

Offentlige mobiltelefonsystemer

I Norge har vi to offentlige mobiltelefonsystemer; NMT og GSM. NMT har to undertyper, NMT-450 og NMT-900. Disse er stort sett like bortsett fra frekvensen de opererer på, og der det finnes ulikheter blir det bemerket.

- NMT – Systemet

Ideen til NMT-systemet ble tatt allerede i 1969, men ble ikke satt i drift før i 1981. NMT-systemet tok over for det manuelle OLT-systemet. NMT-systemet var et samarbeid mellom de nordiske land, derav navnet Nordisk MobilTelefontjeneste. NMT-nettet som ble satt i drift i 1981 opererer på 450 MHz, men på grunn av stor kundemasse og begrenset kapasitet satte man i drift et nytt NMT-nett; NMT-900, som opererer på 900 MHz, i 1986.

Fordelene med NMT foran OLT var store; Først og fremst er NMT-systemet automatisk, slik at samtaler settes opp uten bruk av operatør. Dermed kan det også benyttes andre tjenester i nettet, så som viderekobling og sperring. Sikkerheten økte også med NMT-systemet, der man i OLT-systemet måtte stole på at brukeren var den man påstod man var i taksteringsøyemed, ligger NMT-brukerens identitet lagret i telefonen. Senere har det blitt tilført ytterligere sikkerhet på dette området, med innføring av SIS. Telefoner uten SIS blir fortsatt tillatt brukt i NMT-nettet men tillates ikke omregistrert på ny eier eller nyregistrert. Dessuten er NMT vanskeligere å avlytte, i motsetning til OLT der man bare kunne stille telefonen sin inn på en kanal der det foregikk trafikk.

Det er små forskjeller på NMT-450 og NMT-900. De største forskjellene ligger i dekningsområdene; mens NMT-450 dekker store deler av landet, er NMT-900 stort sett utbygd i urbane strøk, hvor det er mange brukere, og NMT-450 ikke hadde nok kapasitet. Men det er ikke den eneste grunnen til NMT-450s overlegne dekningsområde, en annen grunn er at NMT-450 bruker lavere frekvens, og dermed har lenger bølgelengde enn NMT-900. Store bølgelengder bærer bedre i naturen, og har større rekkevidde enn korte bølgelengder.

NMT-systemet består av tre hoveddeler; Mobiltelefonsentraler (MTX), basisstasjoner (BS) og mobilstasjoner (MS).

Mobiltelefonsentralen har den overordnede kontrollen i mobiltelefonsystemet. Den styrer alle basisstasjonene i sitt trafikkområde, og all trafikk i dette området går gjennom den. Mobiltelefonsentralen utveksler også informasjon med andre mobiltelefonsentraler i systemet, via oppringte samband på telefonnettsiden. Alle mobilstasjoner har en hjemme- mobiltelefonsentral, vanligvis mobiltelefonsentralen for det området som mobilstasjonen trafikkerer mest. Mobilstasjonens identitet ligger lagret i et register, hjemmeregister, i denne sentralen. Et annet register som finnes i sentralen, heter besøksregister. I besøksregisteret ligger identiteten til alle mobilstasjoner som befinner seg i dette sentralområdet. Mobiltelefonsentralen står på fjernsentralnivå i telenetthierarkiet.

Basisstasjonene holder kontakten med mobilstasjonene. Basisstasjonene har minst en anropskanal og et sett med trafikkanaler, hvis antall bestemmes av trafikkgrunnlaget. Basisstasjonen kan utvides kapasitetsmessig dersom trafikkgrunnlaget øker. Anropskanalen blir brukt til selektive oppkall til mobilstasjonene og svar på anrop fra mobilstasjonene. Anrop fra mobilstasjonene samt samtaletrafikk går på trafikkanalene. Når en mobilstasjon ikke er i bruk er den låst på anropskanalen til basisstasjonen. Basisstasjonene har en sendereffekt på 50W, og mottakeren i basisstasjonene har en følsomhet på 2dB μ . Basisstasjonene sender ut en kontinuerlig datastrøm for at mobilstasjonene skal kunne skille mellom anropskanaler og trafikkanaler, og for at telefonen skal vite hvilken basisstasjon den trafikkerer.

Mobilstasjonene inneholder hovedsakelig 5 bestanddeler; mottaker, dupleksfilter, sender, NMT-modem (1200baud), og kontrollenhet.

Mobilstasjonens sendereffekt styres i tre trinn.

Fastmonterte NMT-stasjoner kan sende med høyere effekt enn bærbar:

	Høy	Medium	Lav
NMT-450	15 W	1.5 W	0.15 W
NMT-450 bærbar	2 W	0.2 W	0.2 W
NMT-900	6 W	0.67 W	0.067 W
NMT-900 bærbar	1 W	0.1 W	0.1 W

Under samtale blir kvaliteten på sambandet overvåket av basisstasjonen ved hjelp av en overvåkingstone, også kalt ϕ - tone. Dette er en tone på 4 kHz som sendes ut fra basisstasjonen så lenge det er en samtale på gang. Overvåkingstonen blir returnert fra mobiltelefonen til basisstasjonen, hvor S/N-forholdet blir målt og innrapportert til mobiltelefonsentralen. Dersom S/N-forholdet er eller blir dårlig, vil mobiltelefonsentralen beordre økt sendereffekt på mobilstasjonen. Hvis S/N-forholdet blir dårligere enn en grenseverdi, vil mobiltelefonsentralen spørre nærliggende basisstasjoner hva S/N- forhold de får på den samme trafikkkanal og overvåkingstone. Hvis de er bedre, vil mobilstasjonen bli koblet til den basisstasjonen som har best S/N-forhold. Dersom S/N-ratio blir lavere enn -5 dB vil samtalen bli tvangsnedkoblet.

Når mobilstasjonen er inaktiv, det vil si at den er på, men ikke i bruk, er den låst til en anropskanal. Hvis signalstyrken på denne er mindre enn $10\text{dB}\mu$ i 75% av de siste to minutter, vil den slippe kanalen og begynne en søkeprosedyre for å finne en sterkere. Dette kalles roaming. Søket begynner på en tilfeldig valgt kanal, og skjer som følger:

Først søker mobilstasjonen kun etter kanaler som har en signalstyrke høyere enn $20\text{dB}\mu \pm 4\text{dB}$. Dersom den ikke finner noen etter å ha gått gjennom alle kanaler en gang, foretar den et nytt søk, denne gang etter kanaler med signalstyrke over $10\text{dB}\mu \pm 4\text{dB}$. Dette søket foretas totalt tre ganger. Hvis mobilstasjonen heller ikke nå finner en kanal, vil gjennomføre 11 nye søkerunder, men nå etter kanaler med et signalnivå over $2\text{dB}\mu \pm 2\text{dB}$.

Hvis mobilstasjonen ikke finner en kanal, vil den fortsette fra begynnelsen, men telefonen vil være "utenfor dekningsområde" helt til telefonen finner en kanal.

Når mobilstasjonen så finner en kanal, vil den så sjekke om det er datatrafikk på kanalen. Hvis ikke, vil den gå videre til neste kanal. Hvis det er datatrafikk på kanalen, vil telefonen sjekke hvilken type kanal det er.

Hvis det er en trafikkkanal, vil mobilstasjonen prøve neste kanal. Hvis det er anrops eller kombinert anrops- og trafikkkanal, sjekker først mobilstasjonen om kanalen tilhører samme trafikkområdet som kanalen den gav slipp på i utgangspunktet.

Hvis kanalen tilhører et samme trafikkområde, bruker den denne kanalen.

Hvis kanalen tilhører et annet trafikkområde, vil mobilstasjonen først gjennomføre to komplette søkerunder etter en kanal på samme trafikkområde som den hadde i utgangspunktet. Hvis den ikke finner noen, vil den "godta" kanalen fra det nye trafikkområdet. Da vil mobilstasjonen først lagre den nye anropskanalen i minnet, deretter vil den finne en ledig trafikkkanal, sende sin identifikasjonskode til mobiltelefonsentralen, hvorpå mobiltelefonsentralen sender en kvittering. Mobiltelefonsentralen vet nå hvor mobilstasjonen befinner seg, og kan sende anrop til riktig basisstasjon.

Dersom det nye trafikkområdet hører til en annen mobiltelefonsentral, vil denne sende beskjed til mobilstasjonens hjemmesentral, og legge mobilstasjonens identitet inn i sitt eget besøksregister. Hjemmesentralen kan da sende anrop videre til riktig mobiltelefonsentral.

Når vi skal ringe ut fra en mobilstasjon, finner mobilstasjonen seg en kanal på samme måte som ved roaming, men i stedet for å se etter en anropskanal, ser den etter en trafikkkanal. Hvis mobilstasjonen ikke finner en ledig kanal etter de 15 søkerundene, går det en alarm i telefonen. Når en ledig trafikkkanal er lokalisert, kontakter den mobiltelefonsentralen på den ledige trafikkkanalen. Det iverksettes signalisering, som inneholder identifikasjonskontroll og nummersending. Deretter kontakter mobiltelefonsentralen abonnenten som skal ringes opp. Når denne løfter av røret, blir sambandet satt opp, og overvåkingstone sendes ut. I NMT-900 systemet kan mobilstasjonen også bruke en aksesskanal for å kontakte mobiltelefonsentralen. Den vil da få tildelt en trafikkkanal av mobiltelefonsentralen.

Når en mobilstasjon skal motta et anrop, sender mobiltelefonsentralen ut en melding om anrop på anropskanalen. Mobilstasjonen sender tilbake en kvittering på anropskanalen, dette er den eneste meldingen mobilstasjonen har lov til å sende her. Mobiltelefonsentralen sender så melding på anropskanalen om at mobilstasjonen skal gå til en angitt trafikkanal. Det gjennomføres identitetskontroll, og når mobilabbonenten svarer, blir sambandet satt opp.

Abonnementnummeret består av seks siffer; f. Eks. 67719 I tillegg har vi på telefonnettsiden en egen aksesskode, på tre siffer. For NMT-450 er denne 945 og på NMT-900 er den 946. I tillegg inneholder identifikasjonskoden et landsnummer, som står før abonnementsnummeret. Da den nasjonale nummerplanen for Norge bare inneholder 8 siffer, blir landskoden lagt til i mobiltelefonsentralen. For telefoner med SIS blir ytterligere tre siffer lagt til identifikasjonskoden. Disse er ukjent for abonnent, og er lagret i mobiltelefonsentralen og mobilstasjonen. Disse sifferene brukes som et passord, for å hindre misbruk av av abonnentens identifikasjonsnummer. Nummeret blir kun sendt ut når telefonen skal identifisere seg i forbindelse med anrop.

Signaleringen i NMT-systemet foregår digitalt, med FFSK-modulasjon med to toner hvor 1800 Hz er "1" og 1200 Hz er "0". Signaleringshastigheten er 1200 baud, og informasjonen blir sendt i rammer som hver består av 64 bit. Varigheten av en bit er 0,83 ms. Tale overføres som et frekvensmodulert signal med en deviasjon på 4,7 kHz. Hvis vi sier at høyeste modulasjonsfrekvens er på 4,1 kHz (Overvåkningssignal 4 er på 4055 Hz) kan vi si at båndbredden på FM-signalet blir $(2 \cdot (4.7k + 4.1k)) = 17,6$ kHz.

NMT-450 systemet bruker frekvensene 453 MHz – 457,475 MHz fra mobilstasjon til basisstasjon, og frekvensene 463 MHz til 457,475 MHz fra basisstasjon til mobilstasjon. Dupleksskift er på 10 MHz og kanalavstanden er på 25 kHz. Dette gir oss 180 kanaler til disposisjon.

NMT-900 har større plass til rådighet; mobilstasjonen kan sende på 890,0125 MHz – 914,8975 MHz. Basisstasjonen kan sende på 935,0125 MHz – 959,8975 MHz. I virkeligheten blir dette båndet også brukt til GSM og til trådløse telefoner, og derfor blir bare nedre del av båndet brukt til NMT-900. NMT-900 har i likhet med NMT-450 25 kHz kanalavstand, men 45 MHz dupleksavstand.

- GSM – systemet

I 1982 satte CEPT (Conference of European Post and Telegraphs) ned en gruppe, kalt Group Speciale Mobil (GSM), for å utvikle et felles europeisk mobiltelefonsystem. Formålet var å få et system som kunne gi god samtalekvalitet, lave priser, mulighet for internasjonal bruk m.m. I 1990 ble GSM Fase1- spesifikasjonene publisert. Navnet på systemet ble også endret til Global System for Mobile communications (GSM). GSM er etter hvert blitt en standard for mobiltelefoni i store deler av verden.

Den store nyheten i GSM-systemet var at all overføring er digital. GSM-systemet gav også store, nye muligheter innen mobil kommunikasjon, med mulighet for datakommunikasjon, sending av tekstbaserte meldinger m.m. GSM-systemet innehar også en langt større sikkerhet enn NMT-systemet har gitt, gjennom kryptering av både signalering og tale. Dette hindrer både avlytting og misbruk av systemet. GSM gir også muligheter for å ha flere nett og nettoperatører i samme område.

GSM-systemet er langt mer avansert enn NMT-systemet, ikke minst i oppbygning og virkemåte. Men det finnes også en del likheter. I likhet med NMT, har GSM basisstasjoner og mobiltelefonsentraler.

"Mobile Switching Centre", **MSC**, er en mobiltelefonsentral som styrer trafikken som går til og fra mobiltelefonnettet. I denne ligger "Visitor Location Register", **VLR**, som holder kontroll på hvilke abonnenter som til enhver tid befinner seg i MSC-området. Det er MSC som tildeler kanaler, og ta seg av forflytting av mobilstasjoner mellom basisstasjoner under samtale. MSC tar seg også av basisstasjoner som flytter seg mellom trafikkområder under samtale, DTMF-signalering (Mer om dette lenger nede), SMS, krypteringsnøkler, m.m.

Home Location Register, **HLR**, inneholder all informasjon nettet må ha om de enkelte mobilstasjonene. Dette er informasjon om:

- Mobilstasjonens lokasjon
- Mobilstasjonens internasjonale ISDN-nummer (MSISDN). Det er nummeret som skal brukes når du ringer til en bestemt stasjon
- Den internasjonale mobilstasjonsidentiteten (IMSI)
- Tilgjengelige tjenester abonnenten har betalt for
- Bæretjenester, det vil si tilgang til trafikktype; tale og data
- Autentifiseringsparametere som skal hindre at falske abonnenter får tilgang til nettet.

Visitor Location Register, **VLR**, inneholder alle relevante data for alle abonnenter som oppholder seg i området som den aktuelle VLR betjener:

- IMSI
- MSISDN
- Mobilstasjonens Roaming – nummer (Nummer som tildeles MS når den registreres i VLR-området)
- TMSI (Midlertidig mobilstasjonsidentitet)

Base Station System, **BSS**, styrer alle radioressurser i GSM-systemet. BSSene foretar også enhetene som foretar kanalkoding og dekoding av digital tale, transkoding av tale fra 64kBit til 13kBit, hastighetstilpasning av datatrafikk, m.m.

I BSS finner man også Base Transceiver Station, **BTS**, som er basisstasjonen. Her finner vi radioutstyret for en celle, samt en enhet som gjør flere logiske kanaler om til en TDMA-kanal, med 270kbit/sek.

Base Station Controller, **BSC**, er en enhet som styrer en eller flere BTSer. BSC utfører også transkoding. BSC er forbundet med BTS vha. et 2 Mbit/s A-bis-grensesnitt.

Equipment Identity Register, **EIR**, inneholder mobilstasjonens internasjonale identitet (IMEI, International Mobile Equipment Identity). Det er identiteten en mobilstasjon er kjent under i GSM-nettet. Dette "nummeret" er bygd opp slik at systemet lett kan håndtere data om en mobilstasjon

For å få tilgang til nettet brukes et system med D- og B-kanaler, som ved ISDN. Når mobiltelefonen mottar, lytter den i alle åtte tidslukene.

En spesiell ting i GSM er at DTMF-toner ikke kan overføres som audio. Dette er fordi tale blir kodet, og sendt digitalt. Taledekoderen er ulineær, og gir en meget variabel demping av frekvenser over 1300 Hz. Frekvensene som DTMF-signalet består av vil bli ulikt dempet, og signalet hos mottakeren vil være svært ulikt det som man sendte. Derfor blir DTMF sendt som data, og generert i MSC, og motsatt, mottatt av MSC, og sendt til MS som data.

GSM-nettet er bygd opp på "celler". En celle deler aldri kanaler med nabocellen, og dette gjør at kanaler kan gjenbrukes. På steder med lite trafikkgrunnlag, kan man bruke store celler, og på steder med stort trafikkgrunnlag kan man bruke små celler for å øke kapasiteten.

Når en mobilstasjon er ledig, benytter den en **CCCH**-kanal (Common Control CHanel) som mottas med god nok signalkvalitet. I denne kanalen ligger signaleringsinformasjon. Kanalen kalles en Dm-kanal (Dmobil). På den sendes alle systeminformasjoner som identifikasjon av basisstasjon og tillatt sendereffekt. I kanalen bestemmes det også hvilken kanal (**DCCH**-Dedicated Control CHannel) som skal brukes ved trafikk. Når kanalen er bestemt, brukes den først til signalering i forbindelse med oppsetting av forbindelse. Når forbindelsen er etablert, kan trafikk på kanalen overføres. Den har da en B-kanalfunksjon (Bm, Bmobil). Datahastigheten i B-kanalen er 13kb/s ved taleoverføring. Under trafikkavvikling brukes noe av kanalkapasiteten til D-signalering, for eksempel ordre om frekvenshopping. Datahastigheten tilpasses automatisk slik at hastigheten på overføringen brukes til D-signalering under oppset, deretter reduseres hastigheten på signaleringen kraftig under en samtale. Da blir kanalens overføringskapasitet i hovedsak brukt til trafikk, Bm-overføring.

Frekvenshopping betyr at en mobilstasjon ikke sender på samme kanal hele tiden. Vi har 217 hopp for hvert sekund. Det byttes kanal hver gang stasjonen har sendt over noe informasjon. Det gjør det nesten umulig å avlytte trafikk i GSM-systemet, fordi mottakeren må følge med til neste kanal hver gang det byttes frekvens. I tillegg er tale- og dataoverføring kryptert. For at man skal kunne tolke data, må både nett og mobilstasjon ha samme krypteringsnøkkel.

Nettdata:

- systemet har åtte tidsluker for hver radiokanal
- det er 124 radiokanaler i frekvensbåndene 935-960MHz og 890-915MHz
- 217 frekvenshopp i sekundet
- kryptering av all trafikk
- bithastighet på hver radiokanal er 270,833 kb/s
- hver tidsluke består av 156,25 biter med en varighet på 0,557 ms
- En TDMA-ramme er på 8 tidsluker, og varer 4,615 ms
- datahastigheten er 13 kb/s for tale
- datahastigheter fra 300 b/s til 9,6 b/s for asynkron og synkron datakommunikasjon