

## IN3001 Datacommunicatie en Netwerken

- Docent:
  - J.W.J. Heijnsdijk
    - Heijnsdijk@its.tudelft.nl
    - kamer 08.050 (Mekelweg 4)
- Boek:
  - Tanenbaum, Computer Networks, **vierde** druk

## 1. Inleiding

## Ontwikkeling van de techniek

- 18-eeuw: grote mechanische systemen.
- 19-e eeuw: stoommachine.
- 20-e eeuw: verzamelen, verwerken en verspreiden van informatie.
  - Telefoonnetwerk wereldwijd
  - Uitvinding van radio en televisie
  - Begin en groei van de computerindustrie
  - Ontwikkeling van de telecommunicatie
    - hoge datasnelheden
    - communicatiesatellieten
    - glasvezel
    - mobiele communicatie

## Enige termen

- Datacommunicatie  
Uitwisseling van gegevens in gecodeerde vorm
- Datatransmissie  
Technieken rond het communicatiemedium
- Telecommunicatie
  - Algemene term voor communicatie op afstand.  
(telefonie, telex, datacommunicatie en mobiele communicatie gebruiken telecommunicatie)
- Telematica  
Samentrekking van *tele*communicatie en *informatica*, samenwerking van telecommunicatie en informatica.

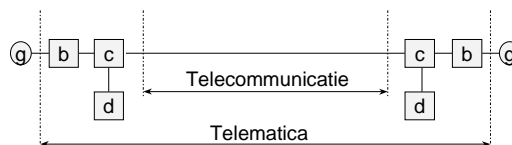
## Telecommunicatie

Definitie, internationaal en volgens Nederlandse wet:

"iedere overdracht, uitzending of ontvangst van gegevens van welke aard ook door middel van kabels, langs radio-elektrische weg of door middel van optische of andere elektromagnetische systemen"

(Wet op de Telecommunicatievoorzieningen (WTV, '88)  
Hfd. 1, art. 1, lid b.)

## Telecommunicatie & telematica



- g = gebruiker
- b = gebruikers-"interface"
- c = bewerking van informatie
- d = opslag van informatie

### Enige termen (vervolg)

- Computernetwerk  
Verzameling onderling verbonden, autonome computers
- Gedistribueerd systeem  
Computernetwerk met programmatuur die zorgt dat de gebruikers niet merken dat ze gebruik maken van verscheidene computers.

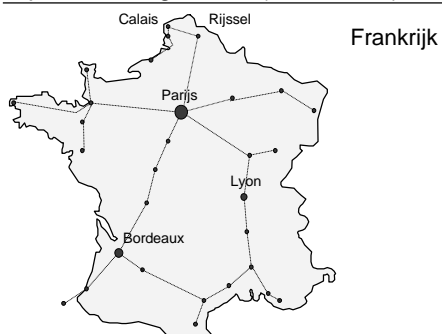
Sleutelwoorden:

**Samenwerking en Transparantie**

### Geschiedenis datacommunicatie (1)

- Reeds de Grieken hadden vormen van datacommunicatie:
  - vuursignalen
  - fakkels (digitaal, parallel)
  - watertelegraaf
- Het eerste omvangrijke datacommunicatienet door Napoleon, Frankrijk: De optische telegraaf

### Optische telegraafnet (1816-1852)



### Geschiedenis datacommunicatie (2)

Elektro-magnetische datacommunicatie:

- 1837 **Cooke & Wheatstone**, Engeland, telegraafverbinding langs spoorlijn;
- Morse**, Amerika, proefopstelling
- 1866 Duurzame transatlantische telegraafkabel
- 1874 **Baudot**, sneltelegraaf (een-draads, vijf-bits code)
- (1876 Telefoon (Bell & Gray))
- 1897 **Marconi**, radiotelegrafie
- 1914 Verreschrijver
- 1925 Telex

### Geschiedenis datacommunicatie (3)

- 1961 SABRE, Amerika, luchtvaartreserveringsnetwerk
- 1965 Pakketchakelen
- 1970 ALOHA, Univ. v. Hawaii, computernetwerk met radioverbindingen
- 1976 Ethernet, Xerox, lokaal netwerk met busstructuur
- 1980 Begin van Internet (DARPA)  
Openbare datanetwerken (b.v. PTT's);  
OSI-referentiemodel
- 1990 Internet omvat ongeveer 3000 netwerken en 200-000 computers
- 1994 ISDN (Integrated Services Digital Networks)

### 1.1 Toepassingen van netwerken

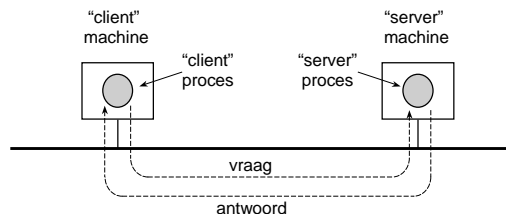
1. Zakelijke toepassingen
2. Toepassingen in huis
3. Mobiele toepassingen

### Zakelijke toepassingen van netwerken (1)

- "resource sharing" dit is het gemeenschappelijk gebruik van bronnen:
  - hardware en informatie
 informatie en processing capaciteit beschikbaar ongeacht de locatie vande gebruiker, "binnen één gebouw". of wereldwijd

Hierbij wordt vaak gebruik gemaakt van client/server model

### Het "client-server"-model



### Zakelijke toepassingen van netwerken (2)

- Communicatie tussen personen
  - E-mail
  - videoconferencing
- Electronisch zakendoen (e-business, e-commerce)

### Toepassingen in huis

Met name Internet gebruik in huis t.b.v.

- Toegang tot informatie op afstand
  - communicatie met andere personen
    - Email, chat
    - peer-to-peer toepassingen
  - interactief vermaak
    - video on demand
    - games
  - e-commerce
    - electronisch bankieren
    - veilingen
- ... en nog veel meer

### Mobiele toepassingen (1)

Hierbij wordt meestal bedoeld draadloos en mobiel, dat is niet hetzelfde

	draadloos	mobiel
- Vaste werkstations	nee	nee
- Draagbare PCs	nee	ja
- via telefoonstopcontact		
- LANs	ja	nee
- in oude gebouwen zonder bekabeling		
- in kantoren die veel veranderen		
- notebook met draadloze verbinding	ja	ja

### Mobiele toepassingen (2)

- draadloze notebook voor registratie op verschillende plaatsen
- WAP telefoons (combinatie van mobiele telefoon en PDA)
  - WAP 1.0 mislukt (te klein scherm, lage bandbreedte)
  - WAP 2.0 moet beter
- draagbare computers (b.v. Linux in polshorloge)

### Sociale en maatschappelijke aspecten

#### Moeilijke vragen

- 1) Inhoud van Webpages, E-mail etc. kan kwetsend zijn voor anderen, of illegaal (verschillende wetten in verschillende landen). Is netwer operator op enige manier verantwoordelijk?
- 2) Mag werkgever inhoud van Email van werknemers controleren? En Universiteit van studenten?
- 3) Mag een "BIG brother" alle Internetverkeer afluisteren?
- 4) Moet anoniem Internetverkeer mogelijk zijn?

### Sociale en maatschappelijke aspecten

#### Minpunten

- Betrouwbaarheid informatie op Internet
- junk mail
- gestolen identiteit
- virussen
- schendingen van copyright

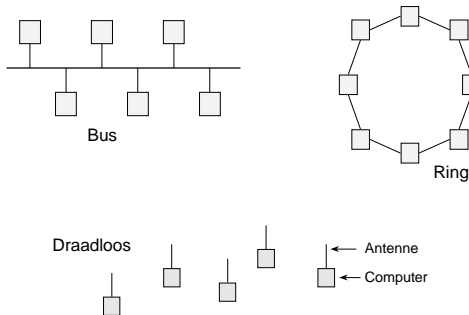
*Er is nog veel te verbeteren !*

## 1.2 De techniek van de netwerken

### Omroepnetwerken (1)

- Omroepkanalen ("broadcast-kanalen")  
Eén gemeenschappelijk communicatiekanaal voor alle stations.
  - Als één station zendt kunnen alle anderen het bericht opvangen.
  - Adres zit in het pakket
    - één naar één
    - één naar velen ("multicast message")
    - één naar allen (omroepbericht, "broadcast message")

### Omroepnetwerken (2)

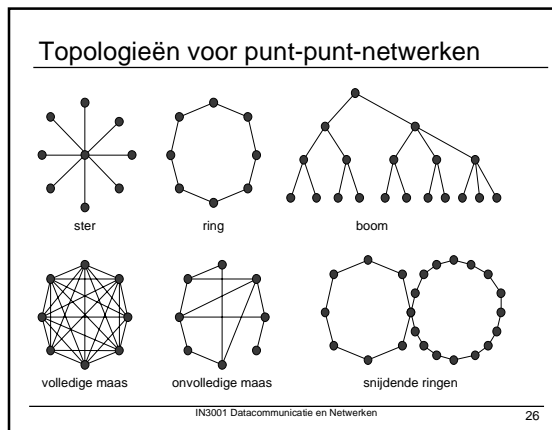
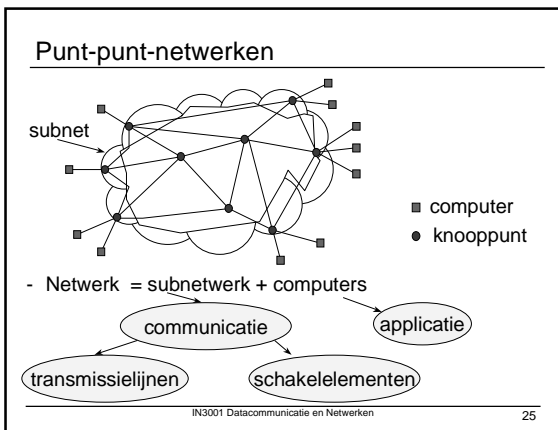


### Toegang tot omroepsubnet

- Er kan slechts één station tegelijk zenden
- Een arbitrage-mechanisme is nodig voor verdeling van de zendtijd
  - Statisch (vast)
    - verspilling van capaciteit
  - Dynamisch (aanpassen aan de behoefte)
    - centraal
    - decentraal (interne procedure in de stations)

### Punt-punt-netwerken

- Punt-naar-punt-kanalen  
Bericht (pakket) wordt van knooppunt naar knooppunt verstuurd => ontvangen => opgeslagen => doorgestuurd.  
Naam voor zo'n soort net:
  - pakketgeschakeld subnet
  - punt-naar-punt-subnet
  - store and forward subnet
  - berichtgeschakeld subnet



### Indeling naar schaal

Afstand tussen processoren	Processoren in/op zelfde	Voorbeeld
0.1 m	Printplaat	Parallele computers
1 m	Systeem	Multicomputer
10 m	Kamer	} Lokaal netwerk (LAN)
100 m	Gebouw	
1 km	Terrein	
10 km	Stad	Metropool netw. (MAN)
100 km	Land	} Wide area network (WAN)
1 000 km	Werelddeel	
10 000 km	Planeet	

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 27

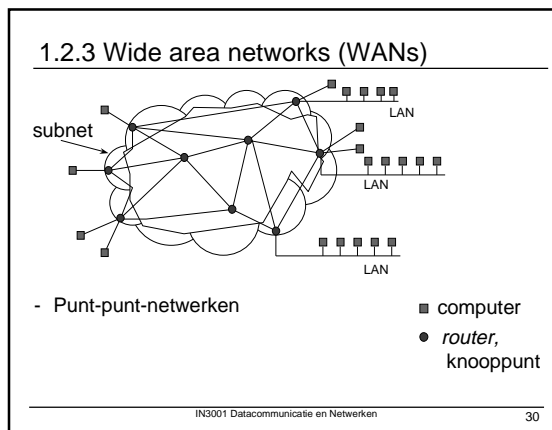
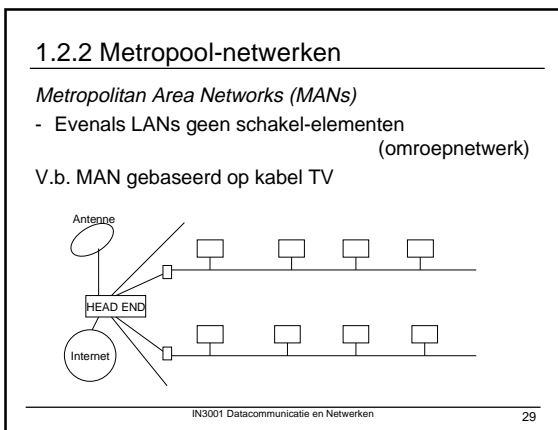
### 1.2.1 Lokale netwerken

(Local Area Networks, LANs)

Verschillen van andere netwerken door:

- Kleine afmetingen (kleine vertragingen)
- Transmissietechniek
  - meestal een omroepnetwerk
  - transmissiesnelheid 10-100 Mbit/s
- Topologie
  - bus of ring, soms draadloos

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 28



### Circuitschakelen

Voorbeeld: Telefoonnet

Voor datacommunicatie over het telefoonnet is in principe een continue stroom van databits tussen A naar B mogelijk

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 31

### Paketschakelen (store and forward)

- Databits worden in blokken verstuurd: pakketten  
Een pakket bevat naast de data een kop (*header*); hierin staat informatie voor het transport door het netwerk.
- Een *router* ontvangt zo'n pakket, slaat het op bekijkt de kop en stuurt het pakket door naar een volgende router of eindbestemming.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 32

### Router (principe eerste generatie)

De cpu loopt ingangsbuffers af, zet de pakketten in het werkgeheugen, bekijkt de kop en stuurt de pakketten naar een uitgangsbuffer van een lijnkaart.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 33

### 1.2.4 Draadloze netwerken

- **Systeem interconnectie**  
voor het draadloos verbinden van systeemcomponenten over korte afstand, b.v. toetsenbord en computer (Bluetooth)
- **draadloze LAN's**  
alle stations in een draadloos LAN communiceren met centraal basisstation  
standaard IEEE802.11, maat: 50 Mb/s, 10 m
- **draadloze WAN's**  
als bij cellulaire telefoon  
stations in een cel communiceren met één basisstation, maat: < 1 Mb/s, 1 km

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 34

### 1.2.5 Huis-netwerken

- idee: alles wat een stekker of een batterij heeft moet kunnen communiceren
- mogelijke categorieën:
  - computers en randapparatuur (PC, printer, ...)
  - audio/video apparatuur (radio, TV, videocamera,)
  - telecommunicatie apparatuur (telefoon, fax, ...)
  - huishoudelijke apparaten (klok, koelkast, lampen)
  - telemetrie (electriciteitsmeter, rookmelder,)
- Stelt zware eisen aan netwerk, m.b.t. capaciteit, betrouwbaarheid, veiligheid

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 35

### 1.2.6 Internetwerken

- **Een internet**  
Een stel met elkaar verbonden netwerken.

- **Het Internet**  
Een bepaald wereldwijd internet, bestaande uit vele gekoppelde netwerken.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 36

### 1.3 Netwerkarchitecturen

- Architectuur bemoeit zich met functies vanuit het oogpunt van de gebruiker.

(Bijvoorbeeld bij een huis *niet* hoe het technisch gebouwd is (implementatie), maar wat de *gebruiker* ervaart. Hoe ziet het eruit, functioneel, esthetisch)

- Netwerkarchitectuur. Verzameling functionele lagen en protocollen (procedures) die de functies van het subnetwerk bepalen. *Niet* de details van de uitvoering (implementatie).

### 1.3.1 Protocolhiërarchieën

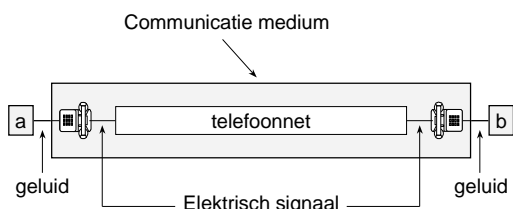
Communicatiefuncties worden in lagen opgebouwd.

Uitgangssituatie:

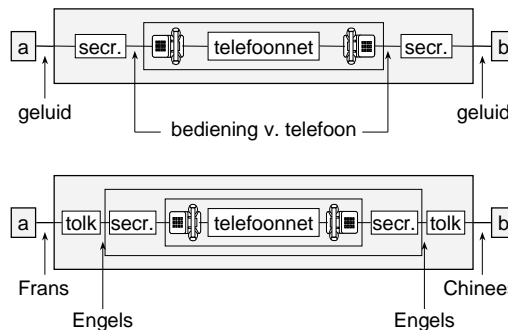


Het communicatiemedium kan verschillend ingevuld zijn.

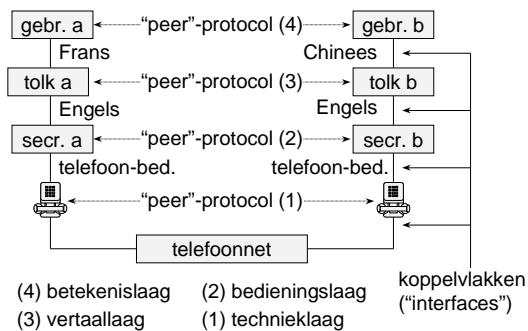
### Illustratie lagenmodel (1)



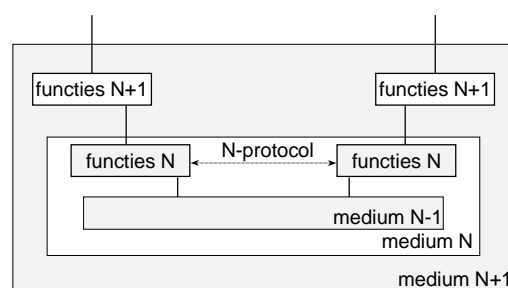
### Illustratie lagenmodel (2)

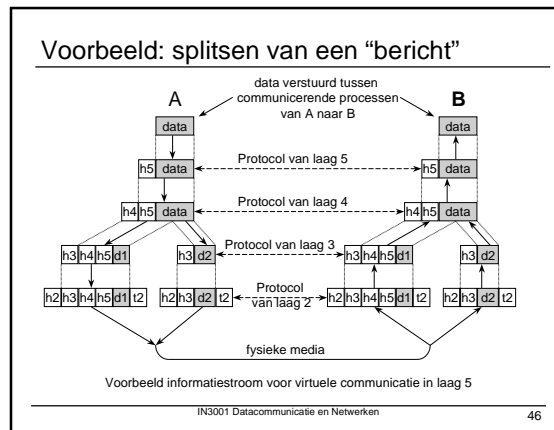
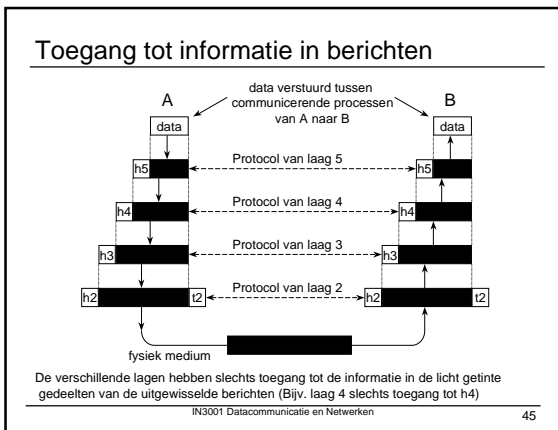
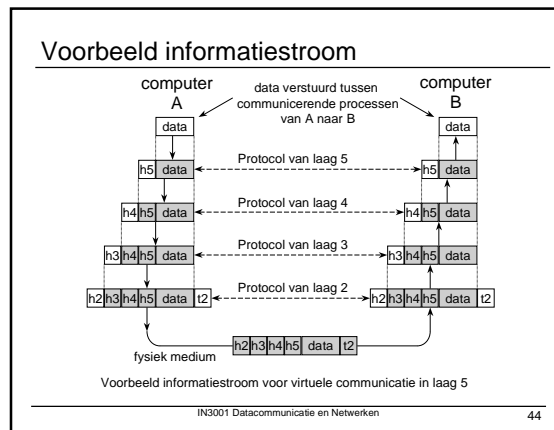
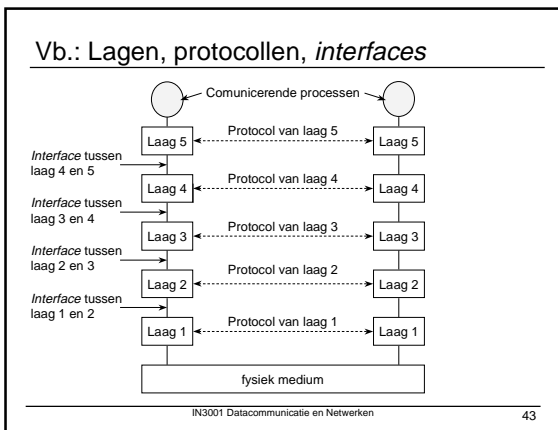


### Illustratie lagenmodel (3)



### Principe van het lagenmodel

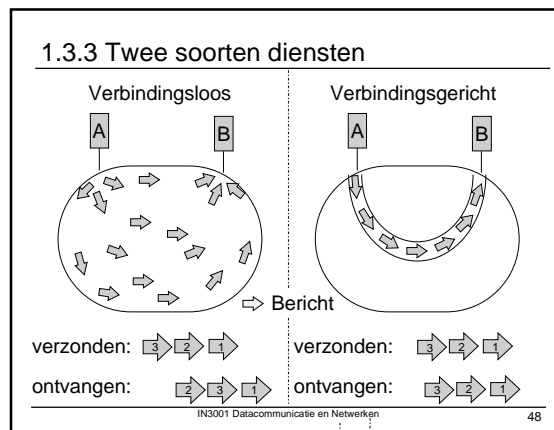




### 1.3.2 Per laag beslissen over

- adressering
- error control
- flow control
- multiplexing
- (routing)
- verbindingsgerichte/verbindingsloze diensten

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 47



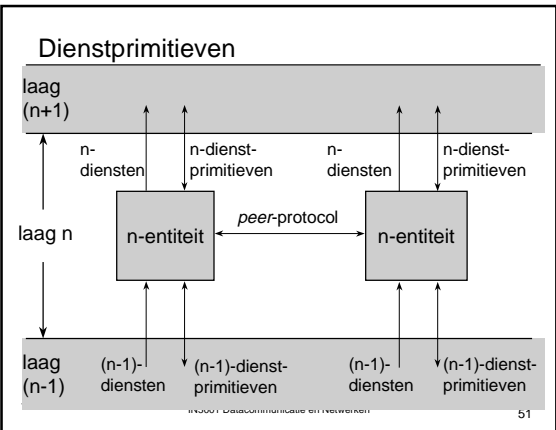
Verbindingsloos - verbindingsgericht	
soort dienst	voorbeeld
Verbindingsgericht	
- betrouwbare berichtenstroom	bestand overbrengen
- betrouwbare byte-stroom	inloggen op afstand
- onbetrouwbare verbinding	gedigitaliseerde spraak
Verbindingsloos	
- onbetrouwbaar datagram	elektronische reclame
- bevestigd datagram	aangetekende post
- vraag-antwoord	vraag aan database

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 49

### 1.3.4 Diensten, primitieven en protocollen

- **(n)-dienst**  
Is een verzameling acties die de (n)-laag en de lagen daaronder kunnen uitvoeren voor (n+1)-laag.
- **Dienstenprimitieven**  
Zijn berichten die communicatie verzorgen tussen de (n+1)-laag en de (n)-laag over een (n)-dienst. (aanvraag, bevestiging, meldingen)
- **(n)-protocol:**  
Een stel regels (over procedures en over indeling en betekenis van berichten) die het communicatiegedrag bepalen van (n)-entiteiten.  
(Een (n)-entiteit is een actief element in de (n)-laag.)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 50



### 1.4 Referentiemodellen

- OSI (Open Systems Interconnection)
- TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
- Hybride (in het boek gebruikt)
- ATM (Asynchronous Transfer Mode)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 52

### 1.4.1 OSI-referentiemodel

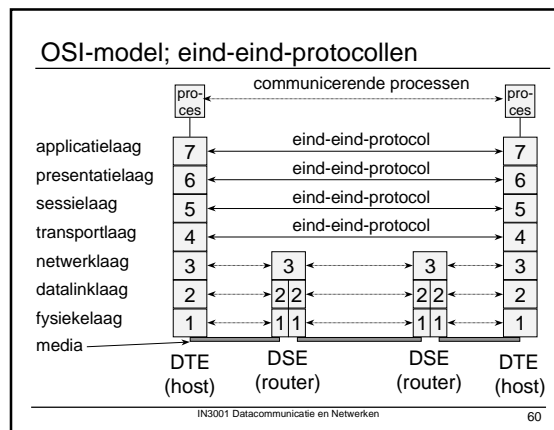
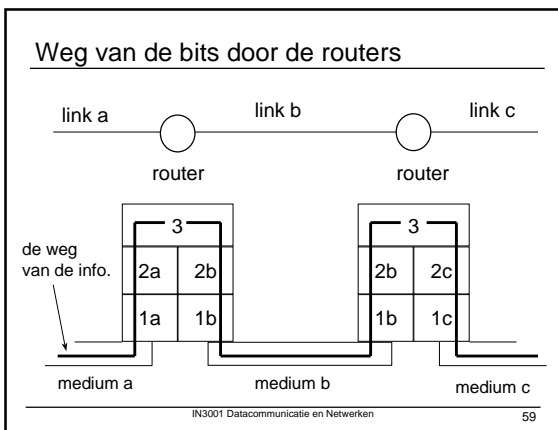
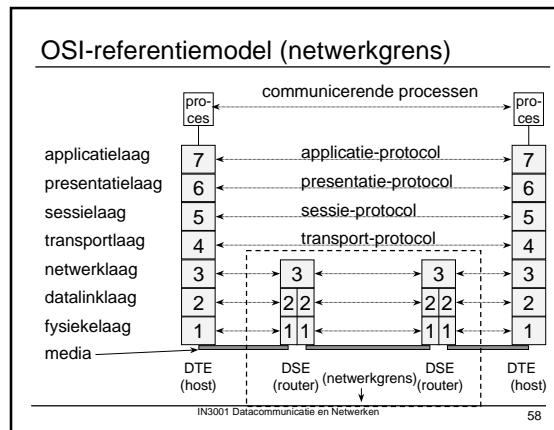
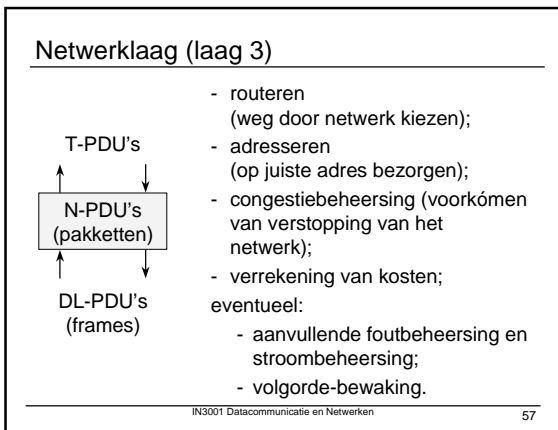
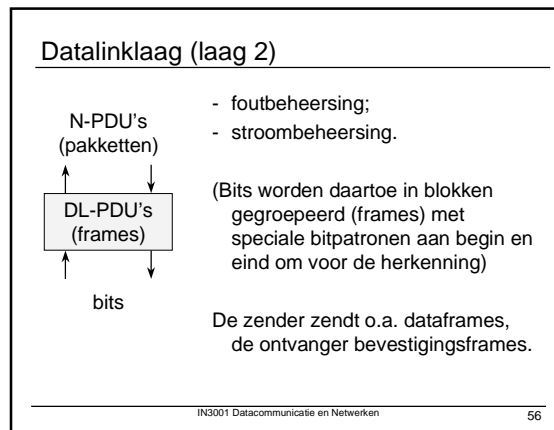
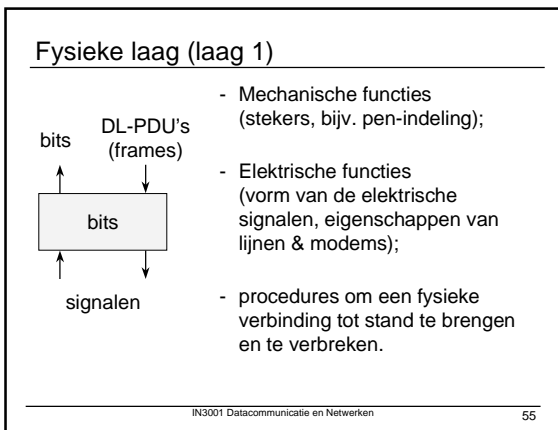
- OSI Reference Model (Open Systems Interconnection) Reference Model" Genormaliseerd door ISO (Norm ISO 7498)
- Nagenoeg ongewijzigd overgenomen door ITU-T (Norm X-200)
- Bedoeld als algemeen toepasbare structuur voor datacommunicatie
- Er worden zeven functionele lagen onderscheiden.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 53

### De zeven lagen van het OSI-model

- 7 applicatielaag ("application layer")
- 6 presentatielaag ("presentation layer")
- 5 sessielaag ("session layer")
- 4 transportlaag ("transport layer")
- 3 netwerklaag ("network layer")
- 2 datalinklaag ("data link layer")
- 1 fysieke laag ("physical layer")

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 54



### Transportlaag (laag 4) (1)

Laagste laag die van eind tot eind loopt.

- Optimaliseren van het gebruik van het netwerk
- altijd full-duplex verbinding
- aanvullende foutbeheersing en stroombeheersing (eind-eind) tot het niveau dat gebruiker wenst).
- Transportadres (interne naam voor gebruiker) omzetten in netwerkadres (vergelijk tel. nr.)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 61

### Transportlaag (laag 4) (2)

Optimaliseren van het gebruik van het netwerk ten aanzien van kosten of gewenste capaciteit, bijvoorbeeld stapelen (multiplexen) van verbindingen.

- Kosten besparen: verscheidene transportverbindingen over één netwerkverbinding van hoge capaciteit te laten lopen.
- Transmissiecapaciteit vergroten door een verbinding met hoge capaciteit over verscheidene netwerkverbindingen te laten lopen.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 62

### Sessiel laag (laag 5)

- Regelen van de dialoog;
- Tokenbeheer;
- Herstelprocedures:

Transportverbinding onderbroken, bijvoorbeeld door storing. De sessiel laag zorgt voor een goede "doorstart" van het datatransport.

☆ begin  
○ eind

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 63

### Presentatielaag (laag 6)

Code-omzettingen:

- aanpassen van teken-sets
- datacompressie
- versleuteling (cryptografie)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 64

### Applicatielaag (laag 7) (1)

Enige laag waartoe de communicerende processen *direct* toegang hebben

Bevat *niet* de communicerende processen zelf, maar slechts die gedeelten ervan die betrekking hebben op communicatie.

Bevat alle communicatiefuncties waarin de onderliggende lagen niet voorzien.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 65

### Applicatielaag (laag 7) (2)

Voorbeelden van protocollen in de applicatielaag:

- Abstract standaard terminal (Virtual Terminal Protocol - VTP)
- Overbrengen van bestanden, toegang tot computersystemen (File Transfer Access and Management - FTAM)
- Elektronische post (X.400)
- Electronische formulieren (Electronic Data Interchange - EDI)
- Draaien programma's op andere computersystemen (Job Transfer and Manipulation - JTM)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 66

### Samenvatting OSI-referentiemodel

- 1 - Fysieke laag - Mechanisch, elektrisch (bits);
- 2 - Datalinklaag - Betrouwbaarheid van lijn (frames);
- 3 - Netwerklaag - Maakt netwerk uit losse lijnen (pakketten);
- 4 - Transportlaag - Eerste eind-eind-laag, optimaliseert;
- 5 - Sessiel laag - Coördinatie van de communicatie;
- 6 - Presentatielaag - Code-omzettingen;
- 7 - Applicatielaag - Specifiek voor de betrokken communicerende processen. Alle nodige diensten waarin de onderliggende lagen niet voorzien.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 67

### Notaties in het OSI-model (norm X.200)

De notatie (n)-, (n+1)- en (n-1)- wordt gebruikt om aangrenzende lagen aan te duiden.

- (n)-laag: elke willekeurige laag;
- (n+1)-laag: de eerste hogere laag;
- (n-1)-laag: de eerste lagere laag.

Deze notatie wordt ook gebruikt om andere zaken aan te duiden b.v. (n)-protocol, (n+1)-dienst.

Is bijvoorbeeld de (n)-laag de netwerklaag dan is de (n-1)-laag de datalinklaag en is de (n+1)-laag transportlaag.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 68

### Afkortingen van de namen van lagen

(n)- kan zijn:

A-	bijv. applicatielaag	A-laag
P-	presentatielaag	P-laag
S-	sessielaag	S-laag
T-	transportlaag	T-laag
N-	netwerklaag	N-laag
DL-	datalinklaag	DL-laag
F-	fysieke laag	F-laag

N.B.: (n)-laag hoeft geen N-laag te zijn!

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 69

### Inpakken van data in het OSI-model

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 70

### 1.4.2 TCP/IP-referentiemodel

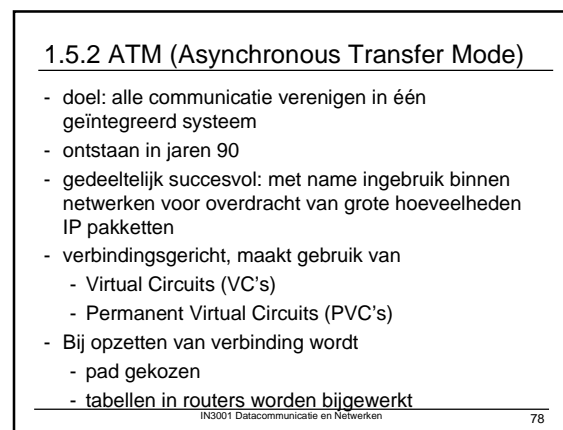
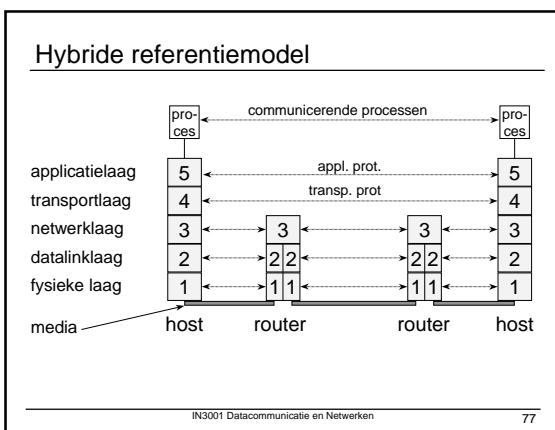
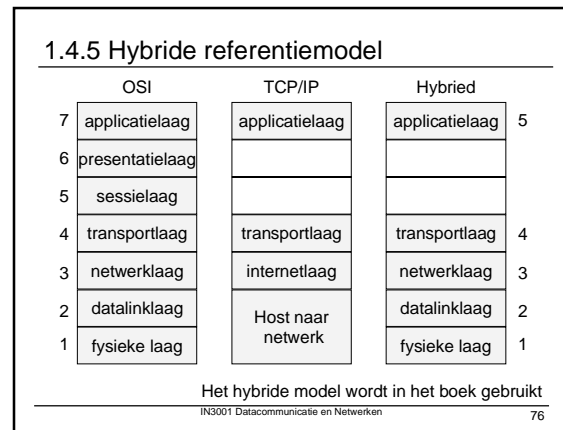
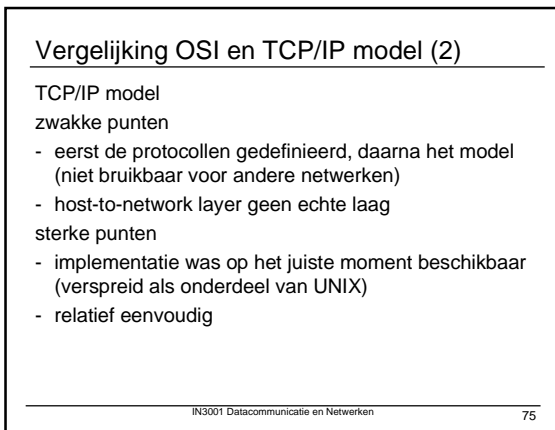
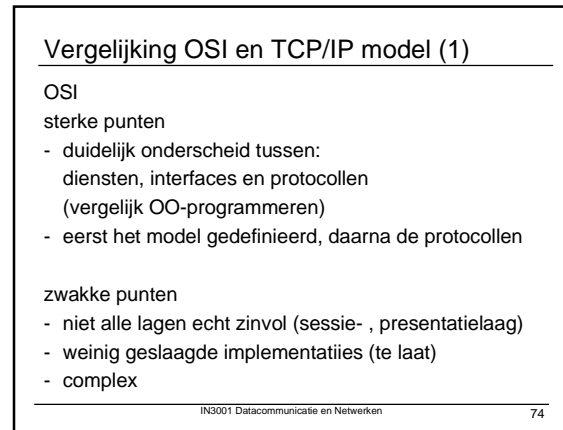
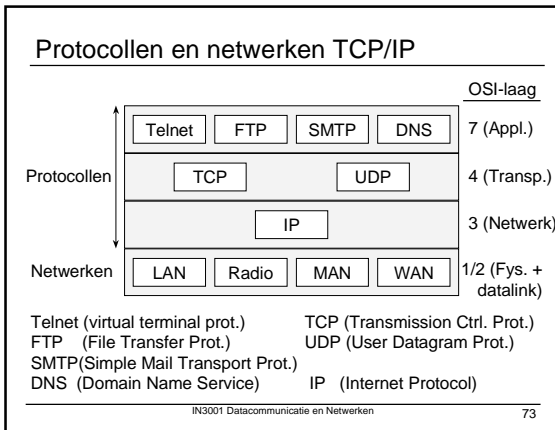
	OSI	TCP/IP	
7	applicatielaag	applicatielaag	
6	presentatielaag		↔ Niet aanwezig
5	sessielaag		
4	transportlaag	transportlaag	
3	netwerklaag	internetlaag	
2	datalinklaag	Host naar netwerk	
1	fysieke laag		

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 71

### TCP/IP

De nummers geven de corresponderende OSI-lagen aan.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 72



### ATM (2)

ATM-cel:

5 bytes	48 bytes
Kop	Data van gebruikers

- aflevering van cel is *niet* gegarandeerd (in hogere lagen corrigeren)
- volgorde van de cellen is *wel* gegarandeerd

Snelheid voorlopig 34 of 155 Mbit/s, later 622 Mbit/s

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 79

### ATM-referentiemodel

Overeenkomend met laagnummers in hybride model

The diagram shows a hybrid model with layers 1 to 5. Layer 5 is the application layer with communicating processes. Layer 4 is the AAL layer. Layer 3 is the ATM layer. Layer 2 is the TC layer. Layer 1 is the PMD layer. The physical layer is labeled 'media'. The nodes are 'host', 'router', 'router', and 'host'.

AAL = ATM Adaptation Laag  
 ATM = Asynchronous Transfer Mode laag  
 TC = Transmission Convergence sublayer  
 PMD = Physical Medium Dependent sublayer

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 80

### ATM-referentiemodel

ATM Adaptation Layer (AAL) (Hybr. 4)

- Interface naar de laag erboven. Verschillende AAL-versies voor verschillende soorten data (b.v. tijdgebonden, wisselend aanbod)
- Berichten opdelen en samenvoegen

ATM-layer (Hybr. 3)

- Stroombeheersing, genereren/extraheren van headers, genereren van uitgaande cellen, cel-multiplexing,
- Beheer virtuele circuits

Physical layer:

Transmission Convergence sublayer (TC) (Hybr. 2)

- Reconstrueert cellen uit binnenkomende bitstroom; foutdetectie

Physical Medium Dependent sublayer (PMD) (Hybr. 1)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 81

### ATM-referentiemodel (gedetailleerd)

The diagram shows a detailed hybrid model with layers 1 to 5. Layer 5 is the application layer with communicating processes. Layer 4 is the AAL layer, subdivided into CS (Convergence Sublayer) and SAR (Segmentation And Reassembly sublayer). Layer 3 is the ATM layer. Layer 2 is the TC layer, subdivided into TC and TC. Layer 1 is the PMD layer, subdivided into PMD and PMD. The physical layer is labeled 'media'. The nodes are 'host', 'router', 'router', and 'host'.

De nummers geven de lagen van het hybride model aan.

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 82

### ATM-referentiemodel (gedetailleerd)

- ATM Adaptation Layer (AAL) (Hybr. 4)
  - Convergence Sublayer (CS)
  - Segmentation And Reassembly sublayer (SAR)
- ATM-layer (Hybr. 3)
  - stroombeheersing, headers, virtueel circuits, cel-multiplexing
- Physical layer
  - Transmission Convergence sublayer (TC) (Hybr. 2)
    - maakt cellen; foutdetectie
  - Physical Medium Dependent sublayer (PMD) (Hybr. 1)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 83

### De SURFnet-ruggegraat voor Internet

Toestand eind 1998

- 155 Mbit/s of meer
- 320 - 622 Mbit/s

■ hoofdknooppunt  
 • knooppunt

Bron: <http://www.surfnet.nl> (aug. 1999)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 84

### Koppeling SURFNET met andere netten

Toestand eind 1998.  
Bij de uitgaande lijnen de bitsnelheid in Mbit/s.

TEN-155: Europees netwerk voor onderzoeksinstellingen (155 Mbit/s)  
AMS-IX: Amsterdam Internet Exchange (koppeling van ISP's)  
ISP: Internet Service Provider  
STAR TAP: Knooppunt van netwerken in Chicago

Bron: <http://www.surfnet.nl> (aug. 1999)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 85

### Ethernet

- veel toegepast in LAN's
- IEEE 802.3 standaard vanaf 1985
- medium: coax kabel max 2.5 km, repeaters na 500 m

- broadcast systeem
  - station gaat zenden als hij niets 'hoort'
  - als een ander 'gelijktijdig' zendt, ... botsing
  - na botsing willekeurige tijd wachten en opnieuw proberen
  - aanvankelijk 10 Mb/s, nu ook 100 Mb/s, en 1 Gb/s

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 86

### Draadloos Lan (IEEE 802.11, WiFi)

- medium: short range radio
- modes:
  - met base station (access point),
  - zonder base station (ad-hoc networking)
- per base station een cel
- base stations gekoppeld via een 802.11 Ethernet

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 87

### Draadloos Lan (2)

Op te lossen problemen, o.a

- luisteren voor zenden niet altijd effectief (hidden station)
- interferentie vanwege reflectie (mutipath fading)
- overgaan van ene basisstation naar volgende (handing off)

standaards

1997 IEEE802.11 1 of 2 Mb/s  
1999 802.11a tot 54 Mb/s (andere frequentie)  
802.11b tot 11 Mb/s (andere modulatie techniek)  
nu ook 802.11g tot 54 Mb/s?

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 88

### 1.7 Organisaties voor normalisering (1)

- ISO - International Standards Organisation  
Normaliseert alles van bouten en moeren tot netwerkprotocollen
- IEC - International Electrotechnical Commission  
Een commissie van de ISO die zich bezig houdt met elektrotechnische normalisatie (onder andere bekend van de cassettebandjes)
- ITU-T - International Telecommunication Union section Telecommunication,  
(voormalige CCITT) overlegorgaan van PTT's

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 89

### Organisaties voor normalisering (2)

- IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers  
(Internationale vereniging van elektrotechnische ingenieurs, geeft een uitgebreide reeks van vooraanstaande wetenschappelijke tijdschriften uit, verder vooral bekend van normen voor LAN's)
- ECMA - European Computer Manufacture Association  
(Magnetische materialen, LAN's identiek aan IEEE)

IN3001 Datacommunicatie en Netwerken 90

### Organisaties voor normalisering (3)

- ETSI - European Telecommunications Standards Institute
- Heeft normen vastgesteld onder andere voor:
- Het digitale telefoonnet GSM  
(Global System for Mobile Communications)
  - Een digitaal draadloos telefoonsysteem DECT  
(Digital Enhanced Cordless Telecommunications)