

TTM4105

Aksess- og Transportnett

Kompendium

Espen Hvideberg

Kap 3 - Synkronisering

Synkron er kommunikasjon som går i henhold til en klokkeferanse, f.eks. mellom ulike noder som bruker samme tidsreferanse. En viktig side ved definisjonen er at et signal kan ikke være synkront i seg selv, men bare i forhold til et annet signal, en klokkegenerator eller lignende.

Asynkron er kommunikasjon som ikke er i henhold til en klokkeferanse. F.eks. mellom to noder som ikke bruker samme tidsreferanse. Også her er det viktig å merke seg at et signal ikke kan være asynkront i seg selv, men bare i forhold til et annet signal.

Plesiokron er kommunikasjon som er 'nesten synkron'. To signaler som spesifikasjonsmessig har samme bitrate, men som ikke er synkronisert til samme klokke

Et signal er **isokront** dersom tidsintervallet mellom signifikante hendelser er konstant, eventuelt er et helt multiplum av en minste avstand. Det er viktig å merke seg at det er *et signal i seg selv som er isokront*. Å snakke om isokrone signaler vil derfor bety flere signaler som hver for seg er isokrone.

Oftest betegner vi et signal som *synkront* når vi egentlig mener at det er *isokront*. Dette skyldes antagelig at et isokront signal ofte er synkront eller plesiokront i forhold til andre signaler i et nett, eller at de signifikante hendelsene i signalet på en måte er synkronisert til hverandre.

Anisokron er det motsatte til isokron. I et anisokront signal er tidsintervallet mellom signifikante hendelser ikke konstant eller et helt antall av det korteste tidsintervallet som forekommer. Også her er det viktig å merke seg at det er *et signal i seg selv som er anisokront*. Å snakke om anisokrone signaler vil derfor bety flere signaler som hver for seg er anisokrone.

I motsetning til isokrone signaler som kan være synkroner eller plesiokrone, har det ingen mening å snakke om synkroner eller plesiokrone anisokrone signaler.

Asynchronous Transfer Mode (ATM) er en høyhastighets pakkesvitsjet nettverksteknologi for LAN og WAN. (Er faktisk et isokront system.) En ATM-celle er 53 byte stor, og har plass til 48 byte med data. De 5 bytene som ikke er databærende er det som kalles **header** (inneholder informasjon om pakken, dvs. hvor den skal, hvor den kommer fra osv.). Den siste byten i headeren er et **Header Error Correction-felt (HEC)**, som blir beregnet på bakgrunn av de gjenværende 4 bytene i headeren, og blir ikke bare brukt til feildeteksjon, men også i noen tilfeller feilkorreksjon. En enkel feil kan bli detektert og korrigert, mens flere feil kun kan bli detektert. HEC-feltet kan også brukes til å synkronisere mottaker til innkommende cellestrøm, når denne funksjonen ikke leveres av fysisk lag. Man finner også **Cell loss priority (CLP)** i headeren. Denne brukes til å avgjøre om en celle kan kastes ved sperr eller ikke. Tale- og videoceller kan kastes, mens dataceller må beholdes

Jitter er en tendens mot mangel på synkronisering. Det er det samme som variasjon i forsinkelsen, og oppstår fordi enkeltpakker kan bli individuelt forsinket gjennom nettet.

Dopplerforskyvningen er endring av bølgers frekvens når kilden beveger seg i forhold til observatøren. Du kan f.eks. merke toneforskjellen når en ambulanse nærmer seg i forhold til at den fjerner seg med sirene på. Dopplerforskyvning er mye benyttet for å oppdage endringer i avstand, eller relativ hastighet. For et mål som *nærmer* seg mottakeren vil dopplerforskyvningen være positiv, i motsatt fall blir den negativ. Dopplerforskyvning fører til at synkroner signaler blir asynkroner.

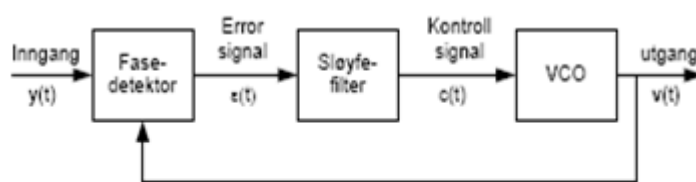
Bit Error Rate (BER) er en måleenhet for antall feil pr overførte bit i en telekommunikasjonsoverføring.

ARQ (Automatic Repeat-reQuest) er en feilkorrigeringsmetode for dataoverføring som består i at mottakeren ber avsenderen om å sende data på nytt hvis de inneholder feil. Metoden kan ikke benyttes til tale- og videooverføring pga ARQ vil sørge for synkroniseringsbrudd.

High-Level Data Link Control (HDLC) er en gruppe med protokoller eller regler for å sende data mellom nettverk. HDLC organiserer dataene sine i enheter, kalt rammer, og mottaker bekrefter at de har kommet vel frem. HDLC håndterer også takten som dataene blir sendt i. HDLC tilbyr en forbindelsesorientert tjeneste til laget over, og benytter både glidende-vindu-teknikk og ARQ. Dette er en av de mest brukte protokollene i datalinklaget.

Phase-locked loop (PLL) eller faselåst sløyfe på godt norsk, arbeider i tidsplanet. Dette er en metode som benyttes mye i kommunikasjon for å synkronisere sender og mottaker. Dens virkemåte er bygget opp rundt en metode som kalles tilbakekobling, dvs. å ta utgangssignalet tilbake til inngangen og sammenlikne de to signalene med hverandre, så endre utgangssignalet i følge av dette. Tilbakekobling er blant annet mye brukt i forsterkere innen elektronikk.

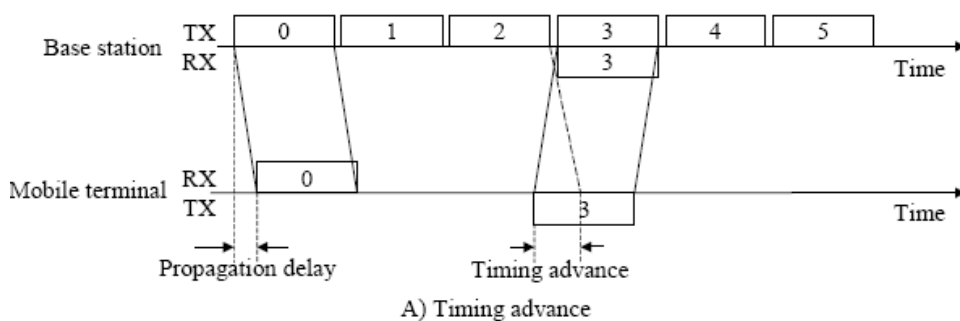
FORKLARING TIL TEGNING: Vi har et periodisk inngangssignal som går inn i en fasedetektor. Fasedetektoren får også inn utgangssignalet. Fasen til disse signalene sammenlignes og benyttes som feilsignal inn til et sløyfefilter. Sløyfefilteret kan ha en av to former. Enten er det et følgefilter med integraleffekt, ellers er det et rent lavpassfilter. Utgangen til sløyfefilteret er kontrollsignalet $c(t)$. Dette styrer den spenningsstyrte oscillatoren (VCO = Voltage Controlled Oscillator). VCO-en genererer et utgangssignal med frekvens og fase slik at den følger inngangssignalet. Virkemåten til en faselåst sløyfe er således; hvis utgangssignalet havner foran inngangssignalet i fase vil feilsignalet senkes. Hvis utgangssignalet havner bak vil feilsignalet økes.



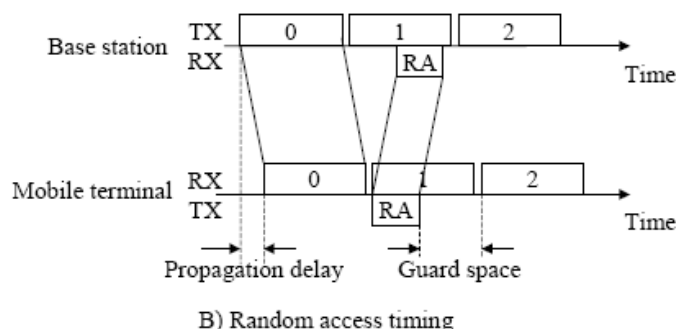
Prinsippskisse for en faselåst sløyfe. VCO-en produserer et signal som følger fasen til inngangssignalet

Elastisk lager er konstruert slik at det kan mellomlagre et visst antall bit for å utligne faseforskjell og små variasjoner i overføringstid mellom en sender og en mottaker ved at bittakten for innskriving og utlesing fra det elastiske lageret tillates å ha små avvik i forhold til hverandre.

Timing advance er metoden basestasjonene bruker til å korrigere sendetidspunktet fra mobilene slik at nabo-bursts ikke overlapper. Dette er vist i figur A.



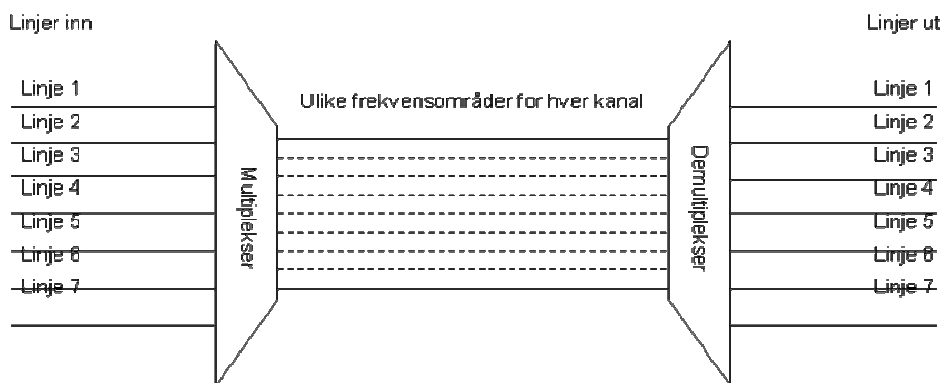
Når mobilen aksesserer basestasjonen, beregnes størrelsen på korreksjonen ut fra posisjonen til random aksess-bursten relativt til de burstene basestasjonen sender ut (som vist nederst i figur B). Korreksjonen når forbindelsen er opprettet består i at basestasjonen overvåker når trafikk-burstene ankommer. Dette brukes av nettverket for til å synkronisere kommunikasjon slik at mobiler langt fra basestasjonen kan kompensere for dette ved å starte sending litt før. Basestasjonen gir beskjed til mobilen om å flytte sendetidspunktet et antall bit fremover eller bakover (inntil 63 bit) for å opprettholde synkronismen.



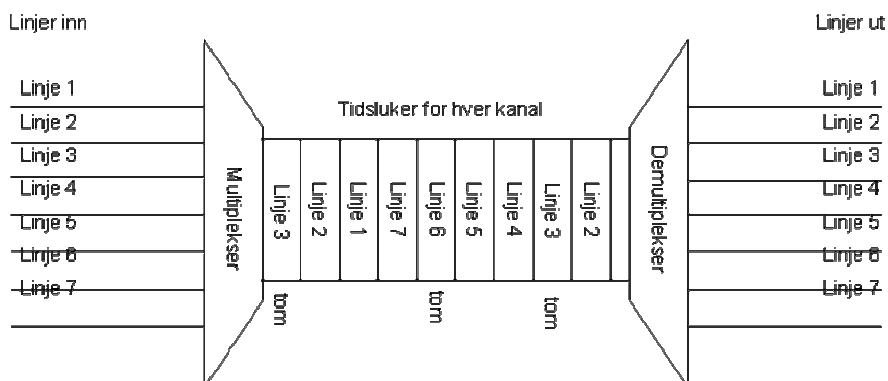
Kap 4 - Multipleksing

Multipleksing betyr at man benytter et felles overføringsmedium til å overføre flere ulike signaler - en teknikk som brukes til å utnytte linjekapasiteten for datakommunikasjon. Man sender sammensatte signaler på en linje i form av ett enkelt komplekst signal. Analoge signaler blir multiplekset ved bruk av FDM, mens digitale signaler blir multiplekset ved bruk av TDM.

Frekvensdelt multipleksing (FDM) er en metode som deler båndbredden opp i flere uavhengige frekvensområder (underkanaler). Hver av disse underkanalene kan brukes som en selvstendig overføringskanal og har alltid en fast båndbredde. Dette betyr at kapasiteten er låst selv om den ikke er i bruk. Ved å tildele hver underkanal et frekvensområde som er tilpasset båndbredden for de signalene som skal overføres, oppnås en relativ høy utnyttelse av kanalkapasiteten. En viktig egenskap ved FDM er at signalene kan overføres simultant og parallelt over kanalen. De mest kjente eksemplene på FDM er telefon, radio og TV-signaler.

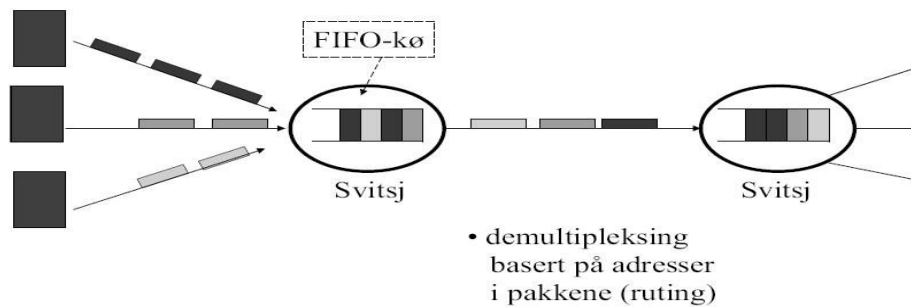


Tidsdelt multipleksing (TDM) er en metode som deler opp båndbredden til en kanal i tidsluker. Hver linje blir tildelt en fast båndbredde som låses uavhengig om den er i bruk eller ikke. Linjene tildeles altså et tidsintervall med jevne mellomrom av multiplekseren, og når linjen er i bruk vil den okkupere hele kanalkapasiteten. Felleskanalen har her så stor kapasitet at den rekker å overføre data fra alle linjene som kommer inn. Metoden er godt egnet for sanntidstrafikk og kan realiseres enkelt i digitalteknikk.



Statistisk multipleksing tar hensyn til at datatrafikk kan komme bolkvvis. Med frekvensdelt og tidsdelt multipleksing vil mye av kapasiteten stå ubrukt hvis data kommer bolkvvis - noe som medfører unødvendige kostnader. Ved statistisk multipleksing deler alle kanalene på kapasiteten til felleslinjen. Det vil si at om en kanal er i bruk, får den hele kapasiteten. Hvis flere er i bruk må de dele. Kapasiteten til felleslinjen er vanligvis mindre enn den samlede kapasiteten til alle linjene. Det betyr at om alle linjer skal overføre data samtidig, må de settes i kø. Dette medfører varierende forsinkelser i trafikken. Denne metoden brukes i pakkesvitsjede nettverk. Egner seg altså på dataoverføring, der vi ikke nødvendigvis har en konstant datarate.

Pakke-multipleksing (statistisk multipleksing)



Intermodulasjon en form for lydforvrengning. Det er effekten av to eller flere signaler som påvirker hverandre med det resultat at nye signaler tilføres det originale utgangspunkt.

Interleaving går ut på å stokke om på rekkefølgen dataene sendes i for å beskytte signaler.

Scrambling er en prosess som konverterer et ukryptert signal til et kryptert signal.

Pulse Code Modulation (PCM) er en kodingsteknikk der et signal (f.eks et lydsignal) er uttrykt som en serie av tallverdier som representerer signalnivået. PCM er en vanlig koding for digitale signal, og er blant annet brukt på CD-plater.

Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) er en teknologi som brukes i telekommunikasjon for å overføre store mengder data over digitalt transportkanaler, som f.eks. fiberoptikk

Da PDH ble utviklet bestod telenettet av analoge telefonsentraler som ikke trengte klokketakt for å fungere. PCM-strekningen mellom sentralene kunne derfor følge hver sin takt. Det var altså mange uavhengige klokker i telenettet.

Etter hvert som det kom digitale sentraler, som hadde behov for å jobbe i samme takt, ble SDH utviklet.

Synchronous Digital Hierarchy (SDH) er en metode for å kommunisere med digital informasjon ved å bruke lasere eller lysdioder (LED) over optisk fiber. Metoden ble utviklet for å erstatte PDH-systemer for å transportere store mengder telefon- og datatrafikk, samt for å tillate bruk av utstyr fra forskjellige leverandører. Nettet er bygd opp av høyhastighetslinjer i ringstruktur, der ringstrukturen ivaretar redundansen i nettet.

Synkrone nettverk skiller seg fra PDH i det at de eksakte dataratene som benyttes til å overføre dataene er sterkt synkronisert i hele nettverket, noe som muliggjøres ved hjelp av atomklokker. Denne synkroniseringen gjør det mulig for nettverk som strekker seg over flere land å operere synkront, noe som betraktelig korter ned behov for bufring mellom hvert element i nettverket. I tillegg inneholder SDH langt mer overhead for styring og overvåking.

Kap 5 – Multipel aksess

Multipel aksess er teknologien som tillater et stort antall brukere å samtidig kommunisere gjennom samme medium.

Frekvensdelt multipel aksess (FDMA) er en teknologi som tar det tilgjengelige frekvensbåndet, og gir hver av brukerne en liten del av det til de ikke trenger den lenger. Den er altså ikke tidsstyrt. Det kan sammenliknes med FM-kringkasting hvor hver kanal har tildelt en egen frekvens til disposisjon. Fordelen med FDMA er at systemet er fleksibelt, utstyret er enkelt og at teknikken er velprøvd. Ulempen er dårlig effektutnyttelse og det kreves god filtrering.

Tidsdelt multipel aksess (TDMA) er en teknologi som går ut på at flere samtaler deler samme frekvens gjennom at de hver bruker den i korte tidsrom – også kalt tidsluker. Sammenlignet med FDMA gir den mulighet til å håndtere et større antall brukere ved at radiofrekvensen blir mer findelt i tidsenheter og at enhetene blir tildelt flere samtaler.

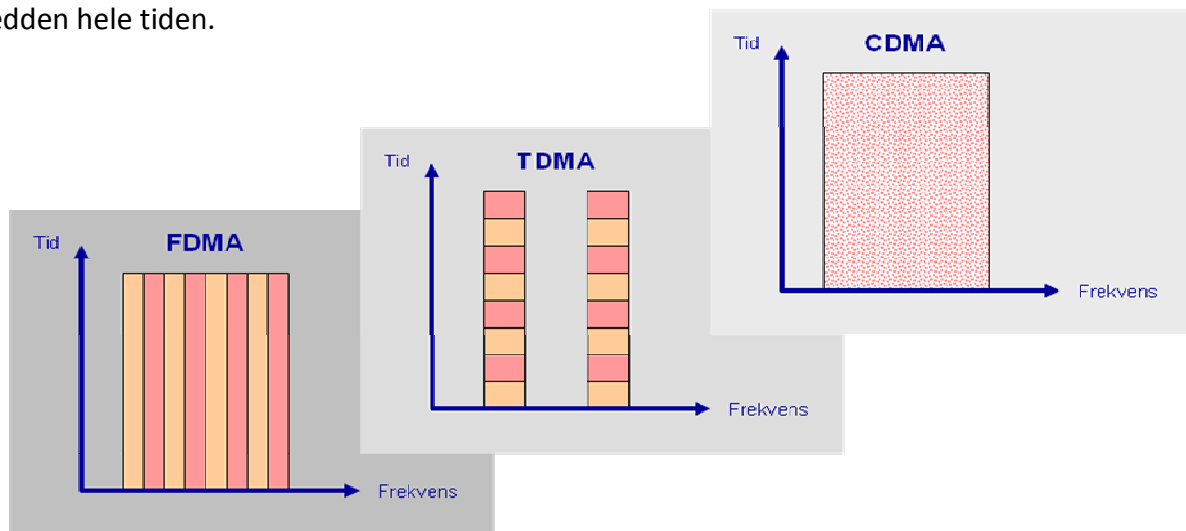
En viktig fordel er at TDMA tillater frekvenshopping, men ulempen er at brukerne legger beslag på sine tidsluker selv når de lytter (og ikke snakker selv).

Kodedelt multipel aksess (CDMA) er en teknologi som bruker spredt spektrumteknologi. Hele det tilgjengelige frekvensområdet benyttes altså for hver kanal. Dataen kodes med forhåndsbestemte koder som gjør at vi kan skille signaler som er sendt på samme tidspunkt og innenfor samme frekvensområde. Hver "kode" tilsvarer én kommunikasjonskanal.

Fordelen er at mange brukere kan sende samtidig og det gir god støyimmunitet.

UMTS er den første standarden som tar CDMA i utstrakt bruk.

Oppsummerer vi de tre nevnte teknologiene er forskjellen mellom dem at: i FDMA brukes en del av båndbredden hele tiden. I TDMA brukes hele båndbredden i en del av tiden. I CDMA brukes hele båndbredden hele tiden.



Frekvensdelt dupleks (FDD) innebærer at det er én frekvens for opplinje, og én frekvens for nedlinje. FDD har størst fordel ved synkroniserte linjer

Tidsdelt dupleks (TDD) benytter samme frekvens for både opp- og nedlinje, men vil gi respektive retning tidsluker for når det kan gå trafikk hver vei. TDD vil ha en fordel ved asynkroniserte overføringer.

Slow Frequency Hopping Code Division Multiple Access (SFH-CDMA): Slow Frequency Hopping (SFH) kan bli sett på som et spesialtilfelle av FDMA. Ved frekvenshopping er både sender og mottaker synkroniserte og beveger seg mellom ulike frekvenser i et avgrenset frekvensområde. De to partene beveger seg samtidig til de ulike frekvensene, og det er senderen som leter frem til en ledig frekvens. I SFH blir en eller flere databits overført i "ett hopp". I slike systemer er frekvensendringer sammenlignbar med (eller tregere enn) informasjonsstrømmen.

Dwell time er tiden systemet holder seg på en gitt frekvens.

Burst er porsjonen av signalet som dukker opp i dwell time.

Interferer diversity forbedrer "dekning" (eng: reception) ved å distribuere relativ interferens av spesiell frekvens blant mange samtaler.

Frequency diversity forbedrer "dekning" (eng: reception) ved å sende hvert signal på en sekvens av frekvenser. Dette gjøres pga. at noen frekvenser er mer utsatt for fading enn andre.

Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS/DS-CDMA) er en teknologi for å spre informasjonen ut over et bredt spekter for å tåle støy bedre. DSSS sender signalet "blandet" med generert støy - mottakeren vet hvordan "støyen" ser ut og maskerer den vekk. DSSS kan også bruke ulike frekvenser, ikke for å hoppe mellom under sending, men for å kunne levere flere parallelle samtaler. En må da velge kanaler som ikke overlapper hverandre. Dersom en eller flere bits blir skadet i overføringen, kan denne teknologien gjenopprette dataene uten å foreta en omsending.

Effektkontroll anvendes i hovedsak i DS-CDMA for å minimalisere sendereffektene, men også for å redusere multiple aksess forstyrrelse blant CDMA-brukere.

Fast Frequency Hopping Code Division Multiple Access (FFH-CDMA): Her vil en databit bli fordelt over "flere hopp". I slike systemer er frekvensendringer langt hyppigere enn informasjonsstrømmen.

Space Division Multiple Access (SDMA) innebærer at mange mobile terminaler kommuniserer samtidig på samme bærefrekvens innen den samme cellen. Deres fysiske avstand gjør det imidlertid mulig for basestasjonen å romlig filtrere de mottatte signalene og dermed skille mellom dem. Den oppnådde kapasitetsøkningen er proporsjonal med antallet mobile terminaler som kan dele den samme bærefrekvensen

Random access: Hvis en node har en pakke å sende, så transmitteres det på full kanalrate. Det er ingen koordinering mellom nodene, slik at kollisjon oppstår om to eller flere sender samtidig. Eksisterer ulike protokoller som skal kunne detektere og håndtere kollisjoner. Eksempler er: ren ALOHA, slotted ALOHA og CSMA.

Ren Aloha er den enkleste formen for multippel aksess. Rammer transmitteres til fullstendig vilkårlige tider og det er ingen synkronisering. Hvis en pakke kolliderer, sendes den på nytt senere. Man sjekker altså ikke kanalen før man sender en pakke. Ren Aloha fungerer bra i nettverk med lite trafikk, men ytelsen synker når trafikken og pakkestørrelsene øker. I best-case scenario overføres kanalen nytte data 18% av tiden.

Slotted Aloha deler tiden i like store tidsluker – tiden det tar å sende én ramme. I motsetning til ren aloha, må rammene her være av samme størrelse. Dette er i tillegg en synkronisert protokoll. Noder starter sending av pakker kun på begynnelsen av tidsluker. I best-case scenario overføres kanalen nytte data 37% av tiden. Brukes blant annet i GSM-nettet.

Carrier Sense Multiple Access: CSMA: 1-persistent er en protokoll som lytter før sending. Hvis kanalen er ledig: send rammen. Hvis kanalen derimot er opptatt: utsett transmisjonen. Dersom kollisjon oppstår, gjenta algoritmen. Problemet er at flere andre stasjoner har den samme lure ideen og det vil oppstå kollisjon

CSMA: non-persistent benytter følgende algoritme: Hvis kanalen er ledig: send rammen. Hvis kanalen derimot er opptatt: Vent en tilfeldig trukket tid og lytt igjen. Dersom ingen andre sender, send selv. I motsatt fall, gjenta lyttingen. Dersom kollisjon oppstår under sending, gjenta algoritmen. Denne strategien er mindre grådig enn 1-persistens, og gir bedre kanalutnyttelse.

CSMA: p-persistent deler tiden opp i slotter. Hvis kanalen er ledig: send rammen. Hvis kanalen derimot er opptatt: utsett transmisjonen. Deretter send med sannsynlighet p . Utsett sending til neste tidslott med sannsynlighet $1-p$. Gir meget god kanalutnyttelse.

CSMA/Collision Detection er en metode utviklet for å gjøre det mulig for mange klienter å kommunisere over samme fysiske nettverk uten tap av data. Dersom flere klienter finner ut at nettverket er ledig for å sende data, og begynner å sende data på nøyaktig samme tidspunkt, så kan det oppstå en kollisjon. Dette oppdages av klienten ved å lytte til nettverket, og den klienten som først oppdager en kollisjon, vil da sende ut et blokkeringsignal (**jamming-signal**). Alle klientene vil da avslutte all sending, og vente en vilkårlig valgt tid før de igjen prøver å sende data (**recovery**). Ventetiden vil dobles for hver påfølgende kollisjon på rad (**backoff policy**). Collision detection er en såkalt **contention-metode**, det betyr at maskinene må konkurrere om å få sende data. Dette fører til kollisjoner og ventetid, derfor kan det være en treg metode i nettverk med stor trafikk.

En av de mest kjente implementasjoner av denne metoden er i Ethernet-protokollen, men ettersom det stadig oftere benyttes svitsjer er det også her stadig sjeldnere metoden finnes i praktisk bruk.

CSMA/Collision Avoidance er en metode for å unngå kollisjoner. En enhet som ønsker å sende data "lytter" først til mediet for å sjekke om det er ledig. Hvis mediet er ledig, sender enheten et såkalt "Request to Send"-signal til serveren. Hvis det er OK å sende, sender serveren et "Clear to Send"-signal, og enheten begynner å sende. Når enheten er ferdig med å sende data, sender den et "Abort sequence"-signal, som er en beskjed til serveren om at det er fritt frem for andre enheter som ønsker å sende. I motsetning til et CSMA/CD-basert nettverk, oppstår det ingen kollisjoner med CSMA/CA-teknikken

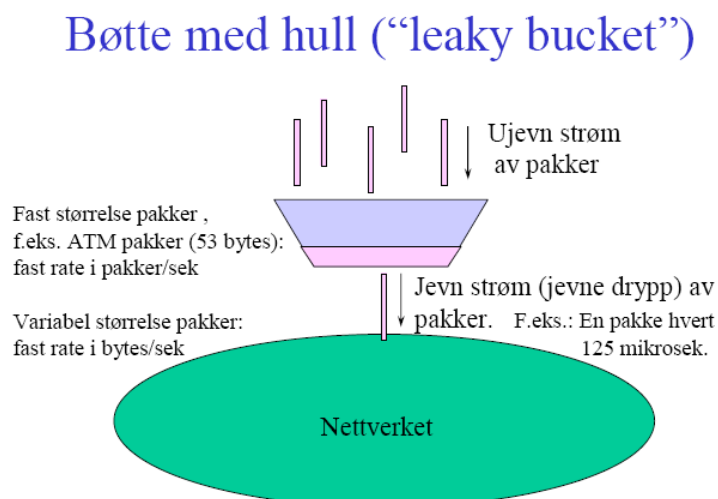
Dette kunne vært en god ide, men det å sende signal om at du har tenkt å sende skaper mer ekstra trafikk i nettverket enn eventuelle kollisjoner ville gjort.

Det er to årsaker til at man benytter denne metoden på trådløse nett istedenfor CSMA/CD:

1. Man kan ikke lytte samtidig som man sender, da det bare er halv dupleks. Dermed kan man ikke oppdage kollisjoner.
2. Maskin a og b kan begge kommunisere med samme basestasjon uten å være i stand til å høre hverandre. Dermed kan de heller ikke vite om den andre noden bruker nettverket.

Capture effect er et fenomen som kun demodulerer det sterkeste signalet hvis to eller flere signaler kommer inn til en stasjon på samme tidspunkt og i tillegg har samme frekvens.

Leaky bucket brukes til å regulere sendehastigheten til et nettverk.



Kap 6 - Svitsjing

Linjesvitsjing – eng. Circuit switching er en teknikk som tradisjonelt har vært i bruk i telefonnettet, men som nå også benyttes for dataoverføring. Bruken av en linjesvitsjet forbindelse foregår i tre faser:

1. Oppsett av linje: ved oppkall blir en "fysisk" linje satt opp mellom sender og mottaker vha. mekaniske eller elektroniske svitsjer.
2. Linja brukes (for tale eller dataoverføring).
3. Nedkopling

Fordelen ved linjesvitsjing er at man får en "egen" fysisk forbindelse som ingen andre bruker. Gir likevel lav utnyttelse av overføringskapasiteten, men krever samtidig mindre prosessering i sentralene.

Pakkesvitsjing innebærer at dataene som skal sendes først stykkes opp i pakker som sendes ut på de fysiske linjene. I motsetning til linjesvitsjing, blir det ikke opprettet en direkte kommunikasjonslinje, men hver pakke inneholder et "hode" som inneholder adresseinformasjon som er nødvendig for å rute pakken fram til mottaker.

Prinsippet er at pakker med data blir sendt ut på et nett og dirigert (svitsjet) til riktig sted via de pakkesvitsjene som finnes i nettet. Når en pakke kommer inn i en svitsj, avgjør svitsjen hvilken linje denne pakken skal sendes ut på ut ifra hva som ser best ut på det tidspunktet pakken prosesseres i svitsjen. Ulike pakker kan således bli sendt forskjellige veier mellom A og B.

En fordel med pakkesvitsjing er at flere sendere og mottagere som utveksler data kan dele de samme fysiske linjene. Passer bra for asynkron trafikk (f.eks. e-post). Pakkesvitsjing er beregnet på å utnytte båndbredden i nettverket maksimalt, og samtidig sørge for at forsinkelsen holdes til et minimum. En annen fordel er at pakkesvitsjing gir mulighet for å rute trafikk utenom linjer som er nede eller går ned. En av ulempene er at behovet for prosesserings- og lagerkapasitet i sentralene øker, fordi hver enkelt pakke må prosesseres og lagres i sentralene.

Forbindelsesorientert er en tjeneste som vil si at du har en opp- og nedkoblingssekvens. Du må koble deg opp mot mottaker før du kan sende. Kan sammenlignes med det å kople opp en telefonsamtale eller en TCP-forbindelse; Oppkopling - bruk – nedkopling av forbindelsen.

Fordelen er at du har større kontroll om data har kommet frem fordi protokollen garanterer avlevering. Ulempen er at oppkoblingssekvensen tar tid..

Forbindelsesfri er en tjeneste som kan sammenliknes med å sende et brev i det vanlige postsystemet. En pakke (datagram) utstyres med en fullstendig adresse som gjør det mulig å rute pakken fram til mottakeren uten at det settes opp noen forbindelse på forhånd. Er såkalt best-effort" overføring, dvs. ingen garanti for vellykket overføring: pakker kan bli borte (CRC-feil og ruteifeil), pakker kan komme frem i gal rekkefølge, pakker kan dupliseres eller pakker kan forsinkes unormalt mye.

PSTN er kortform for Public Switched Telephone Network, eller det offentlige svitsjede telefoninettet på godt norsk. Svitsjet betyr i denne sammenheng at telefonsamtalen settes opp gjennom nettet basert på et gitt telefonnummer og koples ned igjen etter at samtalen er over.

PSTN omtales ofte som analog telefoni til forskjell fra ISDN som er en digital variant

Et moderne PSTN-basert telefonnett er som oftest digitalisert på hele strekningen unntatt fra endesentralen og ut til abonnenten, og en telefonsamtale overføres gjennom nettet som en 64 kbit/s-kanal på samme måte som i ISDN.

ISDN er kort for Integrated Services Digital Network (tjenesteintegreert digitalt nett), en standard for pakkesvitsjede digitale WAN-linjer, og brukes til både telefoni og data.

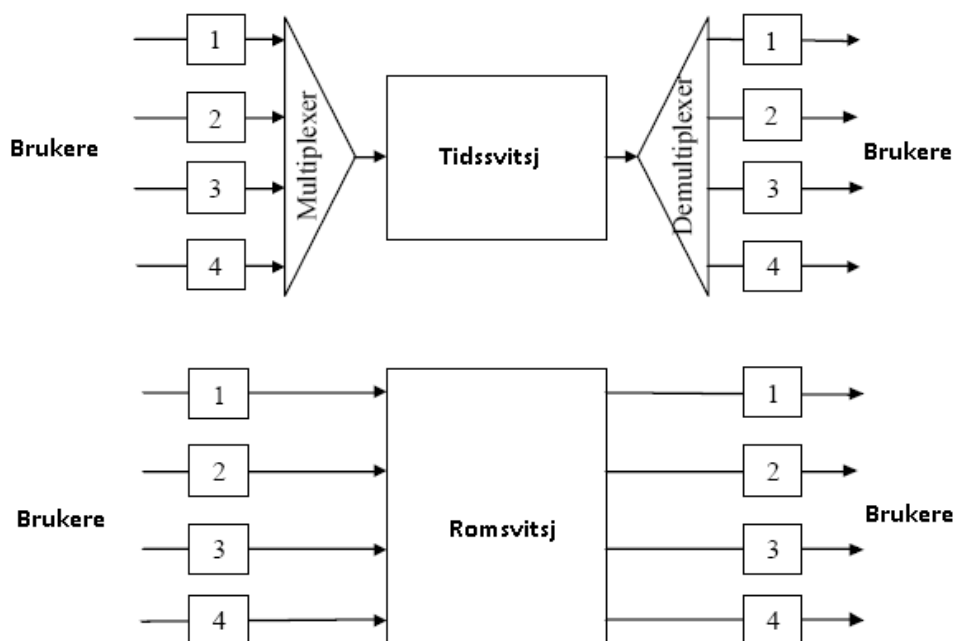
Network Access Point (NAP) kobler Internet Backbone sammen. Kan sammenlignes med sentralbord.

Intelligente nett (IN) er en sammensetning av nettkomponenter for å realisere avanserte tjenestefunksjoner, som f.eks. grønne nr, call center, voicemail osv. IN består av mer eller mindre "intelligente" noder i nettet som svitsjer telefonsamtaler på bakgrunn av forhåndsbestemte regler. Målet er så langt som mulig å automatisere tjenester som i dag trenger manuell betjening.

Et **geografisk nummer** betyr at abonnenten blir tildelt et telefonnummer fra den nummerserien som er allokert for det fylket personen har adresse. Forutsetningen er at et geografisk nummer kun skal benyttes på registrert adresse.

I en **tidssvitsj** vil en kanal forflyttes fra en tidsluke til en annen i det samme multiplekse signalet

I en **romsvitsj** vil tilkoblinger representere ulike punkter i rommet.



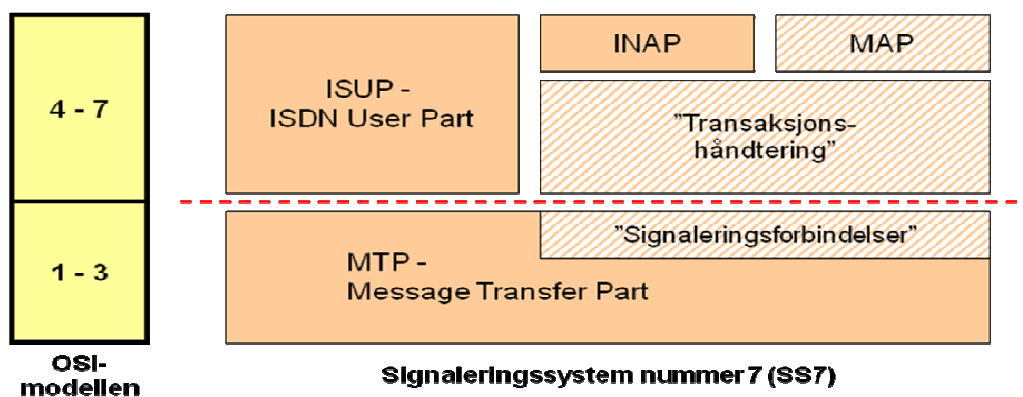
Digitale nettverk tar i bruk en kombinasjon av både romsvitsj og tidssvitsj

Sperrfri svitsjematrise betyr at enhver inngang kan kobles til enhver ledig utgang, uansett hvilke andre gjennomkoblinger som er til stede.

Kap 7 – Protokollteori

Et **signaliseringsystem** for telefoni skal kunne håndtere basis anropstyring, administrasjon og nedkobling. Målet er at alle sentraler skal kunne "snakke" sammen. Signaleringen tar ikke hensyn til hva slags informasjon som overføres, men legger til rette for at nytte­data kan bli overført.

Signaleringssystem nr. 7 (SS7) brukes til å sammenbinde mange slags kommunikasjonssystemer og det representerer et slags pakkesvitsjet datanett.



SS7 skaper på en måte språket og kommunikasjonssystemet som sikrer at meldinger blir overført.

Kan dele inn SS7 i to deler. Du har en Message Transfer Part (MTP), som beskriver virkemåten på det fysiske laget, linklaget og nettverklaget, og en User Part, som består av 3 hovedsøyler: ISDN User Part (ofte gjengitt som ISUP), Telephone User Part (TUP) og en sammensatt med Signaling Connection Control Part (SCCP) i bunnen og Transaction Capabilities Application Part (TCAP) over.

Message Transfer Part (MTP) sin hovedoppgave er å skaffe:

- Pålitelig transport og levering av "User Part"-signaleringsinformasjon tvers over SS7-nettet;
- Evne til å reagere på system- og nettfeil som vil ha følger for punkt a) og ta nødvendige aksjoner for å sørge for at a) allikevel blir utført.

ISUP er den delen av SS7 som har ansvaret for ISDN-signalering. ISUP definerer de prosedyrene som trengs for å sette opp, administrere og avslutte sesjoner som benyttes for å overføre tale eller datatrafikk over PSTN. ISUP kan også brukes til signalering for samtaler som ikke benytter ISDN, og er i dag den mest brukte formen for signalering i SS7.

TUP baserer seg på analog signalering. Før signaleringen ble digitalisert ble TUP benyttet til å initiere og avslutte samtaler. I dag har denne varianten stort sett blitt erstattet av ISUP.

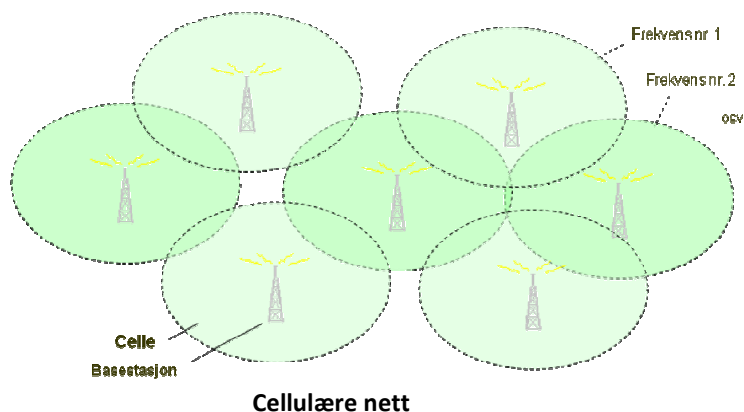
SCCP gir tilleggsfunksjoner til MTP for å tilby forbindelsesløse og forbindelsesorienterte nettverkstjenester til å overføre signaliseringsinformasjon.

TCAP er en del av SS7 som kan benyttes for informasjonsoverføring mellom nettelementer når informasjonen ikke er direkte relatert til samtaleopp- eller -nedkopling på bestemt kanal

Kap 8 – Cellulære nettverk

Cellulære nett er et radionettverk som består av visst antall radioceller (eller bare celler) som hver for seg er betjent av en basestasjon. Disse cellene blir brukt til å dekke forskjellige områder slik at det kan tilføre radiodekning over et større område enn området av kun en celle. Størrelsen på cellen avhenger av sendereffekten til radiosenderen. Noe av hensikten med celle-konseptet er å begrense sendereffekten og muligheten til gjenbruk av frekvensene. Roaming er selve varemerket for slike nett og siden WLAN mangler støtte for nettopp dette er den derfor ikke cellulær.

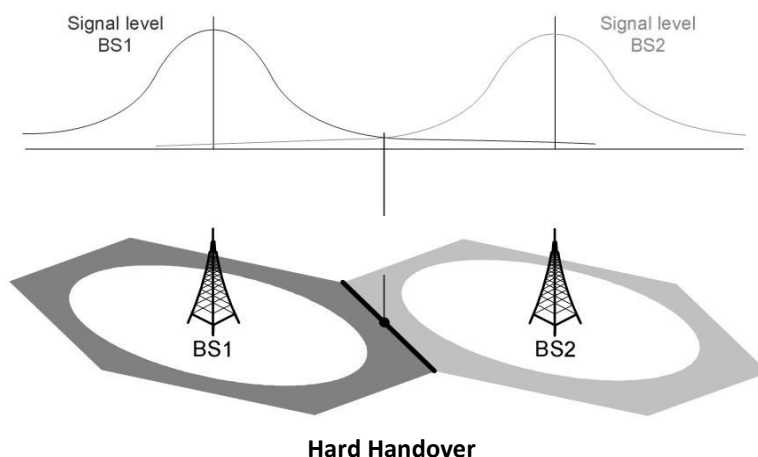
Fordelen med slike nettverk er kort oppsummert: økt kapasitet, mindre strømforbruk og bedre dekning.



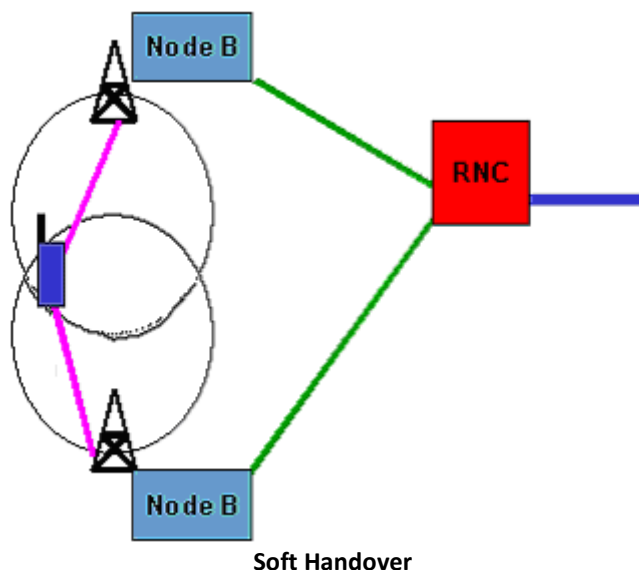
Roaming oppstår når en mobil node forflytter seg fra en basestasjon til en annen på grunn av lastdeling eller fysisk forflytning. Dvs at du "låner" mobilnettet til en annen operatør. For eksempel om du har Telenor, og befinner deg et sted hvor Telenor ikke har mobilnett.

Handover i GSM er når en mobil node flytter seg fra en celle til en annen innen et oppholdsområde, samtidig som en samtale er i gang. Grunnen kan være at mobilen beveger seg så langt fra basestasjonen at signalnivået ved mottaker blir for lite til å oppnå god nok forbindelse. Det kan også være av trafikkmessige årsaker. BSC bestemmer handover innenfor samme lokasjonsområde (intern handover). Ved handover fra et lokasjonsområde til et annet (ekstern handover), kommer instruksjoner fra MSC.

Hard handover betyr at samtalen flyttes fullstendig på en gang. Dette resulterer i at radioforbindelsen blir brutt mellom den mobile noden og nettverket før en ny er etablert med ny basestasjon. Det gir tap av taletrafikk, og dermed et lite brudd i samtalen.



Soft handover betyr at radioforbindelsene håndteres på en slik måte at det alltid vil være en forbindelse oppe for den mobile noden. Dette gir fullstendig kontinuitet.



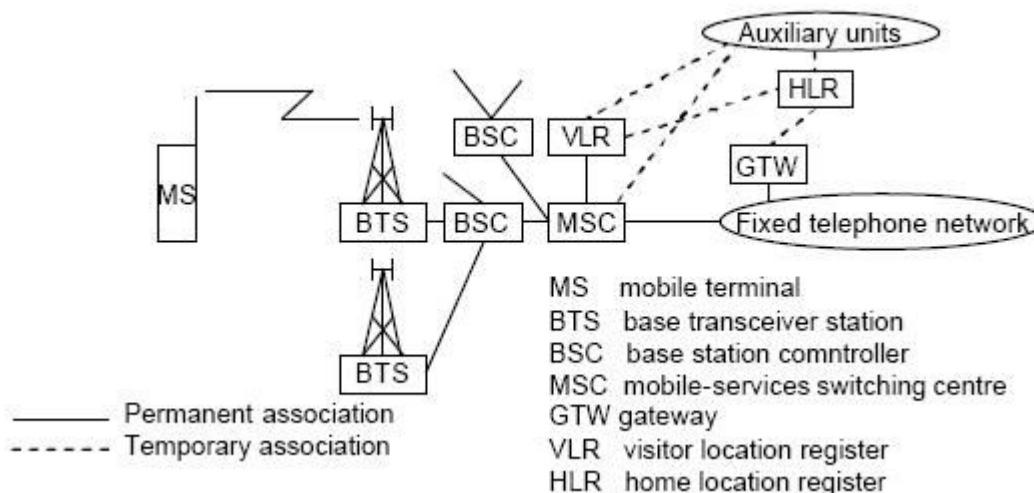
Public Land Mobile Network (PLMN) er et uttrykk for offentlig mobilkommunikasjonsnett som f.eks. GSM-nettet. Et PLMN eies og drives av et selskap med konsesjon for å drive et slikt nett.

PLMN omfatter både basestasjoner, basestasjonskontrollere, mobilsvitsjer, kommunikasjonslinjer og støttesystemer av ulike slag. Det har alltid grensesnitt mot offentlig telefonitjeneste, og som oftest mot en ISP for levering av Internettjenester.

Har visse krav som den må støtte: Kontinuerlig radiodekning, handover, ruting av samtaler, lokasjonsoppdatering osv.

GSM (Global System for Mobile communications) er et fullstendig digitalt system og kan derfor sees på som det første digitale mobile cellebaserte systemet. Alle enheter som er koplet opp i GSM-nettet må være synkronisert i tid og frekvens.

GSM-systemet består av 2 hovedmoduler. Basestasjonssystem (BTS og BSC) og et svitsjesystem (MSC, HLR og VLR)



Arkitekturen for GSM-nettet.

MS (Mobile Station) er det fysiske utstyret som abonnenten bruker for å opprette forbindelse med GSM-nettet. MS må være synkronisert både i tid og "rom". Dvs. at den må vite når den skal sende og den må vite hva.

BTS (Base Tranceiver Station) et teknisk uttrykk for en radiostasjon i et mobiltelefonnettverk. En BTS inneholder sender- og mottakerteknologi, samt antenneområder for å forsyne en radiocelle. Man kan si at BTS utgjør kjernen i den trådløse delen av GSM.

BSC (Base Station Controller) har ansvar for oppsett av radiokanaler, handover (det at en MS beveger seg fra en celle til en annen), frekvenshopping og kontroll av sin egen signalstyrke. BSC kan sees på som broen mellom den mobile terminalen (MS) og MSC.

MSC (Mobile services Switching Center) sørger for forbindelse til andre typer nettverk, samtidig som den inneholder funksjonalitet for å håndtere mobile brukere som registrering, autentisering, lokasjonsoppdatering, handover osv.

VLR (Visitor Location Register) kontrollerer alle mobiler innenfor sitt område. Det er en database som inneholder informasjon om brukere som ikke hører hjemme i dette systemet, men er på "besøk".

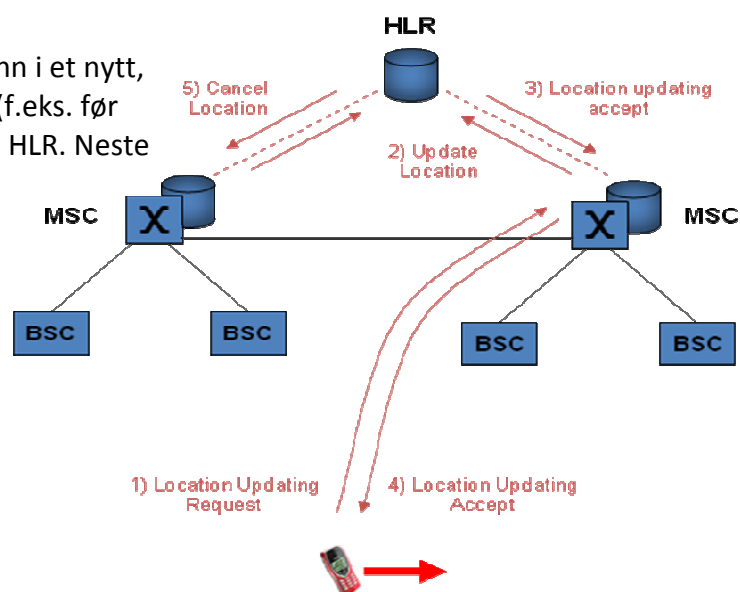
HLR (Home Location Register) sees på som en veldig viktig database og inneholder informasjon om brukernes identitet, lokasjon og tilgjengelige tjenester. Brukerens lokasjon er definert av en SS7-adresse til brukerens aktuelle VLR.

AuC (Authentication Center) er en av hovedenhetene i GSMs sikkerhetsmekanismer. Det er en beskyttet database som inneholder parametre for autentisering av brukerne og kryptering over radiolinken. AuC inneholder bl.a. en kopi av de hemmelige nøklene som finnes i brukerens SIM-kort.

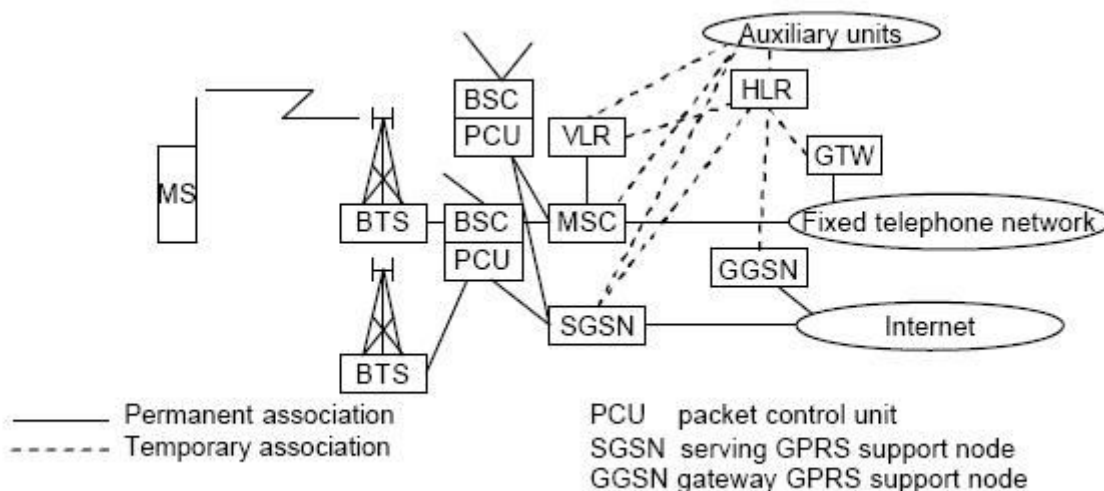
Lokasjonsoppdatering består i oppdatering av den peker man har i HLR til registrert oppholdssted. Oppholdsstedet er i HLR definert med en presisjon tilsvarende det område(den del av nettet) et enkelt VLR betjener.

Hvis en abonnent beveger seg ut av et VLR-område og inn i et nytt, vil en "location update" trigges. Slår man av et apparat (f.eks. før man går inn i et fly), så beholdes lokasjonsbeskrivelsen i HLR. Neste gang man slår på apparatet, vil posisjonen i nettet bli sjekket. Er man i et nytt område, forestas en "location update".

Lokasjonsoppdatering brukes altså om oppdatering av apparatets plass i nettet. Denne plassangivelsen brukes primært til å finne apparatet ved anrop.



GPRS (General Packet Radio Service) utvider mulighetene for dataoverføring basert på GSM-standarden, samt gjøre dette på en måte som utnytter radiokanalressursene effektivt (dvs. statistisk multiplekset). Kan betraktes som ren utvidelse av GSM med full "bakoverkompatibilitet". Samme radiogrensesnitt som GSM, men en mobilstasjon kan ha aksess til mer enn en tidsluke, dessuten er det nye nettelementer på plass for å støtte dataoverføring (PCU, SGSN, GGSN).

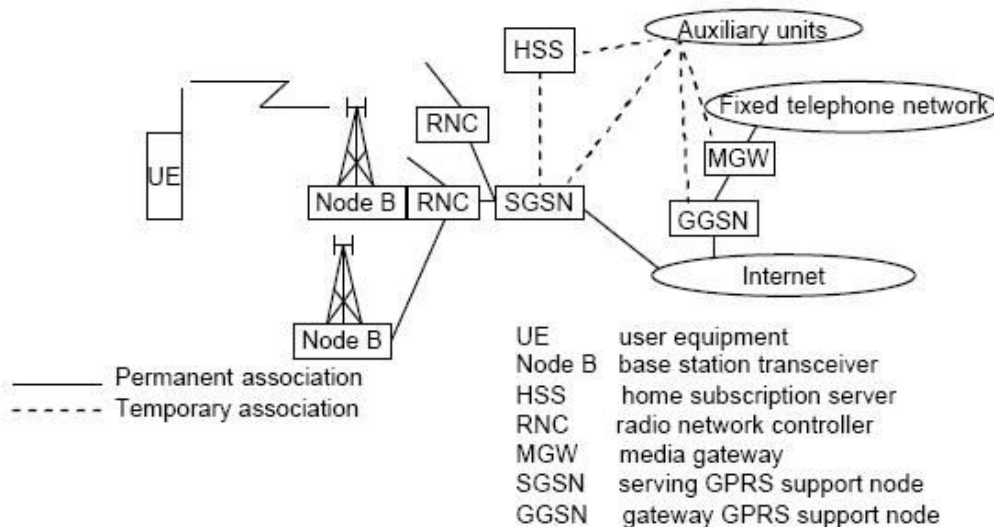


GPRS-arkitekturen

PCU (Packet Control Unit) organiserer pakkeoverføringen på radiokanalen og styrer BSC for å få dette til.

GGSN (Gateway GPRS Support Node) og **SGSN (Service GPRS Support Node)** er internettrutere som tilbyr mobil IP.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) skiller seg fra GSM ved at den bruker CDMA, i tillegg til at de opererer på ulike frekvenser. Arkitekturen er i prinsippet bygd opp på samme måte som GPRS.



Arkitekturen for UMTS-nettet

Node B tilsvarer BTS i GSM-terminologi. Node B er ansvarlig for prosessering på fysisk lag, slik som kanalkoding og *interleaving*, hastighetstilpasning, spredning og modulering av signalet. Den inneholder også algoritmer til fysisk lag, som f.eks. *inner loop power control* og ulike målingsalgoritmer.

RNC (Radio Network Controller) tilbyr en kombinasjon av funksjonaliteten som man finner i BSC og MSC i GSM-nettet. Det er på mange måter nettverkselementet som sørger for å kontrollere radioressursene.

HSS (Home Subscription Server) er hoveddatabasen for en gitt bruker. Bindingen mellom den private og den offentlige brukeridentiteten lagres i HSS og kalles en tjenesteprofil. HSS inneholder også funksjonalitet tilsvarende HLR og AUC slik at roaming med de tradisjonelle mobile tjenestene kan sikres.

MGW (Media Gateway) er nyttig fordi den kobler sammen flere mediestrømmer og media.

UTRAN er et konseptbegrep som identifiserer den delen av nettverket som består av radionettverkskontrollere (RNC) og node-basestasjoner (Node B).

Aksessmetoder i GSM

Fordi radiofrekvensene er en begrenset ressurs som må deles mellom mange brukere, bruker GSM to multiple aksessmetoder. For at GSM skal kunne håndtere mange brukere samtidig, så er det ikke tilstrekkelig med kun å bruke FDMA. I tillegg brukes TDMA som er en metode som deler en frekvens opp i tid, såkalte timeslots. GSM-900 deler hver frekvens opp 8 timeslots nummerert fra 0-7 og har en varighet på 0.577 ms. De 8 slottene kalles en TDMA-ramme og en mobilstasjon får tildelt en av disse 8 time-slottene.

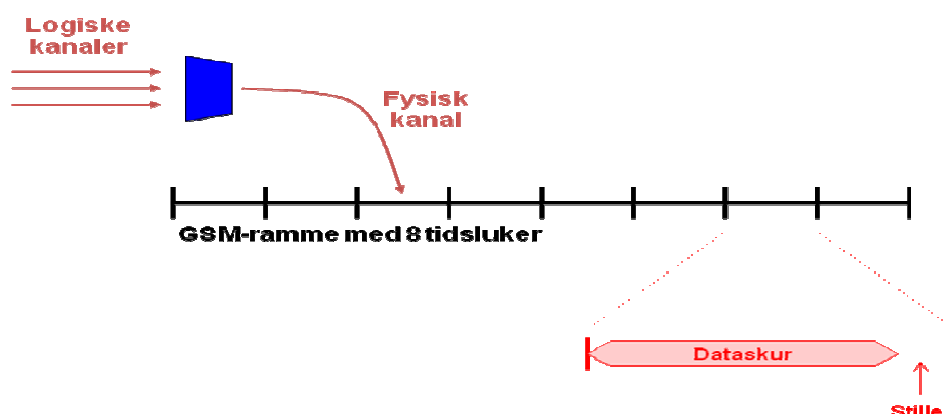
Hvis en mobilstasjon får tildelt timeslot nr 2, så sender den kun i denne tidsperioden og forblir passiv i de andre 7 time-slottene. Denne periodiske svitsjingen mellom å sende og ikke sende kalles en **burst**.

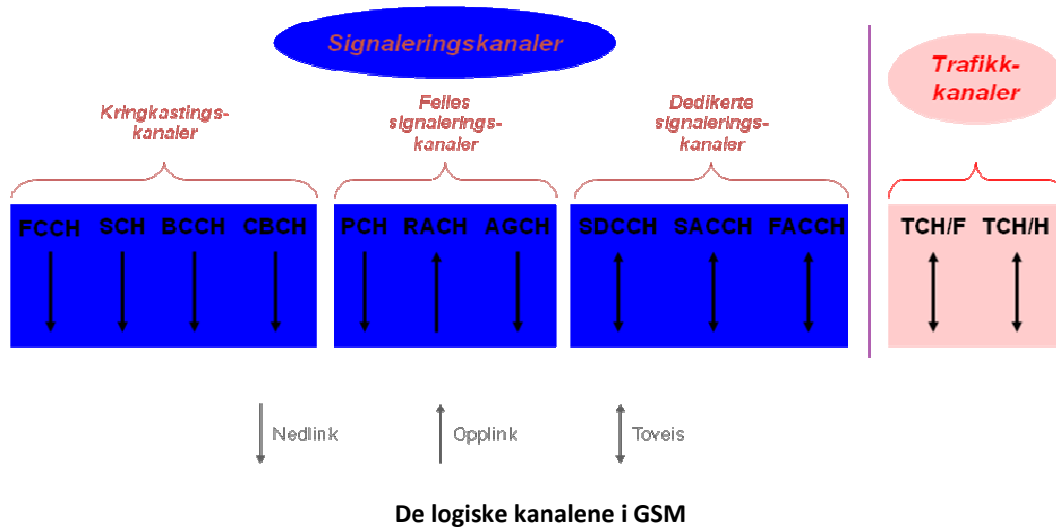
Lengden på en timeslot som er ekvivalent med en burst, er altså 0.577 ms og lengden eller varigheten til en TDMA-ramme blir derfor 4.615 ms ($8 \times 0.577 = 4.615$). Det betyr at en mobilstasjon sender en burst hvert 4.615 ms, noe som tilsvarer en frekvens på 216.6 Hz ($1/4.615=216.6$) som ligger innenfor det hørbare område.

I GSM skiller man mellom **fysiske kanaler** og **logiske kanaler**. En fysisk kanal defineres ut ifra hvilken frekvens og timeslot som brukes. F.eks. frekvens 890.4 MHz sammen med time slot 2 utgjør en fysisk kanal.

En fysisk kanal er en sekvens av TDMA-rammer med et gitt timeslot-nummer. Avstanden mellom bærebølgene (carrierene) er 200 kHz inne samme frekvensområde.

En logisk kanal defineres ut ifra hva slags informasjon de fysiske kanalene inneholder. Med andre ord: En sirkulerende timeslot, f.eks. nr 2 på en frekvens f.eks. 890.4 MHz, utgjør en fysisk kanal som brukes av flere forskjellige logiske kanaler for å frakte ulike typer informasjon.





BCH (Broadcast Channels) / Kringkastingskanaler brukes bare av basestasjonene for å gi mobilstasjonene tilstrekkelig med informasjon for å kunne synkronisere med nettet.

CCCH (Common Control Channels) / Felleskanaler inneholder informasjon for å etablere en forbindelse mellom mobilstasjonen og basestasjonen.

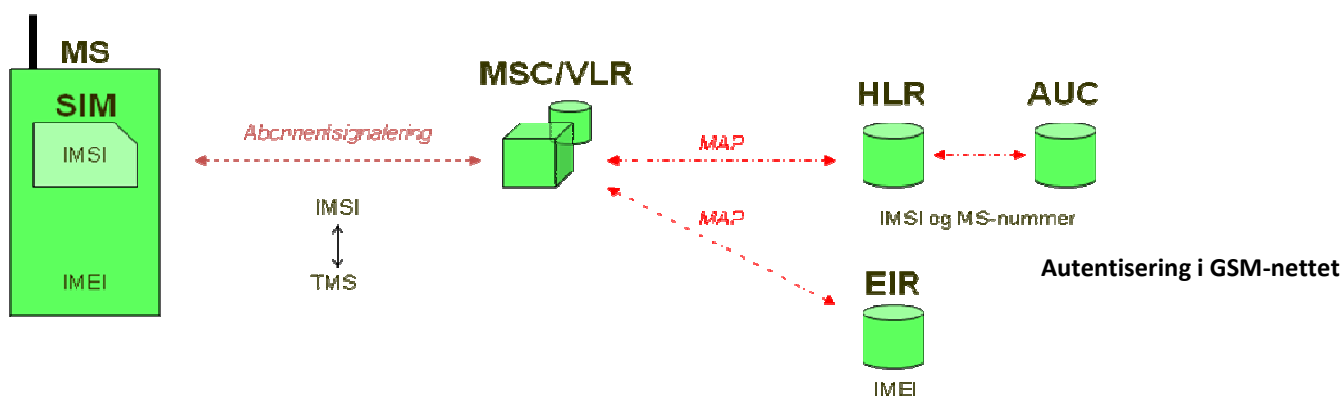
DCCH (Dedicated Control Channels) / Dedikerte kanaler brukes for sending av signaleringsmeldinger, deriblant SMS meldinger, mellom mobilstasjonen og basestasjonen. Det finnes 2 typer av DCCH:

- **SDCCH (Standalone Dedicated Control Channel)** som er hovedkanalen for sending av signaleringsinformasjon mellom mobil - og basestasjonen.
- **SACCH (Slow Associated Control Channel)** som brukes for kontroll og vedlikehold av en oppkoblet forbindelse, samt ved bruk av SMS (Short Message Service). SACCH brukes alltid sammen med enten en TCH eller en SDCCH.

TCH (Traffic Channels) deles opp i to typer kanaler: fullrate (TCH/F) og halfrate (TCH/H). Både fullrate og halfrate bruker en multiramme bestående av 26 TDMA-rammer, men de har litt forskjellig indre struktur. En slik 26-multiramme består av til sammen 24 trafikkanaler som frakter tale og data til og fra mobilstasjonene. I tillegg inneholder den en SACCH som brukes for å vedlikeholde linken mellom mobil og basestasjonen.

Subscriber Identity Module (SIM) er et kort som identifiserer brukeren av mobilen. SIM-kortet plasseres inni mobiltelefonen og telefonen må ha dette kortet for å kunne få aksess til GSM-nettet. SIM er beskyttet av en firesifret PIN-kode og for at GSM-nettet skal kunne identifisere brukeren, inneholder SIM-kortet bl.a. en unik IMSI (International Mobile Subscriber Identity)

Fordi man skiller mellom brukeren (IMSI) og terminalen (IMEI), så kan brukeren få aksess til GSM-nettet med hvilken som helst GSM-terminal ved å bruke sitt personlige SIM-kort.



IMSI (International Mobile Subscriber Identity) er et nummer som kan ha inntil 15 siffer og er et unikt nummer som er tilknyttet SIM-kortet. Det består av MCC (Mobile Country Code) med tre siffer, MNC (Mobile Network Code) med to (Europa) eller tre (Amerika) siffer, og MSIN (Mobile Subscriber Identification Number) med opptil 10 siffer.

Dette nummeret er altså globalt entydig og kan derfor brukes for bl.a. roaming og internasjonale samtaler for å unngå forvekslinger mellom telefonnumre. I GSM/UMTS vil IMSI-en skrives kryptert inn i SIM-kortet. OBS: Man bruker ikke IMSI for å ringe en abonnent, det er ikke et "telefonnummer", men brukes til identifikasjon og som underlag for ruting.

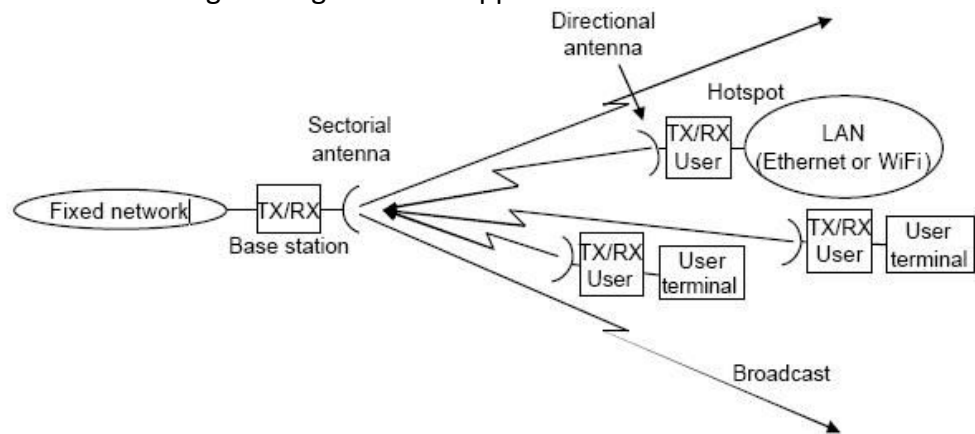
EIR er et register som kontrollerer mobilens type og serienummer. Hensikten er å kunne utelukke utstyr som kan virke forstyrrende på nettet, og - kanskje det viktigste - kunne stenge ute mobiler som er stjålet. Dette registeret er felles for hele GSM-nettet

Kap 9 – Satelittsystemer

Skiller mellom tre forskjellige type systemer: Distribuerte nettverk (WiMaX), radiorelé og satellitter.

Distribuert nettverk: Antenna på basestasjonen (TX/RX) stråler ut signaler. Enhver bruker som er innenfor rekkevidde av basestasjonen vil da motta signalet og bli koblet opp mot det fastsatte nettverket.

Distribuert nettverk

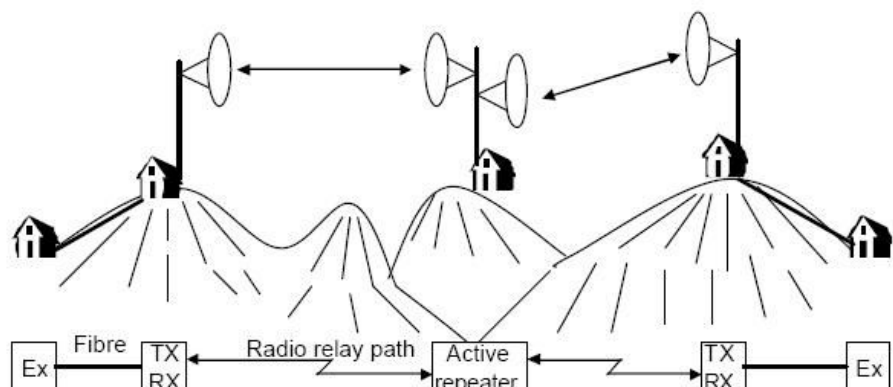


Local Loop Unbundling (LLUB) betyr tilgang til aksessnettverket eller i praksis: muligheten for andre operatører til leie (fra Telenor) den siste delen av aksessnettverket fra nærsentralen til kunden.

WiMAX er en betegnelse på produkter som følger IEEE 802.16-standarden. Det er en standardisert trådløs teknologi som gir høye hastigheter via bredbåndskoblinger over lange distanser.

Radiorelé: Her vil signaler bli sendt fra antenne til antenne vha tynne stråler. Antennens reflektor er parabelformet og gjør det derfor mulig å fokusere parallelt innkommende stråler mot ett punkt der antennens mikrobølgehode er plassert. Vi utnytter også en annen av parabelens spesielle egenskaper; at alle innkommende parallelle stråler reiser like lang vei til fokuspunktet og dermed vil være i fase med hverandre. Dermed oppnås en forsterkning av signalet. Mest brukt i fjell hvor optisk fiber ville ha vært for dyrt.

Radiorelé



Satellitter klassifiseres etter hvilke baner de sirkulerer i og hvilke type tjenester de tilbyr. De mest brukte klassene er LEO, MEO og GEO.

LEO-satellitter (LEO = lav jordbane) er gjerne i noen få hundre kilometers høyde. Et omløp rundt Jorden tar da 1,5 time. De lave banene gjør at satellittene får stor hastighet og kan passere over et punkt på jordoverflata flere ganger i døgnet. LEO-satellitter gir mye mindre tur/returforsinkelse enn GEO-satellitter, men det må langt flere satellitter til for å dekke hele jordoverflaten.

MEO-satellitter (MEO = Middelhøy jordbane) er i høyde fra ca 10 000 til 20 000 km over jordoverflata. Fordelen med MEO er at hver satellitt "ser" en større del av Jorda, og det er ikke nødvendig med mer enn 8 til 12 satellitter for full dekning. Ulempen er at det krever mer energi, både for å få satellittene opp i riktig høyde og for kommunikasjon mellom satellittene og Jorda. Det er ikke så mange satellitter som går i middelhøy jordbane, mye på grunn av van Allen-strålingsbeltene som kan ødelegge elektronikk.

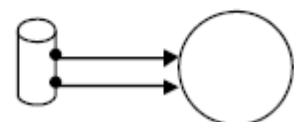
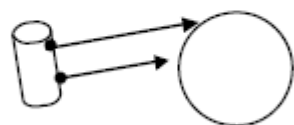
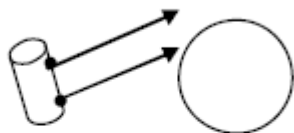
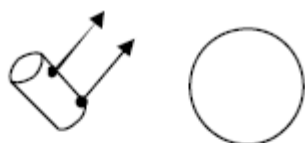
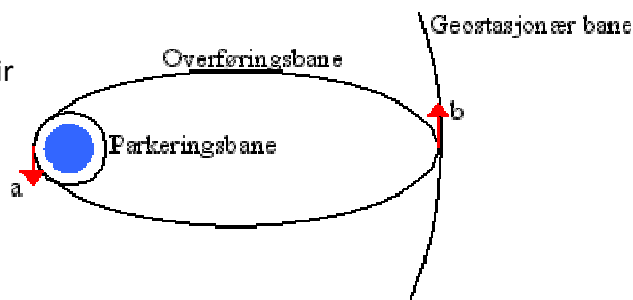
GEO-satellitter (GEO = Geostasjonær bane) er i 36 000 km høyde, over ekvator. Omløpstiden er 24 timer, hvilket vil si at satellitten er over samme punkt på jorden hele tiden. Kommunikasjonsforsinkelsen tur/retur er omtrent 270 ms, noe som er en utfordring ved sanntidskommunikasjon.

Vinkelen med ekvatorialplanet kalles **inklinasjon**. En satellitt med bane som ligger i ekvatorialplanet har inklinasjonen 0 grader (GEO). En satellitt i polbane har inklinasjon 90 grader (LEO). En GPS-satellitt har inklinasjon på 55 grader. En inklinasjon på 180 grader vil si at satellitten går i bane rundt ekvatorplanet til jorda, men i motsatt retning av jordrotasjonen.

Eccentricity er et mål på ellipsens flate. Jo større dette tallet er, desto flatere blir ellipsen. Dette er tall mellom 0 og 1, hvor 0 betyr at det er en sirkel.

Station-keeping er en manøvrering for å sørge for at en LEO eller GEO holder seg til en den tildelte "banen". Typiske problemer er atmosfæriske trekk som gjør at stasjonen kommer ut av sin bane, eller at vinkelforholdet mellom satellitten og jorda må justeres.

En **overføringsbane** er banen satellitten blir plassert i før den blir manøvrert til den endelige **parkeringsbanen**.



Attitude

Earth

Attitude control tar hensyn til hvordan en satellitt er posisjonert i et 3-dimensjonalt rom. Attitude er i denne betydningen; hvilken vei satellitten "peker". Små raketter på satellitten blir aktivert i kort periode for å få satellitten til å rotere i den ønskede retningen. Når den har kommet i riktig posisjon er det enkelte mekanismer som sørger for at den holder samme kurs.

I løpet av **eklipse** forsvinner satellitten inn i skyggen av jorda og vil da ikke motta sollys. Tiden en satellitt er i eklipse avhenger av banen. GEO-satellitter er i skyggen omtrent 4% av tiden, mens LEO-satellitter er maksimalt 30% av tiden i skyggen. LEO-satellitter kan også ligge i helt spesielle type baner. Disse blir ofte kalt solsynkrone og her er det ingen eklipse.

At en satellittbane er **solsynkron** betyr at en satellitt som går i bane vil passere over et punkt på jorda til samme lokale tid gjennom hele året. På den måten har en de samme lysforholdene ved alle passeringer. Solsynkrone baner er en type polarbaner og flere jordobservasjonssatellitter utnytter dette.

VSAT-systemer er hovedsakelig benyttet for datakommunikasjon innen store bedrifter, men også for offentlige systemer i områder med manglende teletjenester, slik som i deler av Øst-Europa. Fordelene med et slikt system er at de er lette å installere, utvide og rekonfigurere

Det er naturlig å dele VSAT-systemer opp i to hovedtyper: I et stjernenett (hub-system) og et maskenett.

Antenneforsterkningen er antennes evne/egenskap til å sende ut et signal og det måles i dB.

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) er den styrken som overføres til mottakeren, om man forutsetter at signalene stråler likt i alle retninger, lik en sfærisk bølge som stråler ut fra en kilde.

Free space loss er det tapet i signalstyrken pga distansen mellom sender og mottaker gjennom et "fritt rom" der det ikke er hindringer som kan forårsake refleksjon eller lignende. $(\lambda/4\pi*d)^2$

Signal-to-Noise Ratio er et uttrykk om det relative forholdet mellom støy og signal. Jo høyere jo bedre.

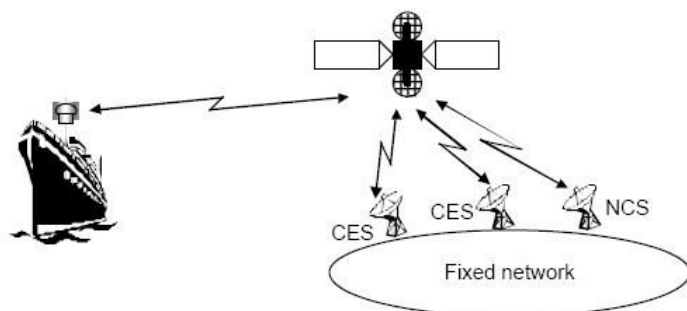
Linkbudsjett viser sammenhengen mellom EIRP i senderen og C/N i mottakeren

Trade-offs betyr å gjøre enkelte kompromisser i ulike aspekter for å styrke enheten på andre områder.

Inmarsat består av ni satellitter i geostasjonær bane. Fire av disse er av den siste Inmarsat-3 generasjonen. De har fått frekvenser i området 1,6 GHz opp fra skip og 1,5 GHz ned til skip. Dessuten måtte det allokeres frekvenser til forbindelsen satellitt- kystjordstasjon, og her ble C-bånd benyttet. Inmarsat omfatter etter hvert mye mer enn nødkommunikasjon. Tjenestene omfatter alt fra telefoni, data, faks, høykvalitets audio og videokonferanse.

Broadband Global Area Network (BGAN) er verdens første globale kommunikasjonstjeneste som på samme tid tilbyr både tale og bredbåndsdata gjennom mobil utstyr. Tjenesten skal også være den første til å tilby garanterte IP-datarater som et alternativ. BGAN leveres via Inmarsat-4-satellittene, foreløpig i Europa, Afrika, Midt-Østen og Asia.

Arkitekturen for Inmarsatsystemer



CES er for maritime formål. Kobler til det offentlige kommunikasjonsnett via satellitt.

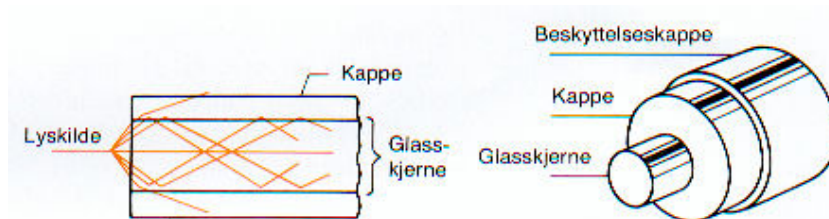
NCS er ansvarlig for å håndtere og overvåke ressurser innenfor nettverket

Kap 10 – Optiske kommunikasjonssystemer

Fiberoptikk

Den mest utbredte form for optisk system er der lys (ofte fra en laser) ledes igjennom en **fiberoptisk kabel**. Denne kabelen har en kjerne laget av meget rent glass eller plast. Denne kabelen (tråden) kan være fra flere millimeter i diameter og til en brøkdel av et hårstrås tykkelse.

En fiberkabel består av flere lag av forskjellige materialer. To av disse lagene er alltid en del av en fiberkabel, dette er **kjernen** (core) som er laget av meget rent glass, og **kappen** (cladding) som har en lavere brytningsindeks enn kjernen. Kappen danner ett beskyttende lag for kjernen, og er samtidig med på å sørge for at kjernen fungerer som en bølgeleder.



Lys blir sendt inn i kjernen av en kabel med en laser. Lysbølgen vil alltid ha en vinkel i forhold til kjernens ytterkant, enten fordi lyset kommer inn med en vinkel, eller fordi fiberkabelen er en anelse bøyd. Når lysbølgen treffer «veggene» inne i kjernen (overgangen mellom kjernen og kappen), reflekteres lysbølgen med samme vinkel inn mot senter av kjernen. Denne refleksjonen skyldes forskjellen i brytningsindekset mellom kjernen og kappen. Denne refleksjonen er svært ideell, og lyset mister svært lite energi.

Informasjonen (som blir transportert med lysbølgen) kan derfor transporteres langt før det må forsterkes. Informasjonen blir dekodet av en lasermottaker på den andre siden av kabelen.

Lys har kapasitet til å flytte enorme informasjonsmengder. Typiske hastigheter er fra 1 Gbit/s og oppover. En 2,4 Gbit/s forbindelse kan eksempelvis overføre 32 000 samtidige telefonsamtaler.

Innen fiberoptisk kommunikasjon opererer man med to begreper; **single-modus fiber** og **multi-modus fiber**. Forskjellen mellom disse modi, er antall lysbølger den kan transportere. En single-modus fiber egner seg best til å transportere *en* lysbølge (i motsetning til en multi-modus fiber).

Grunnen til at vi opererer med disse to begrepene, er ett lysfordreiningfenomen som kalles **dispersjon**. Dette er ett fenomen som fører til at ulike lysbølger går forskjellige veier gjennom en fiber, som etter en viss tid fører til en fordreining av signalet. Siden en single-modus fiber brukes til å transportere en lysbølge (som dermed ikke har mulighet til å "blande" seg med andre lysbølger), egner en single-modus fiber seg derfor til å transportere signaler over store avstander. En single-modus fiber har en kjerne med radius mindre enn 9 μm og en ytre radius av fiber på 125 μm .

I dag er maksimal båndbredde 40 Gbit/s per bølgelengde over single-modus fiber. Ved hjelp av bølgelengdemultipleksing kan en enkel fiber transportere opptil 160 slike 40 Gbit/s bølgelengde.

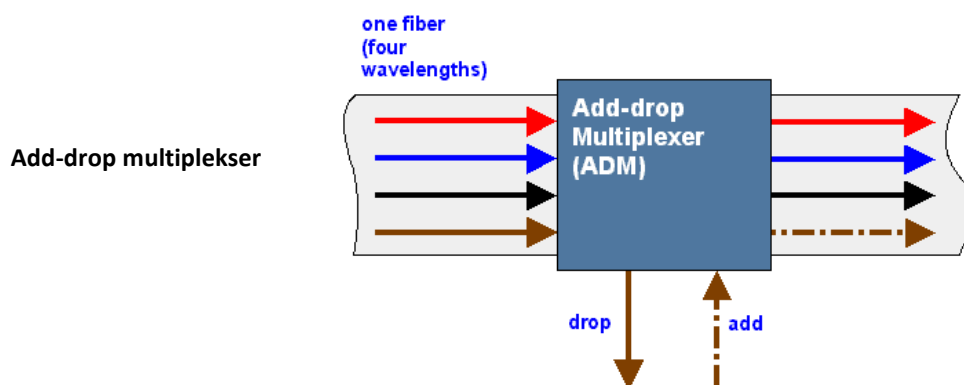
Fiberoptiske kabler blir mye brukt i lokalnett (LAN), særlig der hvor trafikken er størst, for eksempel mellom en filtjener og en svitsj. De blir også brukt i stadig større grad i kablede telefonnett.

En fiberoptisk kabel har mange fordeler: De kan overføre store datamengder, de er lite påvirket av støy, de er tynne og lette, samt de egner seg godt til å overføre data digitalt. Ulempene med fiberoptiske kabler er at de er kostbare og veldig sårbare.

Bølgelengdemultipleksing (WDM) er en type multipleksing hvor man øker båndbredden over et fiberoptisk medium ved å sende flere parallelle datastrømmer med lys i ulike bølgelengder. WDM er egentlig en spesialvariant av FDM, men for "lys" er det tradisjonelt vanligere å snakke om bølgelengdene enn om frekvenser.

Høy båndbredde, god fleksibilitet og gode muligheter for oppgradering er blant fordelene for WDM.

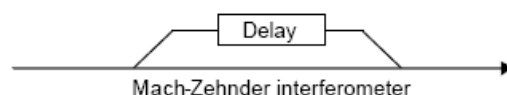
Add-drop multiplekser (ADM) er en nettelementtype med to linjegransnitt (aggregate) og et antall av- og påtapninger (tributary). Den har altså mulighet til å legge til en eller flere lavbåndbreddesignaler til en eksisterende høybåndbreddeoverføring, og samtidig da videreføre eller fjerne andre lavbåndbreddesignaler fra samme overføring. Sistnevnte signaler vil da bli sendt over til andre nettverk.



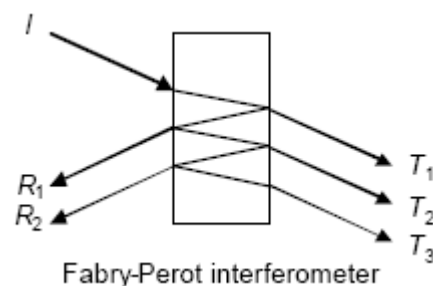
Optiske filtre

Interferometer er et instrument brukt til måling av bølgelengder, brytningsindekser og korte avstander ved hjelp av interferens mellom to koherente lysstråler

Mach-Zehnders interferometer består av skråstilte speil slik at lyset på tilbakeveien treffer en annen plate. Man kan sette inn celler i lysveien for å bestemme forskjeller i brytningsindeks. Dette brukes spesielt for å registrere forandringer i lufttrykk eller densitet og for å studere luftstrømmen i modellforsøk med fly, raketter o.l.



Fabry-Perots interferometer er basert på interferens ved mange gangers refleksjon av lys mellom to semitransparente eller delvis reflekterende tynne parallelle plater



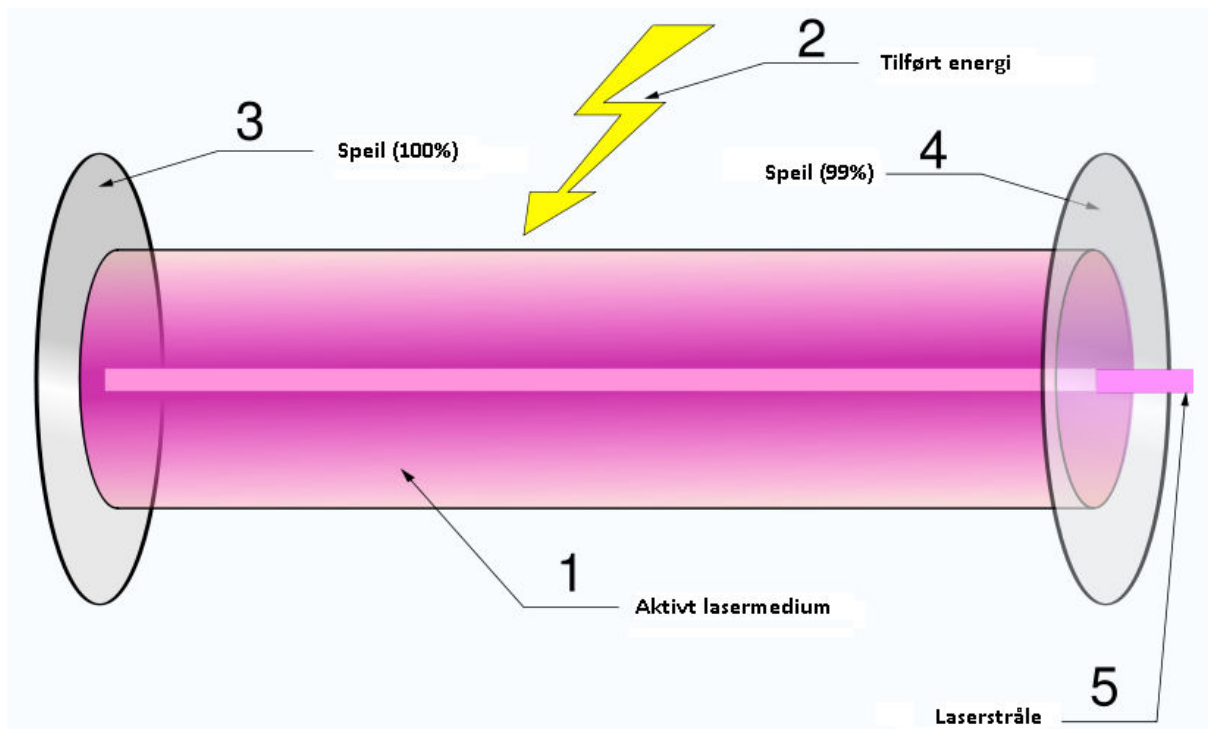
Laser er et akronym for det engelske uttrykket Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Det er en innretning som forsterker og sender ut elektromagnetisk stråling (i de aller fleste tilfeller er denne strålingen synlig lys).

For å lage en laser plasserer man et stoff som skal lage lys i et rør med speil i begge ender, og så tilfører man en hel masse energi. Snart begynner de første atomene i stoffet å kaste ut fotoner. Noen av disse lyspakkene har retning rett mot et av speilene, og når de treffer, reflekteres lyset tilbake dit det kom fra.

Dermed suser lyset tilbake igjennom gassen, til det reflekteres på nytt i speilet i den andre enden. Fotonet er fanget i evig pingpongferd mellom speilene, og for hver gang det freser igjennom røret inspirerer det nye atomer til å slippe fra seg sine lyspakker.

Etter hvert spretter flere og flere fotoner fram og tilbake samtidig, og man kan selv tenke seg hvor mye energi som samler seg der inne mellom speilene. Med dette kjempesterke, ensrettede lyset kan man lage en ekte laserstråle. I tillegg til den høye intensiteten er laserlys **koherent** dvs. at alle bølgene til de individuelle fotonene er i fase. Dette gjør at lyset ikke spres utover, men kan samles i en tynn stråle.

I lasere er nemlig det ene speilet ikke helt perfekt reflekterende, slik at noe av lyset slipper igjennom mens resten blir reflektert. Det lyset som slipper ut danner en laserstråle av enorme mengder konsentrert lys.



Erbium Doped Fibre Amplifier (EDFA) er en forsterker brukt i optiske systemer. Den forsterker signalet i det optiske domenet uten å gå veien om elektrisk signal. Her vil fiberen dopes med Erbium for å booste det optiske signalet. Det er en passiv forsterker som ikke trenger kraftforsyning, er derfor godt egnet og mye brukt til sjøkabler

Optiske svitsjer:

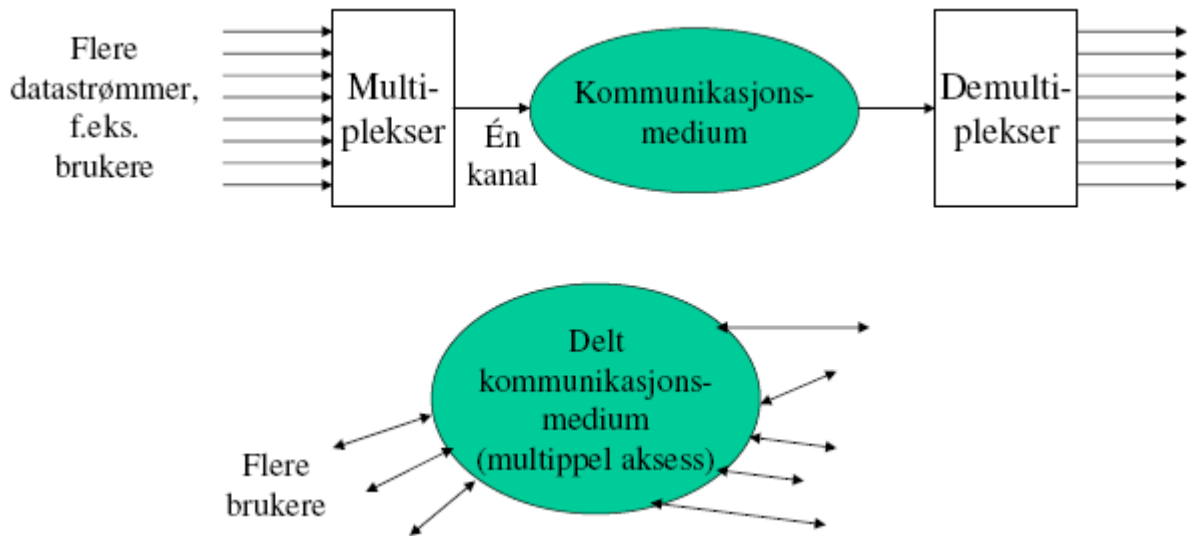
Optiske linjesvitsjer, eller optiske krysskoplere, er i ferd med å bli kommersielt tilgjengelig. I en optisk krysskobler svitsjes aggregerte trafikkstrømmer og ikke de enkelte telefonsamtaler.

Den tradisjonelle linjesvitsjingen erstattes mer og mer av pakkesvitsjing. For å utnytte kapasiteten i transportnettet best mulig, forskes det nå også intensivt på utvikling av optiske pakkesvitsjer. Men som vi kjenner til fra pakkesvitsjet Internett-trafikk, har vi ingen garanti for at alle pakkene kommer frem til rett tid.

Mange tjenester krever et gitt nivå på tjenestekvaliteten i nettet, som for eksempel nødsamband, viktige telefonsamtaler og videokonferanser, kommunikasjon i forbindelse med kontroll av flytrafikk osv. Det finnes diverse mekanismer som benyttes for å oppnå dette i de pakkesvitsjede nettverk. Pakker fra tjenester som krever høy kvalitet merkes slik at de prioriteres i svitsjene, og pakker med lavere kvalitet heller droppes. En høyere kvalitet kan dermed oppnås på merkede pakker, men blir det for mange høykvalitets pakker i nettet samtidig får man pakketap også for disse. Det er også mulig å legge pakkene i elektronisk minne for mellomlagring. I optiske nett er slik mellomlagring mer komplisert.

Optiske pakkesvitsjer er fremdeles på forskningsstadiet. Adressehodet behandles elektronisk, mens nyttelasten svitsjes optisk. Mellomlagringen av pakkene kan skje optisk eller elektronisk. Optiske pakkesvitsjer forventes først å bli tilgjengelig på det kommersielle marked en gang mellom 2008-2010.

Dybdeanalyse – Forskjellen på multipleksing og multippel aksess



Ved multipleksing sendes alle kanalene fra samme kilde på samme medium (f.eks. en kabel eller en radiokanal hvor kilden er alene i et frekvensbånd). I TDM vil kanalene legges etter hverandre i tid uten opphold med eventuell tilleggsinformasjon for synkronisering.

Multippel aksess brukes når flere kilder deler et felles medium. I TDMA sendes rammene fra de enkelte kildene på bestemte tidspunkter slik at disse ikke overlapper med hverandre når de kommer frem til den mottakeren som alle rammene sendes til.

Med TDM kommer altså signalene som blir multiplekset fra en og samme kilde. Med TDMA kommer de fra forskjellige kilder. Dette er grunnen til at vi bruker TDM for downlink (1 til 1) og TDMA for uplink (1 til mange).

Forskjellen er med andre ord hvordan mediet brukes og hvor mange som har adgang til det samtidig.

Dybdeanalyse - Forholdet mellom linjesvitsjing og forbindelsesorientert

Du kan kanskje øyeblikkelig se sammenhengen mellom konseptet linje og forbindelse. For å etablere en linje mellom to enheter må det være forbindelse mellom dem. Av den grunn er linjesvitsjet nett basert på forbindelser. Dette har ført til at uttrykkene linjesvitsjing og forbindelsesorientert er blitt brukt om hverandre.

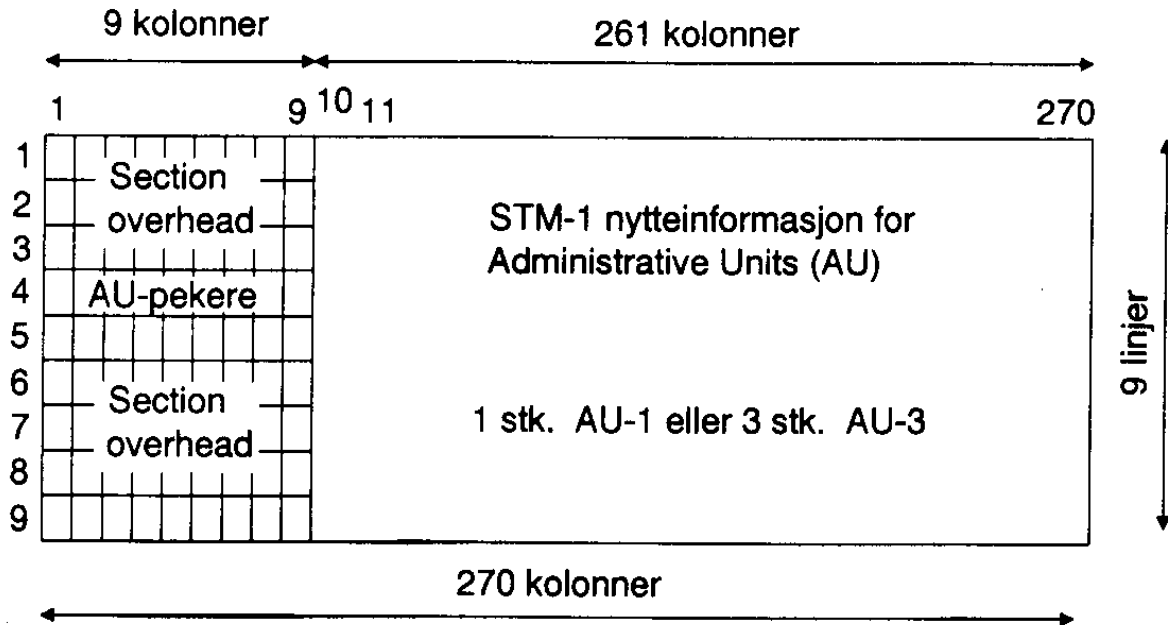
Dette er et resultat av en vanlig logisk feil mange gjør. De tror at hvis A fører til B, så må B føre til A. Det er det samme som å si at siden alle epler er frukt, så må alle frukter være epler.

En forbindelse er nødvendig for en linje, men en linje er ikke en nødvendighet for å få en forbindelse. Det finnes protokoller som er forbindelsesorienterte som overhodet ikke bruker linjesvitsjing.

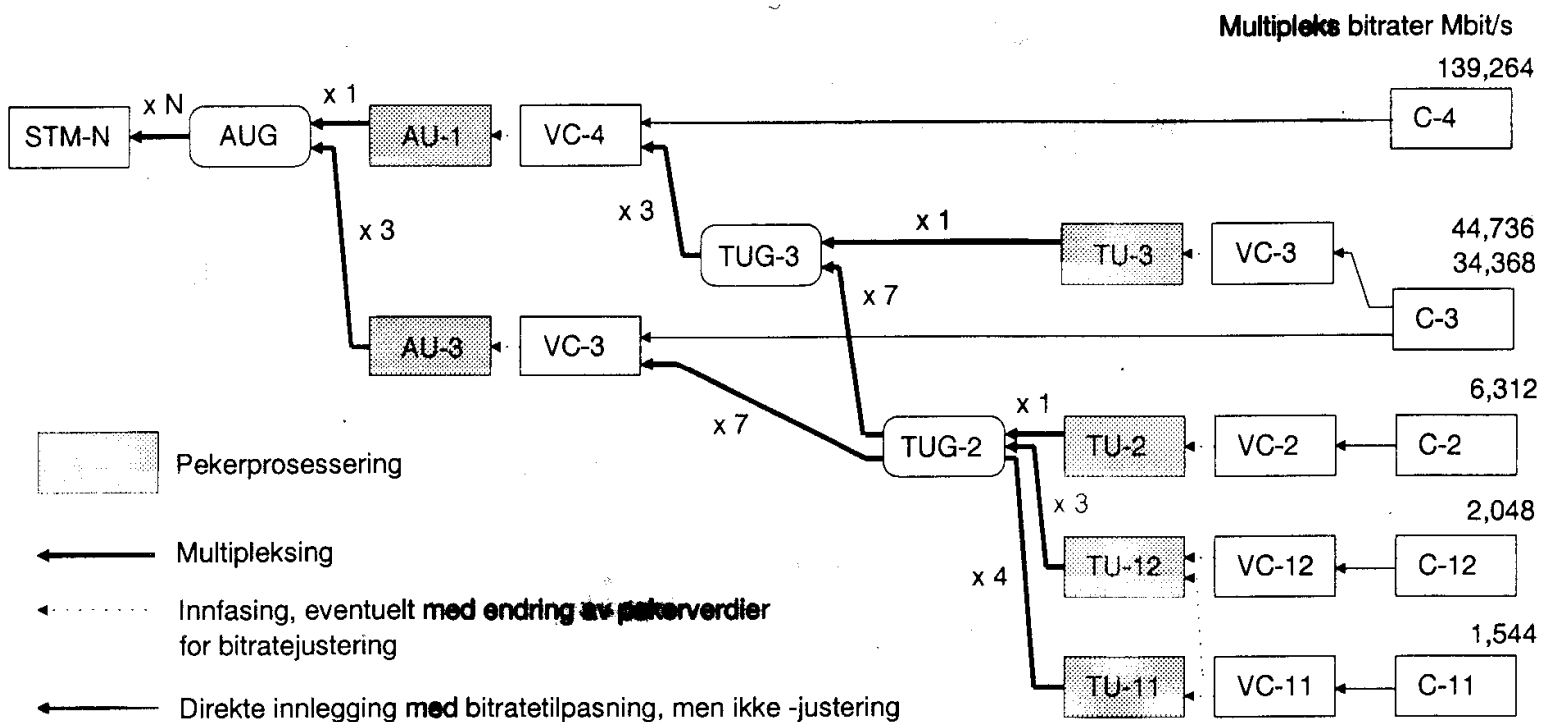
Forbindelsesorienterte protokoller kan faktisk bli implementert på toppen av pakkesvitsjer. Her vil brukerne kun legge beslag på linken når pakker blir overført. Linkene kan da bli brukt av flere brukere samtidig.

Dybdeanalyse: Synchronous Digital Hierarchy, SDH.

Alle multipleksede signaler i SDH overføres i *Synchronous Transport Module*, forkortet *STM*. Den grunnleggende STM er *STM-1* som overføres med bitraten 155,520 Mbit/s. STM-1-rammen er satt sammen av oktetter i en matrise med 9 linjer og 270 kolonner som vist på figuren under. Dette gir 2430 oktetter som overføres på 125 μ s. Denne strukturen overføres linje for linje fra øverste venstre til nederste høyre hjørne.



Multiplexsignaler med høyere bitrater dannes ved å tilpasse rammestørrelsen. Bitratene må alltid være et multiplum N av 155,520 Mbit/s. Til nå er det definert rammestrukturer STM- N for verdiene $N=1$, $N=4$ og $N=16$ med bitrater henholdsvis 155,520, 622,080 og 2488,320 Mbit/s. Rammene ser ut som på figuren over, men antall kolonner er henholdsvis 1, 4 og 16 ganger 270.



SDH multiplekshierarkiet

Administrative Unit (AU) omfatter i tillegg til nytteinformasjon også pekerfeltet.

Virtual Container (VC) inneholder data som skal overføres i en AU.

Tributary Unit (TU) tillater at lavere bitrater som f.eks. 2,048 Mbit/s overføres i containere for høyere bitrater. Signalet "plasseres" i en VC med tilstrekkelig størrelse som deretter inngår i en TU

Administrative unit group (AUG) er en multiplekser.

Synchronous transport module (STM-n) multiplekser signalet videre inn til det optiske systemet

Tributary unit group (TUG) multiplekser tributary units før de går videre til det neste nivået av hierarkiet

For SDH er det definert fire ulike nivåer som utgjør et (fysisk) multiplekshierarki. Mellom hvert nivå er det en faktor 4 i bitrate:

Nivå	Tran. Med. layer [Mbit/s]	Path overhead [Mbit/s]	Path layer [Mbit/s]	Populært kalt
STM-1	155,520	5,184	150,336	155-megabit
STM-4	622,080	20,736	601,344	622-megabit
STM-16	2488,320	82,944	2405,376	2,5-gigabit
STM-64	9953,280	331,776	9621,504	10-gigabit

Feltet Path overhead inneholder synkroniserings- og tilleggsinfo.

[Akstrans @ YouTube](#)

Fiberoptikk: http://www.youtube.com/watch?v=llI8Mf_faVo

CSMA/CD: <http://www.youtube.com/watch?v=yGJGIUa-xWE>

WiMaX: <http://www.youtube.com/watch?v=Tzna27LgBSk>

Utfordringene med satellitter: <http://www.youtube.com/watch?v=odGGNw9hbOU>

Selvtest

1. Trådløse nett (WLAN) bruker ikke CSMA/CD fordi	2. Hva er multipleksing?
a) det er for mye forstyrrelse på radioene b) radioer kan ikke sende og motta på samme frekvens samtidig c) noen basestasjoner kan være kan være mye opptatt d) ingen av delene, CSMA/CD brukes	a) Å sette sammen flere signaler til et signal b) Å splitte et signal til flere signaler c) Å svitsje et signal til flere utporter d) Ingen av disse
3. Et kabel-TV-system har 100 kommersielle kanaler, og alle skifter mellom program og reklame.	4. Den mest primitive random access metoden er
a) Dette ligner på TDM b) Dette ligner på FDM c) Dette ligner på USA d) Dette ligner på alle	a) ALOHA b) CSMA c) Kanalisering d) Token passing
5. I hvilken random access metode er det ingen kollisjoner?	6. I den 1-persistente tilnærmingen vil stasjonen når den finner linja ledig
a) ALOHA b) CSMA/CD c) CSMA/CA d) Token passing	a) Vente 0.1s før den sender b) Vente 1s før den sender c) Vente en tid lik 1-p før den sender d) Sende umiddelbart
7. Hvilken aksessprotokoll brukes av tradisjonelt Ethernet.	8. Når en kollisjon oppdages i et nettverk som bruker CSMA/CD _____.
a) CSMA b) CSMA/CD c) CSMA/CA d) Token ring	a) Vil rammen umiddelbart bli sendt på nytt b) Sendes et jamme-signal fra stasjonen c) Settes Backoff-verdien til 0 d) Minskes Backoff-verdien med 1
9. Et telefonnett er et eksempel på et hva slags nettverk?	10. Deling av et medium og dets linker av to eller flere utstyr kalles?
a) Pakkesvitsjet b) Linjesvitsjet c) Meldingssvitsjet d) Ingen av de ovenforstående	a) Modulasjon b) Koding c) Linjedisiplin d) Multipleksing

11. Hvilken multipleksingsteknikk overfører analoge signaler?	12. Hvilken multipleksingsteknikk overfører digitale signaler?
(a) FDM (b) TDM (c) WDM (d) (a) og (c)	a) FDM b) TDM c) WDM d) Ingen av de ovenforstående

13. Hvilken multipleksingsteknikk innebærer signaler som består av lysstråler?	14. Den indre kjernen i en optisk fiber er?
a) FDM b) TDM c) WDM d) Ingen av de ovenforstående	a) Glass eller plastikk b) Kopper c) Bimetall c) Væske

15. Optisk fiber er i motsetning til kopperledning, høyst motstandsdyktig mot	16. Hva er hensikten med et elastisk lager?
a) Høyfrekvent overføring b) Lavfrekvent overføring c) Elektromagnetisk interferens d) Refraksjon	a) Å bufre pakker når det oppstår sperr b) Å utjevne forskjeller i takt-signalet c) Begge deler d) Ingen av disse

17. En GEO-satellitt har hva slags bane?	18. Hvilken bane har den største høyden?
a) En ekvatorial b) En polar c) En hellende d) En ekvilateral	a) GEO b) MEO c) LEO d) HEO

19. I hvilken teknikk trenger ikke hver pakke i en melding følge den samme stien fra sender til mottaker?	20. Jitter er
a) Meldingssvitsjing b) Forbindelsesorientert pakkesvitsjing c) Datagram type pakkesvitsjing d) Ingen av de over	a) nødvendig for at streaming skal virke b) en kostant forsinkelse i trådløse nett c) avansert feildeteksjon d) en tendens mot mangel på synkronisering

Løsningsforslag

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
B	A	B	A	C	D	B	B	B	D	D	B	C	A	C	B	A	A	C	D