

Nätverk – den hårda sidan

En liten introduktion och överblick av den hårdare
sidan av nätverk, den mellan koppar/fiber och
protokol så som IP.
av Magnus Danielson



Översikt

- Lagermodeller
- Några ord om kommunikation och nätverk
- Problemen som behöver lösas
- Fysiskt lager (“PHY”, linjekod, synkronisering)
- Länklagret (paketgräns, checksumma, address)
- Teknikexempel (Ethernet, SDH, FDDI, FC)

Lager på lager på lager...

- Lager-modeller är ett försök att bryta ned systemfunktionaliteten i hanterbara bitar
 - ISO definierade en referensmodell under arbetet med Open Systems Interconnection (OSI)
 - Varje lager i den 7 lager höga OSI-stacken har sin funktionalitet
 - Bryt inte mot lager-principen genom att göra saker som ligger i ett annat lager
-
-

ISO OSI lager modellen

10	Financial layer	Visst, vad kostar det och vad kan vi tjäna?
9	Political layer	Maktspelet som inte har med åsikter att göra
8	Religious layer	Arbiträra åsikter om hur saker skall göras
7	Application layer	Ger tillgång till OSI tjänsterna
6	Presentation layer	Döljer detaljer i olika sessioner
5	Session layer	Handtering av flöden
4	Transport layer	Återsändning, flödeskontroll
3	Network layer	Förbindelser över flera data länkar
2	Data link layer	Felfri överföring över fysisk länk, ramar
1	Physical layer	Transmission över fysiskt media
0	Connection layer	Kablarna i världen – här görs pengar

Där OSI modellen misslyckades

- Ursprungligen tänkt för ett specifikt system, senare system passar modellen dåligt för
 - IP-stackens lageruppfattning sitter “snett” mot OSI
 - Modellen är inte rekursivt applicerbar
 - Ett network layer protokoll kan inte använda ett transport layer protokoll för dataöverföring – resulterar i funktionsduplicering eller rena lögnar
 - Riktiga nät har rekursion – IP-tunnlar, IP över ATM, ATM över IP, Ethernet över IP
 - Glöm OSI-modellen och “lager foo”
-
-

Transport Network Reference Model (TNRM) modeller

- I grunden en teknik-oberoende modellering
 - Delar upp funktioner i lager och atomära funktioner
 - Connection Function – korskoppling
 - Trail Termination Function – övervakning
 - Adaptation Function – anpassning
 - Kan vara rekursiv
 - Allt som skall styras och övervakas modeleras
 - Används i SDH, ATM, DTM mm
-
-

Några ord om kommunikation

- “Datakom tar nu över telekom” - hur kunde det bli så här fel?
 - Datakom betyder kommunikation mellan datorer
 - Telekom betyder kommunikation över avstånd (tele kommer från grekiskans teles, jmf. teleskop, television och telefon)
 - Kommunikation är ju överföring av information, eller i alla fall meddelanden (Shannon)
 - “Datakom” resp “Telekom” är självidentifierande begrepp och inte tekniska termer
-
-

Några ord om kommunikation (2)

- “bandbredden är 100 Mbps”
 - Bandbred syftar på hur stort frekvensutrymme en signal kan eller får ta, mäts i Hertz mellan -3 dB punkterna.
 - Bithastighet (Bitrate) är oftast syftande på den teoretiska informationsöverföringskapaciteten, mäts i bit per sekund (b/s)
 - Kopplingen mellan bandbredd och bitrate är rent teoretiskt lite halvkomplex (Shannon 1948)
 - “mer bandbred” syftar egentligen på “mer bitrate”
-
-

Några ord om kommunikation (3)

- Sända bitar är symboler!
 - I binära system så är varje “bit” en symbol med två nivåer
 - Baud (Bd) är antalet sända symboler per sekund
 - Trinära (eller högre system) kan skicka mer än en bit per symbol (t.ex. PDH, FE)
 - Modem anges i t.ex. 56 kBd men har bara 8000 symboler per sekund, men 7 bitar per symbol
 - Gigabit Ethernet har 1,25 GBd men bara 1,0 Gb/s

Problemen - översikt

- Fysiska
 - Signalnivå och dämpning
 - Ansluta till medium (koppar, fiber, brevduva)
 - Anpassa signal för transmissionskanalen (impedans)
 - Kompensera briser i transmissionskanalen (dispersion)
 - Tolkning av signal – minimera feltolkning
 - Detektera symboltakt och fas
 - Detektera och tolka symbolerna
 - Detektera ramgräns
-
-

Problemen – översikt (2)

- Effektivitet i överföring
 - Minimera baudrate för en viss bitrate för att utnyttja bandbredden effektivt
- Detektera fel i transmissionskanal och meddelanden
 - Symboler kommer alltid att riskera tolkas fel
 - Olika former av kontrol-information behövs
- Multiplexera meddelanden från flera källor
 - fördela kapaciteten

Fysiska problem

- Signal dämpas
 - Alla medier dämpar signalen
 - Låg signal nivå försvårar korrekt symboldetektion
 - Olika signal nivåer behöver kompenseras
 - Automatic Gain Control (AGC)
 - Anpassar förstärkningen i mottagaränden
 - Begränsningar i gain/avstånd
 - Sändsidan har bara en viss styrka
 - AGCn kan bara förväntas förstärka en viss mängd
-
-

Fysiska Problem (2)

- Fel impedans ger
 - Reducerad signal amplitud
 - Reflexer
 - Utsmetning av symboler
 - Konsekvens
 - Koppar förbindelser är normalt koaxiala eller “twisted-pair” - kräver rätt kontakt och impedans
 - Fiber förbindelser är multi eller single mode, med olika storlek på fiberkärnan – kräver rätt kontakt, våglängd och core-storlek
-
-

Fysiska Problem (3)

- Impedans-problem
 - Impedansen är förhållandet mellan ström och spänning
 - Olika ledar-konfigurationer har olika impedanser
 - Koax typiskt 50-75 Ω
 - Twisted pair typiskt 90-120 Ω
 - Vid varje förändring av impedans kommer
 - En del av energin att bli en reflektion
 - En del av energin att bli transmission

Fysiska Problem (4)

- Dispersion
 - Dispersion är skillnaden i gångtid för olika frekvenser
 - En signal består av många olika frekvenser
 - Utspridning leder till att en tidigare sänd symbol påverkar senare sända symboler – utsmetning
 - Åtgärder
 - Val av medium som har låg dispersion
 - Kompensering av dispersion
 - För längre sträckor kan dispersion och inte dämpning sätta gränsen för snabba signaler!!!
-
-

Fysiska Problem (5)

- Symbol-sampling och jitter
 - Varje symbol mäts vid en viss samplingstidpunkt
 - Samplingstidpunkten bestäms av klockåtervinningen
 - Klockåtervinningen använder en PLL för att återskapa den sända klockan
 - Dispersion gör det svårt att avgöra var symbolgränserna är i tid – signalberoede jitter
 - Alla oscillatorer har i sig jitter – gaussiskt jitter
 - Fel symbolsamplingstidpunkt ger bitfel
-
-

Problemen – Fysiska (6)

- Summering
 - Minimera dämpning
 - Minimera impedansfel
 - Minimera dispersion
 - Stabil impedans
 - Bestämd signalstyrka och form
 - AGC
 - Dispersionskompensering
-
-

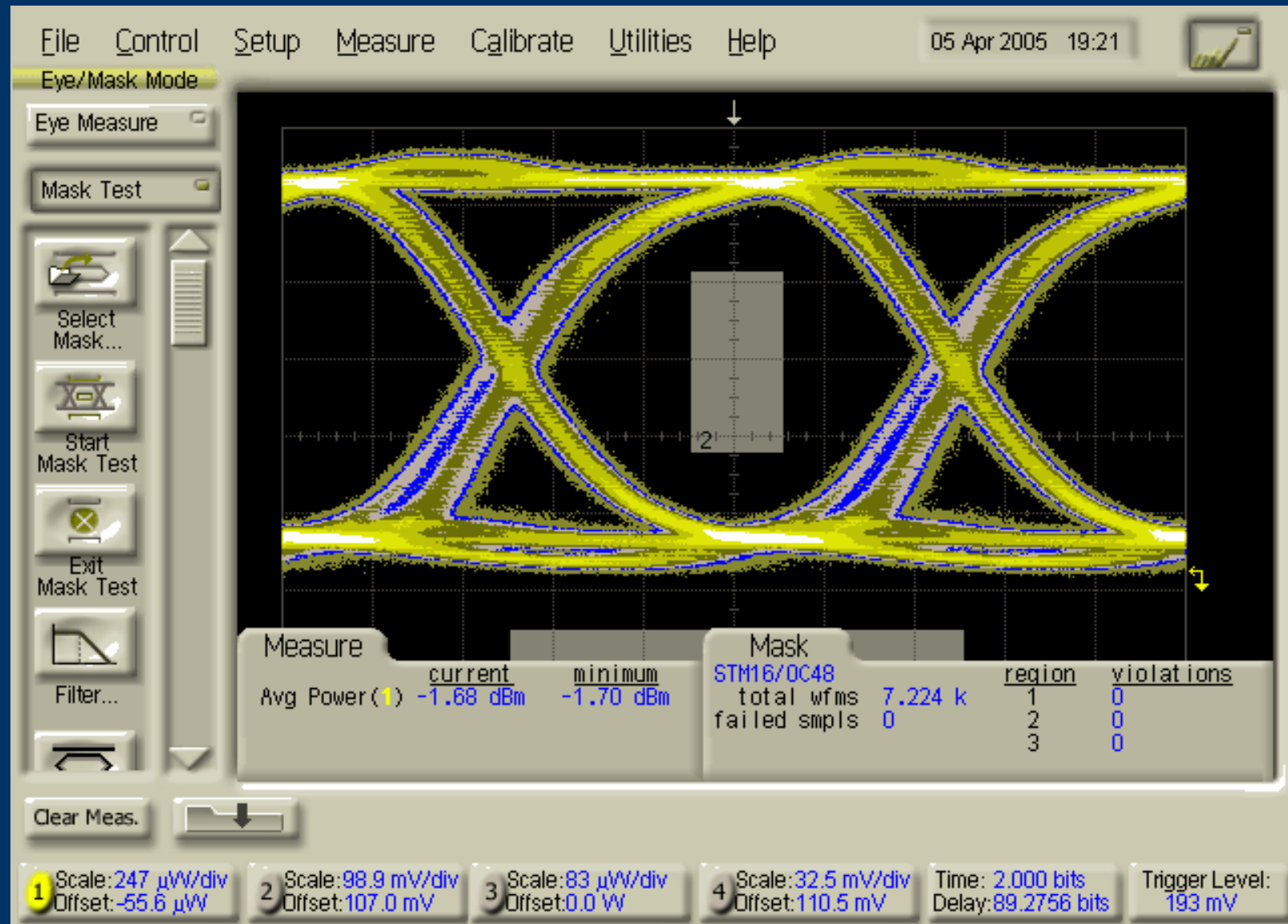
Problemen – Tolkning av signal

- Symboler
 - Informationen kodas till symboler – linjekod
 - Symbolerna sänds normalt i jämn takt – baudrate
 - Den verkliga symboltakten måste detekteras
 - Varje symbol detekteras vid en viss samplingstidpunkt
 - Sampling av symbol kan ske vid fel tidpunkt
 - Det magiska ögon diagrammet

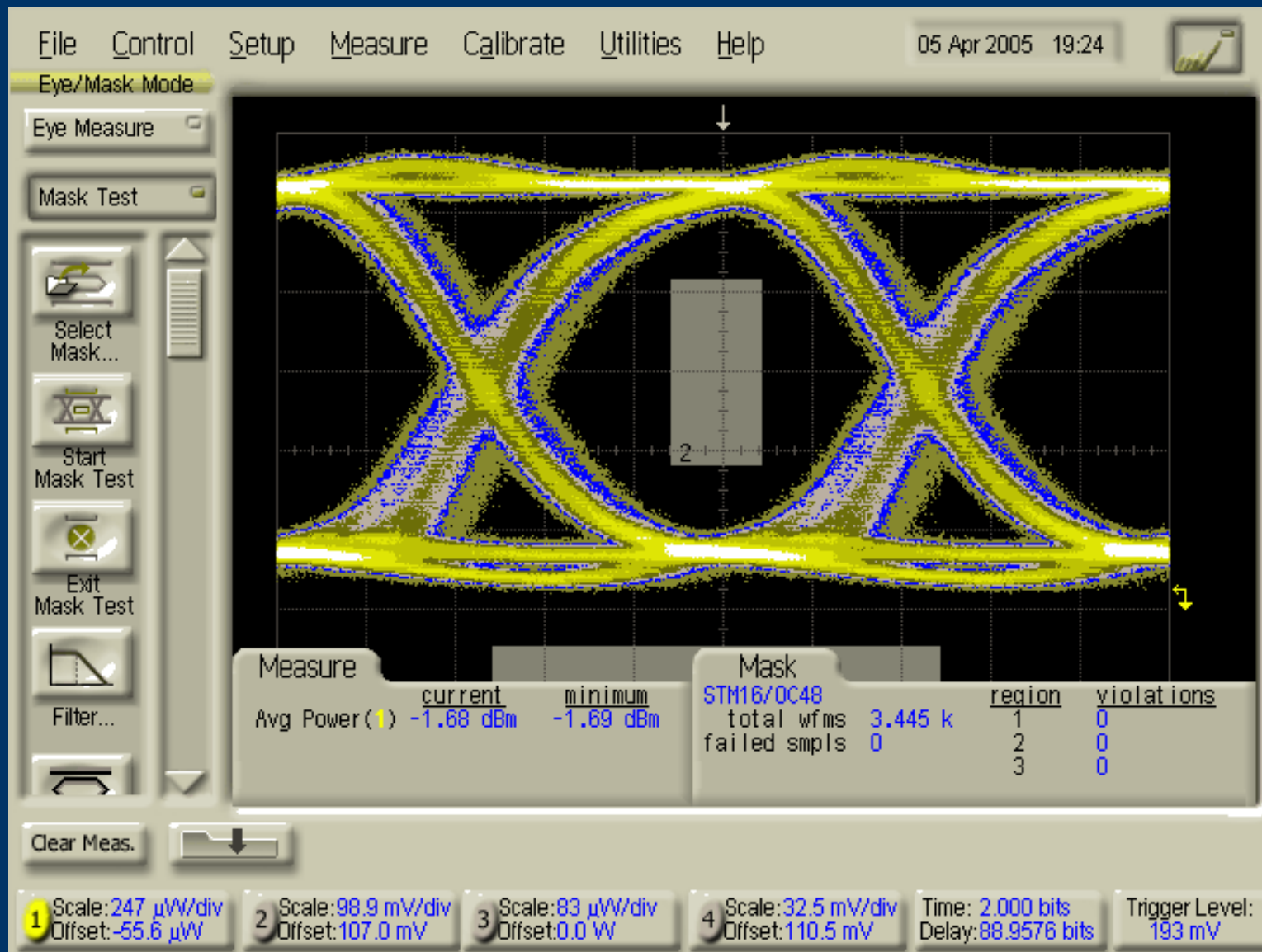
Det magiska ögondiagrammet

- Mäts med oscilloskop eller amplitud/tid-räknare
 - Visar hur en symbol ser ut
 - hur stigtid, falltid och ringning påverkar symbolerna
 - hur dispersionen påverkar symbol-gränserna
 - hur dispersionen smetar ihop symbol-nivåerna
 - hur jitter påverkar symbol-gränserna
 - Masktester
 - sätter förbjudna områden
 - klassisk metod som inte fungera bra för $\text{BER}=10^{-15}$
-
-

Ögondiagrammet – 3 m



Ögondiagram – 25 km



Ramgränser

- Var är bitarna?
 - Detektera symbolgränserna – PLL
 - Detektera symbolerna
- Men var är vilka bitar?
 - Definiera en ram – där informationen har en känd struktur
 - Definiera en ramstart – där ramen har en detekterbar start

Ramgränser (2)

- Ramstabilitet
 - Bitfelssannolikhet gör ramdetektionen instabil
 - Redundant information ger säkrare detektion
 - Cykliskt återkommande ramar
 - Mönster med redundant tolkning
 - Mönster med känd jitter innan tolkning
- Ramstartsmönster problem
 - Unika ramstart mönster förenklar men fördyrar ofta
 - Ej unika ramstartmönster kan förekomma i data

Linjekod

- Transformatorer tål inte DC ström
 - Kodning måste undertrycka DC
 - AGC kräver konstant modulerad nivå
 - Kodning kräver jämn fördelning mellan symbolerna eller minst DC-balancering för att undvika modulation
 - PLL lär sig fas-skillnader på transitionerna
 - Kräver kontinuerliga symbolskiftningar
 - Maximalt antal symboler som är samma
 - Helst hög symbolväxlingsfrekvens
-
-

Linjekod (2)

- AGC och PLL kräver uppträning
 - För icke-cykliska sändningar (klassisk Ethernet) krävs upptränings-period (preamble)
 - Minimal bandbredd
 - Bandbredd kostar i kabel och förstärkare
 - Maximal bithastighet för investerad bandbredd
 - Minimerad komplexitet
 - Komplex modulation ger dyr lösning
 - Modulation sker ofta i hög fart
-
-

Feldetektion

- Fel förekommer alltid
 - Klockjitter
 - Dispersion
 - Brus
 - Inget system är optimalt designat
 - Konsekvens av oupptäckta fel
 - Vi litar på trasiga förbindelser
 - Trasig data påverkar tillstånd
 - Mota Olle i grind bättre design-princip
-
-

Feldetektion (2)

- Principer
 - Generera ett fingeravtryck av sänd data
 - Skicka fingeravtrycket med data på känt ställe
 - Generera ett nytt fingeravtryck i mottagaren
 - Jämföra det medsända fingeravtrycket med det genererade
 - Problem
 - Stora fingeravtryck tar kapacitet från överföring
 - Sannolikheten för att fel slinker igenom oupptäckta måste minimeras
-
-

Fysiskt lager

- Kontakter
 - Anpassning till media
 - impedansanpassning
 - drivare och mottagare
 - Automatic Gain Control (AGC)
 - signal nivå övervakning (Loss Of Signal)
 - dispersionskompensering
-
-

Fysiskt lager (2)

- Symboltakt generering och detektering
 - referensoscillator/PLL
 - klockåtervinning (PLL)
 - Symbol detektering
 - Sampling
 - Symbol avkodning
 - Linjekodning
 - Omvandla bitar och styrsignaler till symboler
 - Omvandla symboler till bitar och styrsignaler
-
-

Länk lagret (data link)

- Ram-detektion och ram generering
- Addressering
- Checksummor
- Multiplexering
 - Asynkron multiplexering (kollision/token/buffer)
 - Synkron multiplexering (tidluckor)

Ethernet Classic

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect (CSMA/CD)
- Gemensamt medium
 - 10 Mb/s halv duplex
 - 50 Ω coax – Thick Ethernet (“guleböj”)
 - Vampyr kontaktering
 - 500 meter
- Manchester kod (20 MBd, 0 $\Rightarrow$ 10 & 1 $\Rightarrow$ 01)

Ethernet Classic – Ram

- 64 bit preamble & byte alignment – 10101010...1011 (5 MHz ton)
 - 48 bit destination & source address
 - 16 bit packet type
 - 46-1500 octeter data
 - 32 bit CRC checksum “CRC-32”
 - Ram 72-1526 octeter
 - preamble, header, data, CRC
-
-

Ethernet Classic - Partylinan

- Carrier Sense
 - detektera att någon sänder
 - Paketgap på 96 bitar (9,6 μ s)
 - tystnad på linan för att annan sändare skall höra att linan är ledig
 - Collision Detect
 - Oj, någon annan sänder!
 - Exponential Backoff
 - Försök senare – båda två
-
-

Ethernet repeater och hub

- Repeater
 - har två portar
 - förstärker signalen mellan portarna
 - isolerar fel mellan nätsegmenten
- Hub
 - repeater mer fler portar
 - skapar stjärnstruktur

Ethernet växel

- Funktion
 - skickar vidare kompletta paket
 - lär sig var en viss mottagare finns (port)
 - skickar paket enbart till rätt port (unicast)
 - Trafikseparation
 - paket syns bara på segment med sändare och mottagare
 - andra trafiksegment kan sända utan kollision
 - Bitrate konvertering
 - olika portar kan ha olika bitrate
-
-

Ethernet doing the Twist

- Tvistad kabel
 - 100 Ω oskärmad par-tvinnad kabel
 - kabeltypen fanns redan i telefoni-installationer
 - två par, transmitt (Tx) och receive (Rx)
 - full duplex möjligörs (retrospektivt)
 - behändig och billig kontakt – RJ45
 - Stjärntopologi med hub
 - emulerar gemensamt medium
 - isolerar felen till enskilda förbindelser
-
-

FDDI – nyttig fiber

- Fiber baserad ring-struktur
 - 100 Mb/s
 - 125 MBd med 4B/5B kodning
 - support för dubbel-ring (port redundans)
 - token passing mekanism
 - Bra
 - klarar hög last bra, 80% last inga problem
 - Dåligt
 - dyr teknologi, få tidiga tillverkare
-
-

Ethernet going Fast

- 100BASE-T
 - Twisted pair
 - 100 Mb/s
 - 125 MBd med 4B/5B kod (samma som för FDDI)
 - Automatisk förhandling om hastighet
 - Auto negotiation
 - 10 Mb/s eller 100 Mb/s förhandlas efter vad som supportas av båda ändar på kabeln
 - blev tyvärr inte helt bra
-
-

Fibre Channel

- Fiber baserad ringstruktur
 - 850 Mb/s
 - 1,0625 GBd med 8B/10B (3B/4B + 5B/6B) kod
 - Support för SCSI
- Storage Area Network
 - diskfarmar

Gigabit Ethernet

- 1000BASE-X
 - 1 Gb/s
 - 1,25 GBd med 8B/10B-kod
 - Fiber (850 nm, 1310 nm och 1550 nm)
 - Koppar – 50 Ω coax
 - 1000BASE-T
 - Twisted pair
 - Flow control
 - men du, lugna ned dig lite!!!
-
-

SDH/SONET

- Synchronous Digital Hierarchy
 - ursprungligen digitalt telefoni
 - hierarkisk aggregering (i steg om 4)
 - synkron/plesiokron transmission
 - fiberbaserat optosystem
 - ramar kommer i 8 kHz
 - återkommande struktur vid olika farter
 - effektivt utnyttjande av fiber med scrambling
 - låg bitfelssannolikhet
-
-

SDH/SONET farter

Benämning

SDH	SONET	Kapacitet
STM-0	OC-1/STS-1	51,84 Mb/s
STM-1	OC-3/STS-3c	155,52 Mb/s
STM-4	OC-12/STS-12c	622,08 Mb/s
STM-16	OC-48/STS-48c	2488,32 Mb/s
STM-64	OC-192/STS-192c	9953,28 Mb/s
STM-256	OC-768/STS-768c	39813,12 Mb/s

10G Ethernet

- 10GBASE-X
 - 10 Gb/s
 - 10,3125 GBd med 64B/66B kod
 - 64 bit med scrambling
 - 2 bit för ord-synkronisering (01 samt 10)
 - Fiber

IP över brevduva

- Vi har en lång historia med att använda olika bärare av meddelanden
 - Brevduvor bär meddelanden längre än vi orkar kasta pappersflygplan och pingviner
 - Brevduvor har “self generating carrier” vilket kommer runt de klassiska problemen med dämpning av bärvåg
 - Brevduvor erbjuder en närmast oöverträffat fin service av hög fördröjning och låg kapacitet
-
-

Floobydust

- Frågor, eventuellt några undvikande svar
- Ankedotter och andra rövarhistorier
- Allt annat som behövs
- Förevisning av T-shirt
- “lasershow”???



Avslutning

- För er som fortfarande är vakna, dags att resa sig upp och gå över till Stacken-lokalen!
- Kast med stor föreläsare undanbedes.

