch forwarding methods

- Två typer av vidarekopplingsfunktioner.
 - Store-and-forward.
 - Cut-Through Switching.

Switch forwarding methods

- Två typer av vidarekopplingsfunktioner.
- **Store-and-forward.**
- Cut-Through Switching.

Switch forwarding methods

- Två typer av vidarekopplingsfunktioner.
- Store-and-forward.
- Cut-Through Switching.

Store-and-forward

- Lagrar hela ramen i en buffer.
- Beräknar checksumman på ramen.
- Slänger ramen om checksumman är felaktig.
- Minskar antalet korrupta ramar på nätet.
- Måste användas vid QoS.
- Vanligast använd.

Store-and-forward

- Lagrar hela ramen i en buffer.
- **Beräknar checksumman på ramen.**
- Slänger ramen om checksumman är felaktig.
- Minskar antalet korrupta ramar på nätet.
- Måste användas vid QoS.
- Vanligast använd.

Store-and-forward

- Lagrar hela ramen i en buffer.
- Beräknar checksumman på ramen.
- **Slänger ramen om checksumman är felaktig.**
- Minskar antalet korrupta ramar på nätet.
- Måste användas vid QoS.
- Vanligast använd.

Store-and-forward

- Lagrar hela ramen i en buffer.
- Beräknar checksumman på ramen.
- Slänger ramen om checksumman är felaktig.
- **Minskar antalet korrupta ramar på nätet.**
- Måste användas vid QoS.
- Vanligast använd.

Store-and-forward

- Lagrar hela ramen i en buffer.
- Beräknar checksumman på ramen.
- Slänger ramen om checksumman är felaktig.
- Minskar antalet korrupta ramar på nätet.
- **Måste användas vid QoS.**
- Vanligast använd.

Store-and-forward

- Lagrar hela ramen i en buffer.
- Beräknar checksumman på ramen.
- Slänger ramen om checksumman är felaktig.
- Minskar antalet korrupta ramar på nätet.
- Måste användas vid QoS.
- Vanligast använd.

Cut-Through Switching

Två varianter av Cut-Through Switching

- Fast Forward
- Fragment Free

Cut-Through Switching

Två varianter av Cut-Through Switching

- Fast Forward
- Fragment Free

Fast Forward

Cut-Through Switching

Fast Forward

- Läser enbart in de första 14 bytes för att veta destinationen.
- Därefter börjar den skicka vidare ramen innan hela paketet blivit mottaget.
- Snabbt, men kan skicka vidare korrupta ramar.

Fast Forward

Cut-Through Switching

Fast Forward

- Läser enbart in de första 14 bytes för att veta destinationen.
- Därefter börjar den skicka vidare ramen innan hela paketet blivit mottaget.
- Snabbt, men kan skicka vidare korrupta ramar.

Fast Forward

Cut-Through Switching

Fast Forward

- Läser enbart in de första 14 bytes för att veta destinationen.
- Därefter börjar den skicka vidare ramen innan hela paketet blivit mottaget.
- Snabbt, men kan skicka vidare korrupta ramar.

Fragment Free

Cut-Through Switching

Fragment-free

- Lagrar de första 64 bytes av en ram.
- De flesta kollisioner sker inom de första 64 bytes av ramen har skickats.
- Minskar risken att skicka vidare korrupta ramar.

Fragment Free

Cut-Through Switching

Fragment-free

- Lagrar de första 64 bytes av en ram.
- De flesta kollisioner sker inom de första 64 bytes av ramen har skickats.
- Minskar risken att skicka vidare korrupta ramar.

Fragment Free

Cut-Through Switching

Fragment-free

- Lagrar de första 64 bytes av en ram.
- De flesta kollisioner sker inom de första 64 bytes av ramen har skickats.
- Minskar risken att skicka vidare korrupta ramar.

Buffers

Ramlagring

Två tekniker används för att lagra ramar i en switch/router.

Gemensamt minne, Memory based

Buffers

- Alla portar delar på samma minne.
- Denna teknik tillåter exempelvis större ramar, då minnet tilldelas dynamiskt efter behov.
- Tillåter asymmetrisk switching där inkommande ramar tas emot snabbare än de kan skickas.
- Nackdelen är att en överföring kan ta upp större delen av minnet.

Gemensamt minne, Memory based

Buffers

- Alla portar delar på samma minne.
- Denna teknik tillåter exempelvis större ramar, då minnet tilldelas dynamiskt efter behov.
- Tillåter asymmetrisk switching där inkommande ramar tas emot snabbare än de kan skickas.
- Nackdelen är att en överföring kan ta upp större delen av minnet.

Gemensamt minne, Memory based

Buffers

- Alla portar delar på samma minne.
- Denna teknik tillåter exempelvis större ramar, då minnet tilldelas dynamiskt efter behov.
- Tillåter asymmetrisk switching där inkommande ramar tas emot snabbare än de kan skickas.
- Nackdelen är att en överföring kan ta upp större delen av minnet.

Gemensamt minne, Memory based

Buffers

- Alla portar delar på samma minne.
- Denna teknik tillåter exempelvis större ramar, då minnet tilldelas dynamiskt efter behov.
- Tillåter asymmetrisk switching där inkommande ramar tas emot snabbare än de kan skickas.
- Nackdelen är att en överföring kan ta upp större delen av minnet.

Separata minnen, Port based

Buffers

- Varje port har en egen buffert.
- Nackdel med denna teknik är att om dess destinationsport är upptagen kan denna ram blockera för senare inkomna ramar att levereras.

Separata minnen, Port based

Buffers

- Varje port har en egen buffert.
- Nackdel med denna teknik är att om dess destinationsport är upptagen kan denna ram blockera för senare inkomna ramar att levereras.

Lager 2 och Lager 3 switching

- Lager 2 switchar enbart efter MAC adressen.
- Lager 3 kollar även på IP-adressen.
- Skillnad mellan Lager 3 och en router?

Lager 2 och Lager 3 switching

- Lager 2 switchar enbart efter MAC adressen.
- Lager 3 kollar även på IP-adressen.
- Skillnad mellan Lager 3 och en router?

Lager 2 och Lager 3 switching

- Lager 2 switchar enbart efter MAC adressen.
- Lager 3 kollar även på IP-adressen.
- Skillnad mellan Lager 3 och en router?

Lager 2 och Lager 3 switching

- Lager 2 switchar enbart efter MAC adressen.
- Lager 3 kollar även på IP-adressen.
- Skillnad mellan Lager 3 och en router?
 - ▶ Lager 3 switch stödjer oftast enbart Ethernet.

Lager 2 och Lager 3 switching

- Lager 2 switchar enbart efter MAC adressen.
- Lager 3 kollar även på IP-adressen.
- Skillnad mellan Lager 3 och en router?
 - ▶ Lager 3 switch stödjer oftast enbart Ethernet.
 - ▶ Router klarar oftast andra lager 1 standarder (PPP, Frame Relay)

Lager 2 och Lager 3 switching

- Lager 2 switchar enbart efter MAC adressen.
- Lager 3 kollar även på IP-adressen.
- Skillnad mellan Lager 3 och en router?
 - ▶ Lager 3 switch stödjer oftast enbart Ethernet.
 - ▶ Router klarar oftast andra lager 1 standarder (PPP, Frame Relay)
 - ▶ Både L3 och router kan köra routing protocol (RIP, OSPF, EIGRP osv.)






Lager 2 och Lager 3 switching

- Lager 2 switchar enbart efter MAC adressen.
- Lager 3 kollar även på IP-adressen.
- Skillnad mellan Lager 3 och en router?
 - ▶ Lager 3 switch stödjer oftast enbart Ethernet.
 - ▶ Router klarar oftast andra lager 1 standarder (PPP, Frame Relay)
 - ▶ Både L3 och router kan köra routing protocol (RIP, OSPF, EIGRP osv.)
 - ▶ Router stödjer NAT/PAT, etablera anslutningar med mera.




Lager 2 och Lager 3 switching

- Lager 2 switchar enbart efter MAC adressen.
- Lager 3 kollar även på IP-adressen.
- Skillnad mellan Lager 3 och en router?
 - ▶ Lager 3 switch stödjer oftast enbart Ethernet.
 - ▶ Router klarar oftast andra lager 1 standarder (PPP, Frame Relay)
 - ▶ Både L3 och router kan köra routing protocol (RIP, OSPF, EIGRP osv.)
 - ▶ Router stödjer NAT/PAT, etablera anslutningar med mera.
 - ▶ Sådan funktionalitet har dock börjat dyka upp på L3 switchar också.

Referenser I

-  RAD Data Communication. *Ethernet Frame Format and IEEE 802.3*. 2010. URL: <http://www3.rad.com/networks/infrastructure/lans/etherform.htm>.
-  DIX. *The Ethernet. A Local Area Network Data Link Layer and Physical Layer Specifications*. September 1980.
-  Mark A. Dye och Allan D. Reid. *Introduction to Networks – Companion Guide*. Cisco Press, 2014. ISBN: 978-1-58713-316-4.
-  Behrouz A. Forouzan och Sophia Chung Fegan. *Data communications and networking*. 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 2007. ISBN: 0-07-125442-0 (International ed.)
-  IEEE. *IEEE Standard Ethertypes*. URL: <http://standards.ieee.org/develop/regauth/ethertype/eth.txt>.

Referenser II

-  IEEE. *The Structure and Coding of Logical Link Control (LLC) Addresses: A Tutorial Guide*. 2010. URL: <http://standards.ieee.org/develop/regauth/tut/llc.pdf>.
-  James F. Kurose och Keith W. Ross. *Computer networking : a top-down approach*. 6th ed. Boston: Pearson/Addison Wesley, 2013. ISBN: 9780273768968.
-  Andrew S. Tanenbaum och D. Wetherall. *Computer networks*. 5th ed. Boston: Pearson, 2011. ISBN: 9780132553179 (hft.) (International ed.)