

TRANSPORTTECHNIEKEN in netwerken

De netwerkfunctie (OSI-laag 3) zorgt dat de informatie op de juiste bestemming komt. Deze routingfunctie kan op een aantal manieren geschieden. De meest gebruikte techniek is het schakelen (verschillende varianten zijn mogelijk). Daarnaast zijn er ook niet-schakeltechnieken.

3.1 Overzicht van transporttechnieken

- Circuitschakelen
- Pakketschakelen
- Routeren
- Braodcastring
- 1:1, 1:n, n:m

Circuit-switching is de oudste vorm van schakelen in netwerken. Het is connectiegeörienteerd communicatie:

- de verbinding wordt voorafgaandelijk opgebouwd
- de partners beschikken exclusief over de verbinding

Pakket-switching is specifiek ontwikkeld voor datacommunicatie.

- In essentie worden de te transporteren bitstromen opgedeeld in brokken (cfr frames in HDLC)
- en worden ze blok voor blok verzonden in het netwerk
- op basis van informatie het blok (protocol control informatie – PCI) bepaalt het netwerk naar welk volgend knooppunt het blok moet. Het netwerk voert dus in elk knooppunt waar en gegevensblok aankomt een berekening uit om te bepalen hoe het blok moet worden doorgestuurd.

Broadcasting verzendt de informatie naar alle aangeslotenen. Er wordt dus niet geschakeld. Het is een typische 1:n verzending. De bekendste vorm is radio en tv, maar de technologie wordt ook gebruikt in bepaalde LAN's. Het beeld van broadcasting in de praktijk is echter genuanceerder:

- communicatie tussen twee partners is mogelijk
- vormen van broadcasting zijn ook in pakketgeschakelde netwerken uitvoerbaar;

Message-switching is *geen transporttechniek* waarop netwerken zijn gebaseerd ! Het is een toepassing uit de e-mail wereld om berichten uit te wisselen tussen elektronische postkantoren. Deze postkantoren zijn veelal met elkaar verbonden via circuit- of packet-switching netwerken

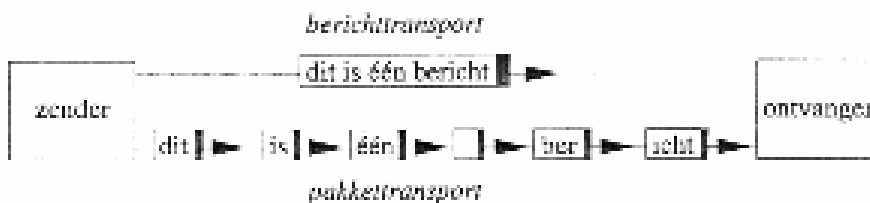
3.2 Packet-, frame- en cell-switching

- Segmentering
- Virtuele circuits, geschakeld en permanent
- Datagrammen
- Routing
- Paketten, frames en cellen

Segmentering is het opdelen van de bitstroom in pakketten. Aan elk pakket wordt de nodige informatie toegevoegd (protocol-informatie) zoals:

- Bestemmingsadres
- Pakketvolgnummer
- Soort pakket
- Adres van afzender

De uiteindelijke bitstroom wordt hierdoor (veel) groter dan de oorspronkelijke. Daarnaast zijn er ook pakketten met huishoudelijke mededelingen tussen computer en netwerk.



Virtuele circuits

De communicatie wordt voorafgegaan door het opzetten van een virtuele verbinding, een vorm van een connectiegeörienteerde communicatie. Het verschil met circuit-switching is dat het netwerk naar de protocol-informatie of de header van een pakket blijft kijken om te bepalen wat ermee moet gebeuren. Vandaar de term virtueel.

Het opzetten van een virtueel circuit kan op twee manieren:

- **Switched virtual circuits (SVC)**
Verbinding wordt opgezet op het moment dat de verzending nodig is
- **Permanent virtual circuits (PVC)**
de beheerder van het netwerk heeft een verbinding tussen twee partijen permanent vastgelegd. Dit is dus een connectiegeoriënteerde verbinding met een lijn die altijd open is.

Bij pakquetschakelen kunnen over één fysieke meer virtuele circuits onderhouden worden; de pakketten dragen voldoende informatie mee.

via datagrammen pakketten naar de bestemming schakelen is een andere wijze van verzenden (connectieloos):

De zender stuurt in ieder pakket volledige adresinformatie mee, zodat het netwerk kan vaststellen hoe gerouterd moet worden.

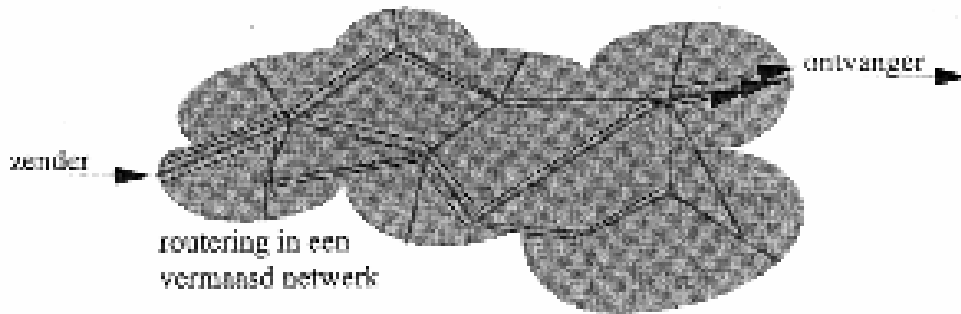
Vergelijking

virtuele circuits	datagrammen
Eenvoudige adressering na opgezette verbinding: de zender verwijst naar het virtuele circuit	De zender moet in ieder pakket de volledige adresinfo stoppen zodat netwerkknooppunten een analyse kunnen maken voor verdere routing
Inbouwen van een bevestigingsmechanisme is eenvoudiger	Inbouwen van een bevestigingsmechanisme is lastiger: 'send en pray' of 'fire and forget' genoemd.
Eenvoudiger bewaken van: <ul style="list-style-type: none"> • de pakketvolgorde (sequence control) • en de verkeerstrom (flow control) 	Bewaking sequence control en flow control is moeilijker

Routing

De gekozen route wordt bepaald door:

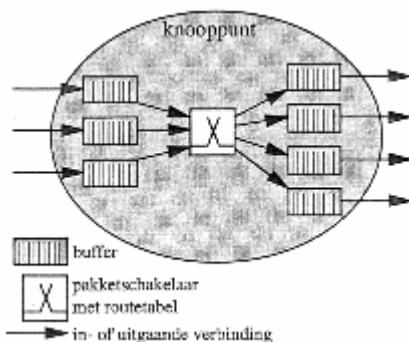
- het *bestemmingsadres*
- de verkeersdrukke
- lijnstoringen
- kosten en snelheid van de verbinding tussen twee knooppunten...



In knooppunten wordt dus beslist hoe een pakket moet behandeld worden en er kunnen dus wachtrijen (queues) ontstaan voor pakketten die en route zijn.

In een knooppunt vinden twee bewerkingsstappen plaats:

- Het pakket wordt ontvangen in de ontvangstbuffer; na eventuele wachttijd wordt de header gelezen en aan de hand van een routetabel wordt de route en de daarmee uitgaande verbinding gekozen;
- Het pakket wordt in de buffer gezet van de betreffende verbinding en na een eventuele wachttijd verzonden naar het volgende knooppunt



Bovenstaand knooppunt is een knooppunt voor eenrichtingsverkeer; uiteraard werken de systemen veelal in twee richtingen (full-duplex).

Enkele begrippen:

Transit of backbone-switches:

Is een knooppunt enkel met ander een anderknooppunt verbonden.

Trunk:

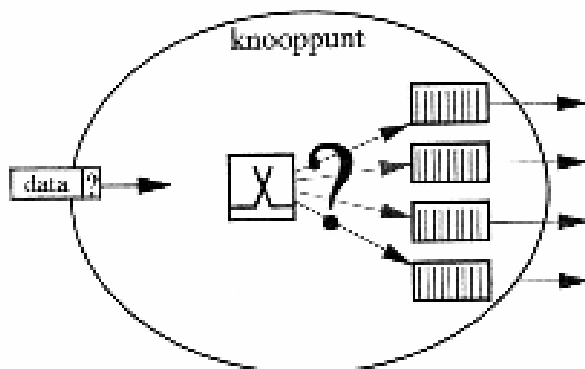
Is de verbinding tussen de knooppunten

Concentrator of edge-switch:

Knooppunten waarop de computersystemen van de gebruiker zijn aangesloten

Probleem:

Welke uitgang van de router moet worden gekozen ?

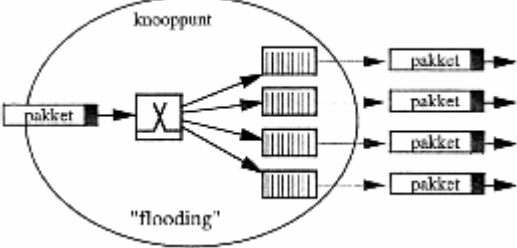
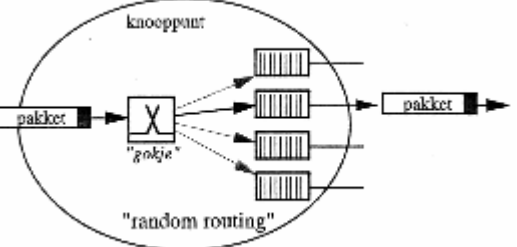
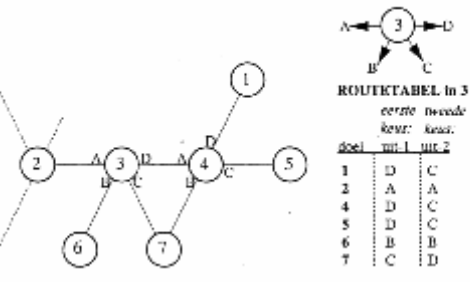
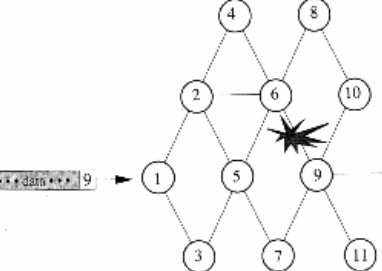


Dit hangt af van het routermechanisme ...

Routeringsmechanismen

Er zijn drie groepen van routeringsmechanismen:

- Zéér eenvoudige mechanismen: ‘flooding’, ‘random’, ‘hot potatoe’ routing
 - Routing volgens routetabel: ‘flexibel’ of ‘explicit routing’
 - Berekende routing: ‘shortest path’ en ‘adaptive’ routing
-

<p>Flooding</p>  <p>Voordeel: Snel en eenvoudig, maar er is een kans dat pakketten gaan rondcirkelen!</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Een knooppunt stuurt een pakket naar alle omliggende nodes • Ieder pakket heeft een teller waarin het aantal gepasseerde knooppunten wordt bijgehouden, de 'hopcount' • Een ontvangende node zal het pakket vernietigen als de teller een voor het netwerk vastgestelde waarde overschrijdt <p>Zinnvolle toepassing in netwerken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • waarvan topologie voortdurend verandert • mobiele netwerken • met hoge kans op lijnuitval 																					
<p>Random routing</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Een pakket wordt willekeurig op één van de uitgangen van het knooppunt doorgestuurd • Aanname dat het pakket ooit zal aankomen • Hopcount voorkomt rondcirkelen van pakketten in het netwerk (reëel in kleine netwerken) 																					
<p>Hot potatoe routing</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Een binnengekomen pakket wordt doorgestuurd naar de uitgang met de kortste wachttijd; dus: 'zo snel mogelijk de deur uit' 																					
<p>Fixed of explicit routing</p>  <p>ROUËTABEL in 3 eerste node: 3 best. route:</p> <table border="1" data-bbox="539 1373 659 1518"> <thead> <tr> <th>doel</th> <th>uit 1</th> <th>uit 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>D</td><td>C</td></tr> <tr><td>2</td><td>A</td><td>A</td></tr> <tr><td>4</td><td>D</td><td>C</td></tr> <tr><td>5</td><td>D</td><td>C</td></tr> <tr><td>6</td><td>B</td><td>B</td></tr> <tr><td>7</td><td>C</td><td>D</td></tr> </tbody> </table>	doel	uit 1	uit 2	1	D	C	2	A	A	4	D	C	5	D	C	6	B	B	7	C	D	<ul style="list-style-type: none"> • Vaste route in tabellen <p>Voorbeeld:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Een pakket voor 5 komt aan in 3; • volgens de tabel moet het naar uitgang D of naar ... • C als er een probleem is met D (vb: te lange wachttijd in D) <p>Isolated adaptive routing indien binnen een knooppunt beslissingen kunnen genomen worden (cfr knooppunt 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> – verandering van tabellen noodzakelijk bij wijziging in het netwerk – reactie bij calamiteiten is beperkt
doel	uit 1	uit 2																				
1	D	C																				
2	A	A																				
4	D	C																				
5	D	C																				
6	B	B																				
7	C	D																				
<p>shortest path routing</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • alle verbindingen in een netwerk hebben een lengteparameter • ook nodes kunnen een lengteparameter hebben • lengte niet letterlijk nemen: kan ook capaciteit of kosten van een verbinding uitdrukken ! • op basis van deze gegevens wordt de kortste route berekend 																					

adaptive routing:

als de lengteparameter wordt bepaald door de operationele status van het netwerk

voorbeeld: valt een verbinding uit, dan krijgt die de lengte oneindig en maakt geen deel meer uit van het kortste pad.

Voor adaptive routing moet alle informatie over verkeersintensiteiten, verstoringen en node-belasting verspreid worden:

⇒ extra netwerkbelasting.

Problemen bij adaptive routing:

inconsistentie in lengteparameter en instabiliteit

- Bij verkeersopstopping wordt verkeer te snel en te drastisch omgeleid via een nieuwe kortste route zodat het probleem zich verplaatst (nodes blijven doorrekenen).
- Er zijn noodvoorzieningen om huishoudelijke mededelingen door een verstopt netwerk te krijgen

Distributed adaptive routing:

een praktische invulling van adaptive routing neemt genoegen met een beperkt beeld van het netwerk. Het verzenden van informatie gebeurt bij voorkeur alleen bij verandering in situatie.

Centralized adaptive routing:

Ieder knooppunt stuurt informatie over zijn bezetting naar het netwerkcentrum. Het heeft hierdoor zicht op het hele netwerk, maar het beeld wordt vertraagd opgebouwd en is soms uit fase.

Pakketten – frames – cellen

Synoniem gebruikt:

- Pakketschakelen: frame-switching en cell-switching
- Switching: relay

Toch enkele verschillen:

1. frame/packet

- Laag 2 (OSI):
Protocol data unit (PDU) = frame; schakelen = frame relay, HDLC gebaseerd
- Laag 3 (OSI):
Protocol data unit (PDU) = packet

2. cel/packet

- Implementatie van packet en frame-switching gaan uit van pakketten van variabele lengte, bv maximaal 256 bytes.
- Bij celswitching hebben de pakketten een constante lengte, bv 53 bytes waardoor grote efficiency-verbeteringen worden bereikt (bespreking blok IV en V)

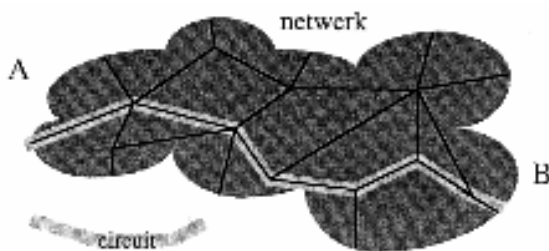
3.3 Circuit-switching

- Telefonie als basis
- ‘Echt’ circuit versus virtueel circuit
- Routing
- Blokkering

De route tussen de twee netwerkdeelnemers ligt vast en wordt gedurende de communicatieperiode alleen voor die communicatieroute gebruikt.

‘Echte circuits’

Er is een daadwerkelijk circuit met een c^{te} bandbreedte tussen zender en ontvanger aanwezig die voor hen gemonopoliseerd is (een pijp).



Trunkverbindingen tussen centrales worden wel gedeeld door verschillende circuits met behulp van bv. tijd-multiplexing.

Routing in circuitnetwerken

Routeren gebeurt enkel bij het opzetten van de verbinding; daarna worden data transparant van de ene kant van de pijp naar de andere kant getransporteerd.

Traditioneel wordt in telefoonnetwerken fixed routing gebruikt.

Het opzetten van een verbinding kan mislukken als alle ruimte in de schakelcentrale (of verbindingen daartussen) is opgebruikt. Cfr eerste minuten van het nieuwe jaar.

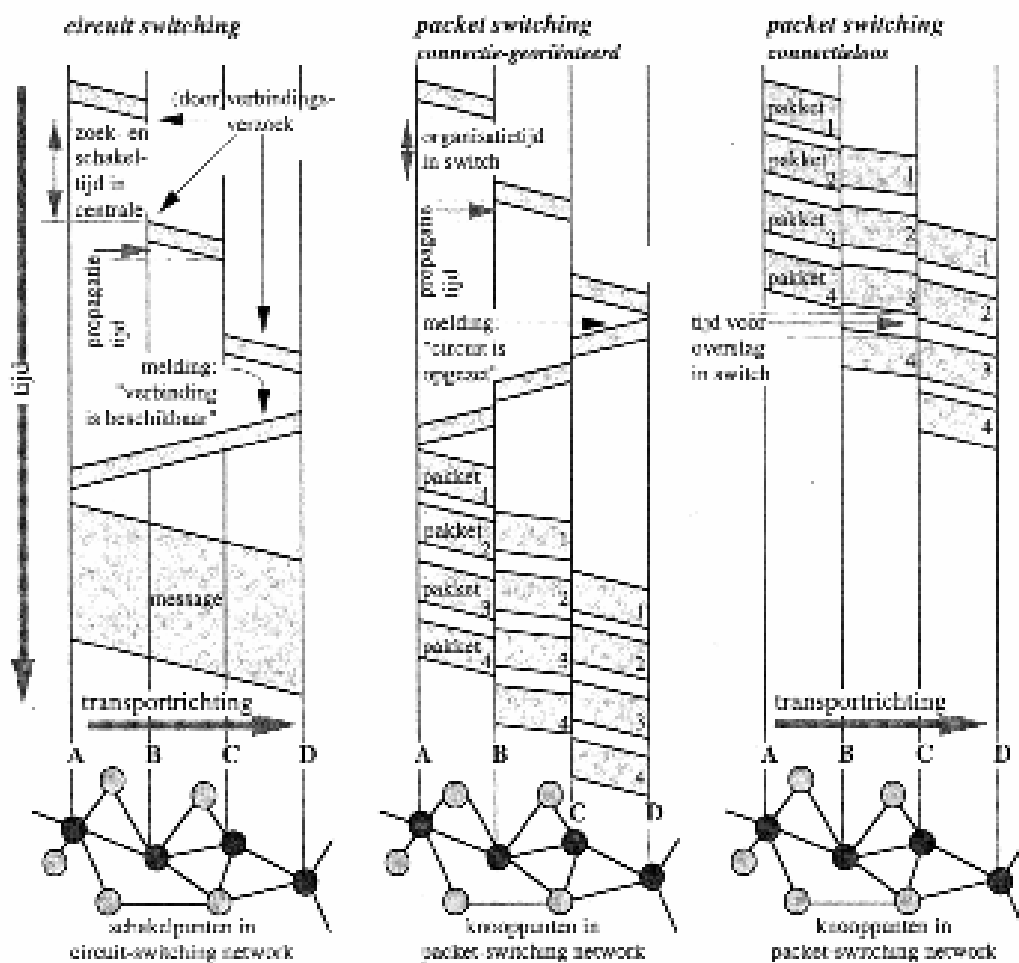
3.4 Packet- versus circuit-switching

- Verschillen in beeld
- Packet over circuit
- De ultieme transporttechniek

Pakket- en circuit-switching hebben als achtergrond respectievelijk datacommunicatie en telefonie.

Nochtans wordt over telefonie uitgebreid datacommunicatie gepleegd en wordt over packet-netwerken (voornamelijk frame- en cell relay) spraaktransport gerealiseerd;

Volgende fig. geeft in een tijdsdiagram een overzicht van de principes van packet- en circuit-switching:

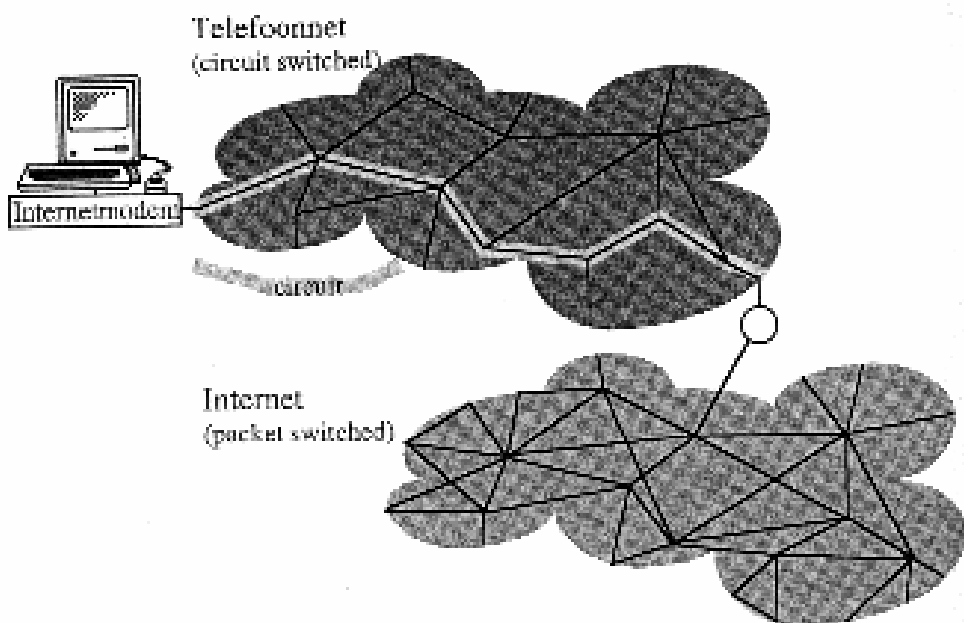


Het onderscheid tussen beide technieken komt neer op:

- Bij circuit-switching is er gegarandeerde bandbreedte als de verbinding is gerealiseerd => performance kenmerken zijn vastgelegd;
Bij packet-switching worden de performance kenmerken bepaald door het verkeer van de andere netwerkgebruikers
- Packet-switching is zeer efficiënt doordat verschillende verkeerstromen kunnen gecombineerd worden

Packet over circuit

Daar waar het telefoonnet voor datacommunicatie wordt gebruikt, dient het circuit als een transmissiepijp. Het telefoonnetwerk wordt vaak vanuit kostenoverweging gebruikt omdat een vaste verbinding voor de toegang tot het packetnetwerk te duur is.



3.5 Transport zonder schakelen

- Informatiedistributie
- Broadcast, multicast en unicast
- Broadcast-mechanismen
- Broadcasting in geschakelde netwerken

Afhankelijk van de toepassing bestaat één van de volgende relaties:

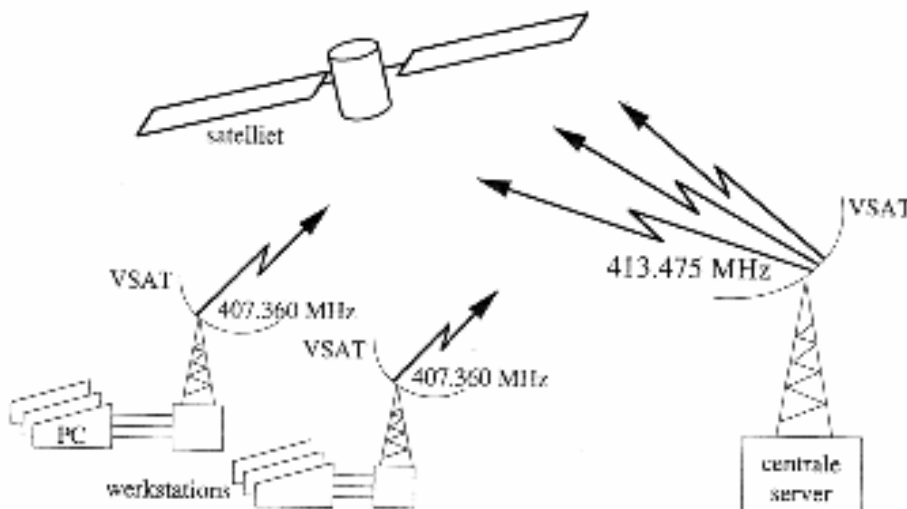
Unicast	van één naar één	verbinding PC LANserver, telefoongesprek
Multicast	van één naar vele	video of telefonische vergadering
Broadcast	van één naar alle	radio, televisie

Als het gaat om verzenden van dezelfde informatie naar velen, is uitzenden handiger dan pakketschakelen.

De ether is per definitie een broadcast-medium; eenieder die een antenne in de lucht steekt kan ontvangen.

Toekenning van frequentiebanden regelt dat zenders elkaar niet storen.

Bij tweewegverkeer zijn er verschillende protocoltechnieken die de contentie of wedijver om het medium te mogen bezetten regelen (zie IV.2). Voorbeeld: VSAT-netwerken (Very small Aperture Terminals, kleine schotelantennes) als lokale netwerken.



Broadcasting in geschakelde netwerken

Ook in pakket- en circuitnetwerken bestaat behoefte aan broad- of multicast-relaties !

Voorbeelden:

- als een node statusinformatie kenbaar wil maken, wordt deze over alle trunkverbindingen verstuurd (flooding)
- grote hoeveelheden van dezelfde informatie moeten naar veel systemen worden gestuurd, bv. softwaredistributie