

TIEDONKERUUJÄRJESTELMÄN
TIETOLIIKENNEYHTEYS

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2006
Reijo Lehtinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

LEHTINEN REIJO: Tiedonkeruujärjestelmän tietoliikenneyhteys
Case: Oy Mankala AB

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 36 sivua

Kevät 2006

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää toimintavarmin tietoliikenneyhteys vedenpinnan mittaukseen.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään piirikytkentäisen puhelinyhteyden, GSM:n ja radiomodeemin perustoimintoja sekä niiden eroja. Kiinteässä puhelinverkossa äänisignaali kulkee johdinparia pitkin. Nykypäivänä signaali on muutettu digitaaliseen muotoon.. GSM –verkko on rakennettu alun perin langattomaksi digitaalseksi puheensirtojärjestelmäksi. Data siirretään normaali purskeissa kuten puhekin, siirtonopeuteen vaikuttavat siirto-tien ominaisuudet sekä virheenkorjaus ja niiden havaitsemiseen kulunut aika. Radiomodeemi on kahden päätelaitteen muodostama langaton reaaliaikainen yhteys.

Opinnäytetyön empiriaosuus koostuu Oy Mankala AB:n käyttämien järjestelmien toimintaan ja niiden häiriöiden syihin. Kiinteän puhelinverkon digitalisoitumisen jälkeen signaali lähetetään numeerisessa muodossa, jossa modeemit keskustelevat keskenään. GSM järjestelmässä mittasignaalin lähettää tavallinen GSM –modeemi, joka soittaa ohjelmoitujen aikojen perusteella keskukselle signaalin ohjautuessa palvelimen tietokantaan ja sieltä Internetin kautta sähköpostipalvelimelle. Radiomodeemissa oleva rajattu taajuuskanava on laitekohtainen. Välimatkojen ollessa lyhyehköt ja lähetystehot tarpeeksi voimakkaita ei sääolosuhteilla ole niin suurta merkitystä. Siinä on suorat yhteydet kahden pisteen välillä, joista toinen on maastossa mittauspaikalla ja toinen valvomossa. Kaikkien järjestelmien tieto menee valvomon PC:lle

Toimintahäiriöiden lukumäärään jokaisessa järjestelmässä vaikuttivat lähes yksinomaan poikkeukselliset sääolosuhteet, kuten salamet, myrskyt, lumi sekä ilmankosteus, jotka aiheuttivat sähkökatkoksista johtuvia toimintahäiriöitä.

Radiomodeemin toiminta on ollut varmintaa, tietoliikenneyhteydestä johtuvia katkoksia ei ole ollut. Kaikki toimintahäiriöt ovat johtuneet sähkökatkoksista.

Avainsanat: Radiomodeemi, PCM, Digitaalisuus.

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

LEHTINEN, REIJO: Telecommunications link of a data collection system
Case: Oy Mankala AB

Bachelor's thesis in telecommunications technology, 36 pages

Spring 2006

ABSTRACT

This thesis aims to find the most reliable method of telecommunication for transferring water level measurement data. It explores the basic functions and differences of circuit switched telephone connections, GSM and radio modems.

In a cable phone network, the signal travels in a pair cable. Nowadays the signal has been converted into a digital format. The GSM network has originally been designed for wireless transmission of speech in a digital format. Data is transferred in bursts just like speech. Data transfer speeds depend on the properties and quality of the link, the efficiency of the error correction functions and the time it takes to detect them. A radio modem uses a real-time wireless connection between two terminals.

The empirical part of this thesis studies the systems Oy Mankala AB uses, their functions and the reasons for the problems that occur. After the digitalization of the cable network, phone signals are sent in a numerical format that modems use to communicate between them. In a GSM system the water level measurement data is sent by an ordinary GSM modem, which calls the telephone exchange at pre-programmed intervals and sends the data into a database on a server in the telephone exchange, from which it is also relayed to pre-programmed email-addresses through an internet mail-server.

In a radio-modem the allocated frequency range is individual for each device. If distances are short and signal strength is strong enough, the weather conditions will not have any significant effect. With radio modems there are direct connections between two points where one is on the measurement site and the other in the control room.

Data in all the previous systems is always sent to the PC of the control room. The number of errors in every system have depended almost solely on the exceptional weather conditions like lightning, storms, humidity of air and snow, which have caused malfunctions because of power outages.

The operation of the radio-modem has been the most reliable. There have not been errors depending on the telecommunications link. All of the errors have been caused by power outages.

Keywords: radio-modem, PCM, digital

SISÄLLYS:

1 JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Työn tavoite ja tutkimusongelma	1
1.3 Työn rajaus	2
2 FYYSINEN TASO	3
2.1 Modulaatio	3
2.1.1 AM –modulaatio	4
2.1.2 FM- ja PM –modulaatio	5
2.2 Radio signaalin eteneminen	7
2.3 Johtokoodaus	11
3 PERUSTIETOA KÄYTETYISTÄ TIETOLIIKENNE YHTEYKSISTÄ	13
3.1 GSM	13
3.1.1 Dataliikenne	14
3.2 Radiomodeemi	18
3.3 Puhelinlankapari	22
3.3.1 Liitokset	24
3.4 PCM	24
4 KÄYTÖSSÄ OLEVIEN TIETOLIIKENNEYHTEYKSIEN VERTAILU	29
4.1. Kiinteä puhelin yhteys	29
4.1. GSM yhteys	30
4.1. Radiomodeemi yhteys	32
5 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	36

LYHENTEET.

AM	Amplitude modulation. Kiinteässä verkossa ja radio liikenteessä käytetty yksinkertainen modulointi menetelmä
AMI	alternate mark inversion Kolmitasoinen johtokoodi, jossa ykkösbitit saavat vuorotellen positiivisen ja negatiivisen arvon, nolbbitti on jännitteetön
ARQ	Automatic Repeat ReQuest Virheellisen sanoman vastaanottanut osapuoli pyytää lähettämään saman sanoman uudelleen
ASCII	American standard code for information interchange Kooditaulukko joka antaa kirjoitusmerkeille ja eräille näyttölaitetta ja tekstinsiirtoa ohjaaville käskyille lukuarvot
AuC	Authentication Centre GSM-verkon tunnistuskeskus
BER	Bit Error Rate Kuvastaa todennäköisyyttä että yksi bitti tuhoutuu, suure tulee huonommaksi kun linja nopeus kasvaa
BSC	Base Station Controller GSM-verkon tukiasemaohjain
BSS	Base Station Subsystem GSM-verkontukiasema-alijärjestelmä
BTS	Base Trasceiver Station GSM-verkon tukiasema
CEPT	Conférence des administrations Européennes des Postes et Telecommunications Eurooppalainen telehallintojen yhteistyöelin
CI	Cell Identity Solun tunnistus koodi
EIR	Equipment Identity Register GSM-verkon laitetunnus rekisteri
ETSI	European Telecommunications Standarts Institute Euroopassa toimiva teleliikenteen stadardointijärjestö
FEC	Forward Error Correction Sanomaan lisätään virheellisen tiedon korjaamiseen tarvittava lisätieto (toisto tai redudanssi)
FM	Frequency Modulation. Taajuus modulointi on modulointitapa joka vaikuttaa kantaallon taajuuteen
FSK	Frequency shift keying Numeerisen datan modulaatio jossa käytetään kahta kantaallon taajuutta
GSM	Global System for Mobile communication Digitaalinen matkapuhelin järjestelmä
HDB3	High Density Bibolar - 3 zeros JohtokoodiJohtokoodi jossa ykkösbitit saavat vuorotellen positiivisen tai negatiivisen arvon 0 bitti on nolla

taso. Tasajännite komponenttia ei ole, joten koodi voi mennä muuntajan läpi. Yli kolmen 0-bitin jonot rikotaan, korvaamalla 0000 jonot joko 000V tai B00V.

HLR	Home Local Register GSM-verkon kotirekisteri
IMEI	International Mobile station Equipment Identity Kansainvälinen radiolaitteen tunniste
IMSI	International Mobile Subscriber Identity GSM-verkon puhelinliittymän tunniste
ITU	International Telecommunication Union Yhdistyneiden kansakuntien alaisuudessa toimiva järjestö, joka vastaa tietoliikenteen kansainvälisestä suositustyöstä
ITU-T	ITU-Telecommunication Standardization Sector Telestandardointi sektori
MS	Mobile Station Liikkuva asema puhelin koje
MSC	Mobile Switching Centre GSM-verkon matkapuhelinkeskus
MSISDN	Mobile Station International ISDN Number Palvelukohtainen kutsu numero GSM-verkossa. Näin esimerkiksi datayhteydellä ja puheyhteydellä on omat MSISDN -numeronsa
NMT	Nordic Mobile Telephone Pohjoismainen matkapuhelin verkko
NRZ	nonreturn to zero Johtokoodi menetelmä on että jokin jännitetaso on 1 ja jännitteetön taso on 0. Kyseinen jännitetaso kestää koko bitin ajan, josta tulee koodin nimi
NSS	Network Switching Subsystem GSM-verkon kytkentäalijärjestelmä
OMC	Operation & Maintenance Centre GSM-verkon hallinta ja tarkkailu keskus
OSS	Operation Sub System GSM-verkon hallinta-alijärjestelmä
PAM	Pulse Amplitude Modulation. Pulssi amplitudi modulaatio
PCM	Pulse Code Modulation Menetelmä joka muuttaa äänen numeeriseen muotoon
PM	Phase Modulation. Vaihe modulointi
PSTN	Public Switched Telephone Network Kiinteä puhelinverkko
RLP	Radio Link Protocol GSM- ja GPRS- verkoissa korjaavaan tiedonsiirtoon käytetty LAPx-johdannainen protokolla

SACCH	Slow Associated Control Channel GSM-verkossa 26 ylikehyksessä kulkeva yhteyden hallintakanava
SDCCH	Stand-alone Dedicated Control Channel GSM-verkon kanava
SMS	Short Message Service Lyhytsanoma viesti
SMSC	Short Message Service Centre GSM-verkon lyhytsanomapalvelu keskus
TE	Terminal Equipment S-väylään liitettävän ISDN-verkon päätelaite kuten puhelin tai tietokone
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity Tilapäinen IMSI koodi, jolla vältetään liittymän todellisen IMSI-koodin siirtäminen GSM-verkossa
VLR	Visitor Location Register GSM-verkonvierailija rekisteri käytetty LAPx- johdannainen protokolla

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työssä tutkitaan tietoliikenneyhteyksiä, joita käytetään vesivoimalaitoksilla etäällä olevien vedenpinnan mittauksien mitta-arvojen siirtoon voimalaitoksille. Mitta-arvoilla voidaan muuttaa vedenjuoksutuksia toimilupapintojen mukaan. Toimilupapinnoilla tarkoitetaan vedenpintojen säännöstelypintojen korkeuksia, jotka ovat voimalaitosten rakennuslupaehdoissa määritetty tiettyihin korkeuksiin merenpinnasta. Mitta-arvojen tulee olla oikeita lähtiessään anturilta ja päätyen voimalaitoksen valvomo-ohjelmistoon. Voimalaitosta ajetaan esimerkiksi pintasäätöautomaatiikalla, jolloin virheellinen mitta-arvo voi tehdä suurta vahinkoa vesipinnoissa varsinkin, jos vedenjuoksumäärät ovat suuria.

OY Mankala AB on vuonna 1936 neljän osakkaan perustama yhtiö, joka toimii omistajilleen sähköä tuottavana yhtiönä. Nykyisin Helsingin kaupunki omistaa yhtiön koko osakekannan. Helsingin Energia hoitaa talous- ja hallintoasiat. Yhtiön päätoimipaikka on Iitissä, jossa sijaitsee yksi neljästä vesivoimalaitoksesta, ja muut kolme ovat Pyhtään kunnan alueella Kymijoen länsihaarassa. Yhtiöllä on 8,1 % osuus Teollisuuden voimasta, johon kuuluu mm. Olkiluodon ydinvoimalaitos sekä tuulivoimageneraattoreita ja Meri-Porin hiili-voimalaitos. Omistukseen kuuluu myös n. 11 % osuus Hyötytuulen tuulivoimasta Porissa.

1.2 Työn tavoite ja tutkimusongelma

Työn tavoitteena on löytää parhaiten sopiva tietoliikenne ratkaisu vedenpinnan mittaukseen. Mittauspisteissä olevilta antureilta saadut mitta-arvot tulisi lähettää mahdollisimman oikeina valvomo-ohjelmistoon, joka tekee näiden arvojen pohjalta tarvittavat toimenpiteet veden juoksumäärän suhteen.

1.3 Työn rajaus

Työssäni käyn läpi kiinteän puhelinlinjan ja sen toimintaperiaatteen sekä radiomodeemijärjestelmän, jonka jälkeen selvitän GSM-periaatteen. Työssäni vertailen näiden kolmen järjestelmän toimintaeroja toisiinsa niiltä osin, jotka ovat käytössä. Tämän jälkeen käyn läpi, mitä vikoja tai toimintahäiriöitä on ollut näiden käytössäoloaikana ja mitkä ovat johtuneet tietoliikenneyhteydestä, mikä on ollut yleisin toimintahäiriön aiheuttaja tai miksi joissakin tapauksissa on käytettävä jotakin muuta yhteyttä kuin sitä, jossa on vähemmän toimintahäiriöitä kuin toisessa.

2 FYYSINEN TASO

2.1 Modulaatio

Modulaatio tarkoittaa siirrettävän informaation lisäämistä kanta-aaltoon. Kanta-aalto on suuri taajuinen sinisignaali, jota pienitaajuinen signaali moduloi. Informaatio-signaali voidaan lisätä joko kanta-aallon amplitudiin, taajuuteen, tai vaiheeseen. Moduloiva signaali voi olla joko analoginen tai digitaalinen. Modulointia käytetään lähetettäessä kiinteässä puhelinverkossa tai radiotaajuuksilla jotakin informaatiota, esim. ääntä, kuvaa tai numeerista informaatiota. (Uotila 1998, 48.)

Miksi pitää moduloida? Kantataajuinen signaali aiheuttaa ongelmia, kun alkava taajuus on lähellä nollaa; radiotielle lähetettäessä on otettava huomioon antennin ominaisuudet ja tästä tulee ongelmaksi se, että antennin tulee olla vähintään 1/10 lähetettävän signaalin aallonpituudesta. Jos taajuus on hyvin matala, niin antennista tulee hyvin suuri, eikä se ole järkevää. Kantataajuinen signaali siirretään tämän vuoksi taajuusalueessa ylemmäksi moduloimalla se kanta-aaltoon, joka sitten siirretään lähettimen kautta antenniin. Yksi tärkeä moduloinnin syy on vielä se, että moduloinnin vuoksi voidaan lähettää samaan aikaan samassa siirtovälineessä useampi signaali, jotka ovat moduloitu eri kanta-aaltoon. Tässä huomioidaan se, että kanta-aalloilla on eri taajuudet, eivätkä ne häiritse toisiaan, vastaanottajan pitää poimia omat signaalit tulevasta lähetyksestä tietynlaisilla suodattimilla. (Uotila 1998, 48.)

Analoginen ja numeerinen modulointi poikkeavat toisistaan, tai niitä on pohdittava eri tavalla; jos analogisessa signaalissa ei tapahdu muutoksia, data säilyy muuttumattomana ja modulaatiossa on tarkoituksena, että signaalin muoto voidaan palauttaa takaisin alkuperäiseen muotoonsa, kun se vastaanotetaan. Modulaatioita käsiteltäessä niiden käyttötarkoituksensa poikkeaa ominaisuuksiltaan ja eri modulointitekniikat soveltuvat joihinkin yhteyksiin paremmin. (Uotila 1998, 49.)

2.1.1 Amplitudimodulaatio

AM (Amplitude modulation) on yksinkertaisin modulaatio laji, koska signaalin jännite muuttaa kanta-aallon amplitudia (kuvio 1.) Signaalin taajuus on oltava huomattavasti pienempi kuin kanta-aallon taajuus. Amplitudimodulaatiossa kanta-aallon (f_c) amplitudi muuttuu moduloivan signaalin ($x(t)$) amplitudin mukaan. Joten AM:n peruskaavaksi tulee :

$$X_c(t) = A_c * (1 + m * x(t)) * \cos(2 * \pi * f_c * t)$$

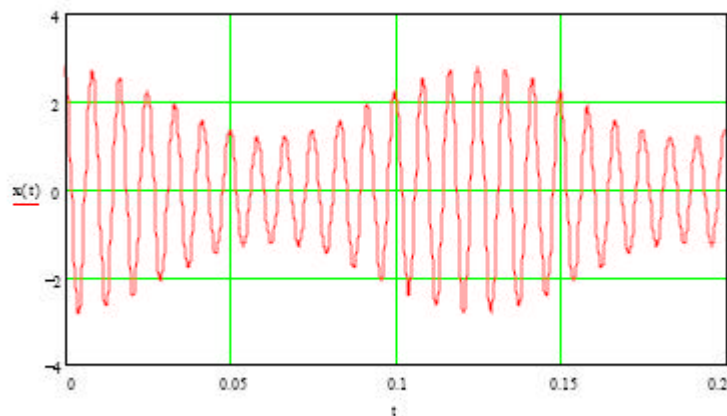
Missä: m = modulaatioindeksi

$x(t)$ = moduloivasignaali

A_c = kanta-aallon amplitudi

F_c = kanta-aallon taajuus

Jos katsotaan aikatasolla, niin moduloiva signaali näkyy verhokäyränä. Kun lasketaan modulaatiosyvyys, joka on modulaatioindeksin ja moduloivan signaalin maksimiarvon tulo eli $m * x_{\max}$ vastaa se lukua 1 (100%). Vastaavasti on yksinkertaista suorittaa ilmaisu, siihen ei tarvita kuin diodi + RC-piiri, joka toimii alipäästösuotimena.



Kuvio 1. Analoginen signaali moduloi kanta-aallon (Uotila 1998, 49.)

Kanta-aalto, joka on 120 Hz, on moduloitu 8 Hz sinisignaalin ja

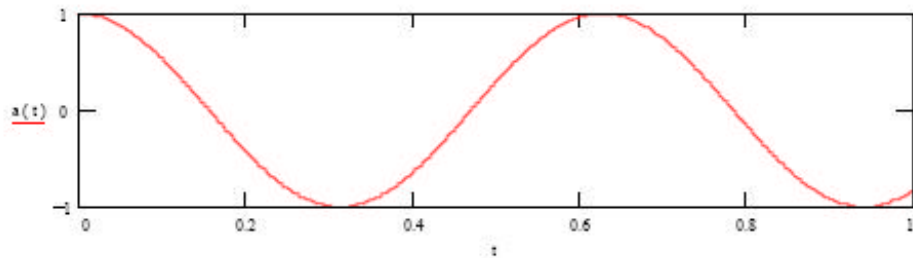
$m \cdot x_{\max} = 40\%$ amplitudi on 2 V. Tässä tapauksessa lähetettävän signaalin amplitudi vaihtelee.

$$A_{\min} = 2(1 - 0,4) = 1,2 \text{ V} \quad \dots \quad A_{\max} = 2(1 + 0,4) = 2,8 \text{ V}$$

2.1.2 Taajuusmodulaatio ja Vaihemodulaatio

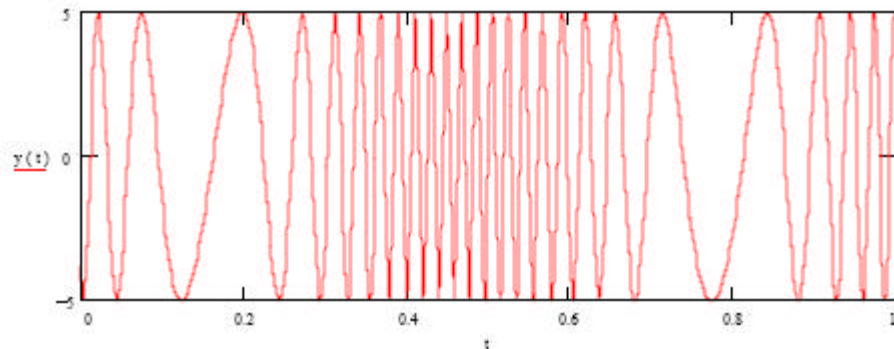
FM (Frequency Modulation) taajuusmodulaatio ja PM (Phase Modulation) vaihemodulaatio syntyvät, kun viestisignaali $x(t)$ muuttaa kanta-aallon vaihetta, tässä tapauksessa amplitudi ei muutu, vaan se pysyy vakiona. Jos kanta-aallon vaihekulma on $\phi = \omega_c t + \phi(t)$ ja $\phi(t) = \beta x(t)$, tässä tapauksessa on kyse vaihemodulaatiosta, jossa β on vaihe-deviaatio eli taajuuden poikkeama keskitajuudesta, amplitudimodulaatiossa vastaava luku on modulaatio indeksi. β määrää, kuinka paljon taajuus voi muuttua, sillä on myös suurin arvo, ja se on $\beta_{\max} = \pi$. Kanta-aalto ei saisi poiketa yli puolta jaksoa nimellisestä vaiheestaan, muuten vastaanottimen tulkinta vastaanotettavasta läheteestä ei olisi yksiselitteinen.

Taajuus on vaiheen muutosnopeutta. Kanta-aallon hetkellinen taajuus on vaihemodulaatiolla $f = f_c + (\beta / 2\pi) \cdot dx(t) / dt$ eli vaiheen derivaatta-ajan suhteen. Kun vaihe vaihtelee, niin se näkyy taajuuden vaihteluna viestijännitteen derivaatan tahdissa. (Uotila 1998, 49.)



Kuvio 2. (jatkuu)

Kuvio 2. (jatkuu)



Kuvio 2. Modulointi signaali ja vaihemodulaation käyrät (Uotila 1998, 49.)

Taajuus (FM) ja vaihe (PM) modulaatioiden tutkiminen oskilloskoopilla näyttää, että näitä kahta modulaatiota on vaikea erottaa toisistaan. Niiden spektrit muodostuvat samanlaisiksi (Kuvio 2).

Kun taajuusmodulaatiossa hetkellinen taajuus lasketaan, niin se merkitään, $f = f_c + f_{\Delta} * x(t)$, jossa siis viestijännitteellä muutetaan kanta-aallon taajuutta. f_{Δ} on tässä tapauksessa taajuusdeviaatio, ja $f_{\Delta_{max}}$ on huippudeviaatio, joten integraalin tahti muuttuu vaihekulmaa. Näillä modulointitavoilla on se hyvä ominaisuus, että vastaanotettu viestisignaali ja sen signaalikohinasuhde voi olla suurempi kuin moduloidun signaalin kohinasuhde. Kohinan summautuminen kanta-aaltoon ei vaikuta viestisignaaliin, koska kanta-aallon amplitudi pysyy vakiona ja koko informaatio on taajuuden vaihtelussa. Kun taajuutta muutetaan, niin se pidentää tai lyhentää jaksoa. (Uotila 1998, 49.)

2.2 Radiosignaalin eteneminen

Radioaalloista muodostuu radiosignaali, tai ainakin vastaanotin näkee sen yhtenä signaalina. Radioaaltoja, jotka ovat liikkuvia sähkömagneettisia aaltoja, tulee joka suunnasta ja eri voimakkuuksilla vastaanottimen antenniin, ja antennissa ne summautuvat ja vastaanotin näkee vain yhden signaalin. Tähän radioaaltojen

summautumiseen vaikuttavat myös aaltojen keskinäiset vaihe-erot sekä se, miten lähetettyjen ja vastaanotettujen aaltojen summautuneet osat vaikuttavat toisiinsa: kumoavatko ne toisensa vai vahvistavatko ne toisiaan. (Granlund 2001, 11.)

Ilmakehän alin kerros troposfääri, jossa kaikki sääilmiöt muodostuvat, ylettyy maanpinnalta 10 km ja n. 20 km korkeuteen riippuen katsottavasta kohdasta maapallolla. Maapallon navoilla troposfääri ylettyy noin 10 km korkeuteen ja päiväntasaajan kohdalla hieman alle 20 km:iin. Radioaallon etenemiseen vaikuttaa näiden lisäksi myös maaston ominaisuudet. Radioaallon edetessä troposfääriin sen tila muuttuu monitie-etenemisen takia, toisin sanoen se vaimentuu, heijastuu tai kaartuu. Ilmakehän seuraava kerros on ionosfääri, joka on 60 km, ja se ulottuu aina jopa 1000 km korkeuteen. Tämä kerros muodostuu auringon ultraviolettisäteilyn ionisoimista vapaista elektroneista sekä ioneista. Ionosfääriin läpäisemiseen on olemassa rajataajuus, joka on 10 MHz. Sitä pienemmät taajuudet eivät läpäise sitä, vaan ne heijastuvat takaisin. Tästä on tullut ominaisuus, jota käytetään hyväksi, ja sillä saadaan pientaajuinen radioliikenne kiertämään maapallo. (Granlund 2001, 12.)

Radioaalto lähetetään yleensä lähettimeltä vastaanottajalle, tärkein väylä on suoriin yhteys näiden välillä. Vastaanottaja saa signaalin, jos hän on lähettimen kuuluvuusalueella, koska välttämättä hän ei ole tällä kuuluvuusalueella, teoriassa lasketut kuuluvuusalueet eivät toimi, vaan sinne jää katvealueita, joita signaali ei tavoita. Kuuluvuus alue ei ole mikään säännöllinen rengas tai neliö, koska siihen alueeseen vaikuttavat maaston muoto, erilaiset esteet sekä radioaallon pituus. (Granlund 2001, 12.)

Kuuluvuusalueita on erilaisia, ja niinpä ne voidaan jakaa kolmeen eri alueeseen: Ensimmäisessä alueessa lähettimen signaali kuuluu ja sen sisällä oleva informaatio pystytään lukemaan. Toisessa alueessa, taustalla olevasta kohinasta erottuu lähettimen signaali, mutta yhteyden huonouden takia tietoliikenne ei onnistu. Kolmannen alueen, sisällä oleva lähetin häiritsee muuta radioliikennettä, vaikka sitä ei voi erottaa taustakohinasta. Kolmannen alueen ulkopuolella olevalla alueella muun tietoliikenteen häirintää ei tapahdu, koska signaali on niin heikko. (Granlund 2001, 13.)

Kun signaali vaimenee, on kyseessä signaalin tehon väheneminen. Jos katsotaan esim. johtimessa kulkevaa signaalia, niin se vaimenee johtimessa olevan resistanssin vuoksi, kun osa siitä muuttuu lämmöksi. Vaimeneminen näkyy siten, että signaalin amplitudi pienenee vähitellen ja matkan pidentyessä se häipy kokonaan. Tämä ei tapahdu kaikilla taajuuksilla tasaisesti, vaan se riippuu käytetystä siirtotiestä ja taajuudesta. Taajuuskomponenttien erilaisen vaimenemisen takia tulee myös signaalin vääristymiä. Johdollisen järjestelmän kokonaisvaimennus lasketaan kaavasta, yksikkönä käytetään desibeli (dB).

$$N = 10 \log_{10} * \text{Lähetetty teho} / \text{Vastaanotettu teho}$$

Radiotaajuuksilla ja mikrotaajuuksilla vaimennus poikkeaa johdollisesta järjestelmästä, tässä käytetään kaavaa.

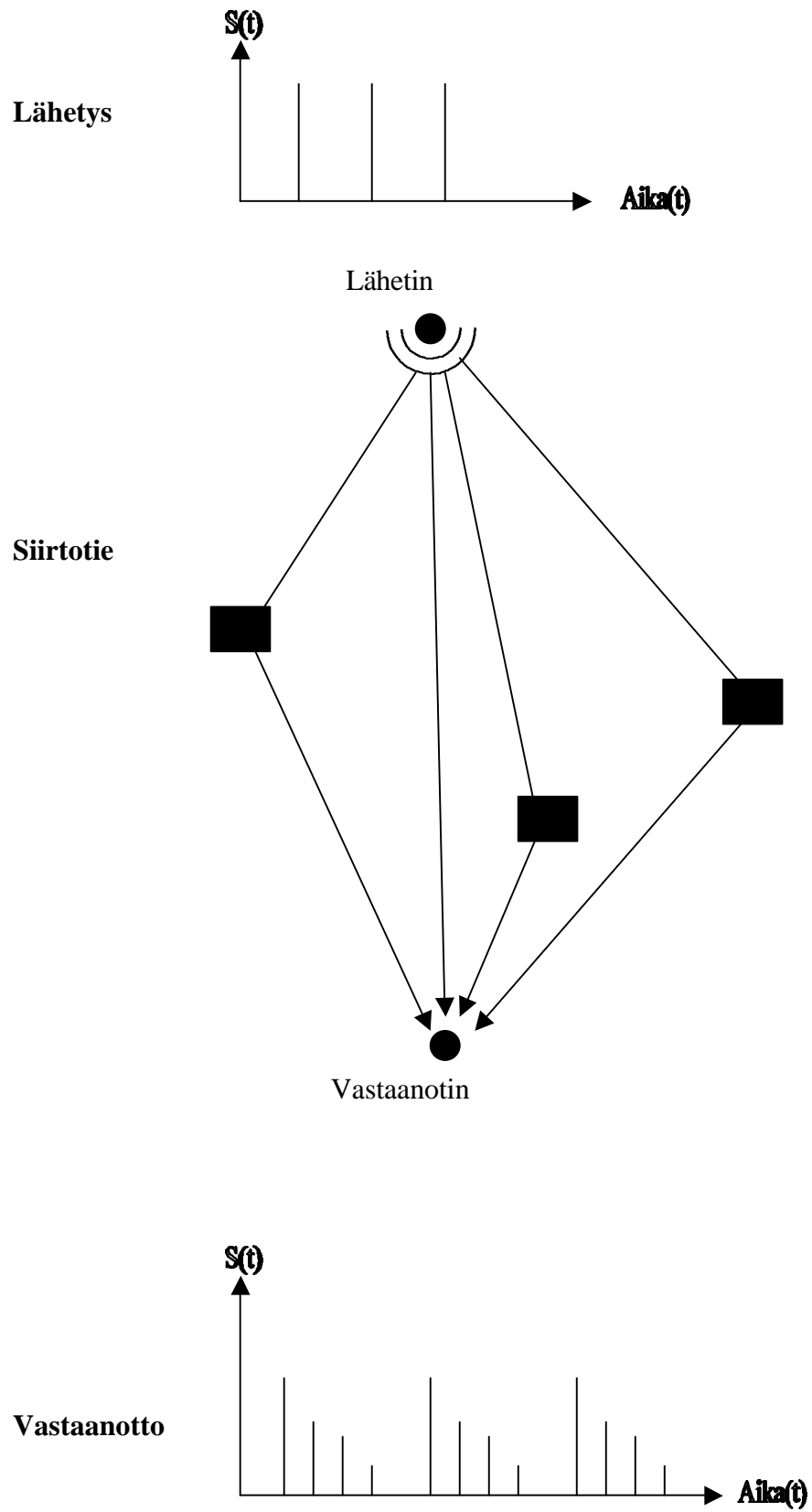
$$N = 10 \log_{10} * (4 * \delta * d / \lambda)^2$$

d = etäisyys

λ = aallonpituus samassa yksikössä

Vaimennus on tässä etäisyyden toinen potenssi, kun kaapelissa vaimennus on logaritminen. (Granlund 2001, 13.)

Monitie-etenemisessä, signaali kulkee monen mutkan kautta lähettäjältä vastaanottajalle. Toisin sanoen tämä muistuttaa optisessa kuidussa pulssin leviämistä eli dispersiota, mutta koska kuidussa tapahtuva signaalin eteneminen on heijastumista kuidun seinästä, voi erilaisista valon heijastumista johtuen matka olla pitempi kuin kuidun kokonaismitta. Eri taajuuksien kulkemat matkat kuidussa eivät poikkeaa kovin paljon toisistaan verrattuna radiotien vastaavasta. Kun radiotiellä oleva signaali lähetetään vastaanottajalle, heijastuu lähetettävä signaali erilaisista lähetys antennin läheisyydessä olevista esteistä. Matkaa voi hyvinkin tulla jopa kaksinkertainen määrä suoraan linjaan verrattuna, signaali tulee kuitenkin perille, mutta väärään aikaan ja heikkotehoisempaa kuin suoran reitin signaali. (Granlund 2001, 16.)



Kuvio 3. Siirtotien monitie-eteneminen (Granlund 2001, 16.)

Kuviossa 3 on havainnollistettu teoreettinen radiosignaalin monitie-eteneminen: siinä lähetetyt kolme eritaajuista signaalia ovat lyhyitä pulsseja ja kulkevat siirtotien kautta vastaanottimelle. Vastaanotin näkee suoraan tulleen pulssin, joka on kaikkein voimakkain ja kolme muuta pulssia, jotka ovat pulssin kulkeman matkan vaimentuneet. Käytännössä tämä ei mene näin yksinkertaisesti, vaan heijastumat summautuvat toisiinsa. (Granlund 2001, 16.)

Vääristynyt tieto, joka kulkee siirtotiellä, on seurausta ongelmista. Vastaanottajan ongelmaksi tulee, ettei se pysty tulkitsemaan vastaanotettua tietoa oikein. Mitä enemmän siirtotiellä on häiriöitä, sitä enemmän tulee vääristyneitä bittejä. Vääristyneiden bittien suhdetta siirrettyjen bittien lukumäärään kutsutaan nimellä bittivirhesuhde eli BER (Bit Error Rate). BER-arvon parantamiseen vaikuttaa linjanopeuden pudottaminen tai kaistaleveyden kasvattaminen. Parhaan arvon saamme etsimällä näiden kahden perusteella tiettyihin olosuhteisiin sopivan optiminopeuden. Voimme tarkastella, miten tämä käytännössä toimii seuraavan teorian kautta. Olkoon p_b jonkin siirtotien BER-arvo, p_m todennäköisyys sille, että siirretty sanoma sisältää yhden tai useamman virheen, ja M lähetettävän sanoman tavuina. Oletamme lisäksi, että linjavirheet jakautuvat tasaisesti ja toisistaan riippumatta. Todennäköisyys sille, ettei siirretty bitti vääristy ($1 - p_b$), ja todennäköisyyden p_m saamme silloin kaavasta $p_m = 1 - (1 - p_b)^{8M}$. Kaikki sanomat lähetetään aina vähintään kerran, ja todennäköisyydellä p_m ne toistetaan yhden kerran ja kaksi kertaa todennäköisyydellä p_m^2 . Näin ollen lähetyskertojen määrän voimme laskea seuraavasta sarjasta.

$$k = 1 + p_m + p_m^2 + p_m^3 + \text{jne.}$$

Se voidaan kirjoittaa myös muotoon:

$$k = 1 / (1 - p_m)$$

Kokeilemme tätä seuraavanlaisilla arvoilla, olkoon $p_b = 10^{-4}$ ja sanoman pituus 64 merkkiä, edellä oleviin kaavoihin sijoittamalla saadaan $p_m = 0,05$. Lähetyskertojen

määrän saamme, kun sijoitamme arvot kaavaan saamme $k = 1,05$. Huomaamme, että kun BER on 10^{-4} niin joudumme lähettämään sanoman 1,05- kertaa, niin se menee virheettömästi perille. (Granlund 2001, 19.)

Tiedon virheettömään lähetykseen radioyhteyden olosuhteet vaikuttavat siten, miten virheettömästi ja kuinka nopeasti tieto voidaan siirtää paikasta toiseen. Siirtonopeuteen vaikuttavat myös paikka, jossa osapuolet sijaitsevat, sijainti paikkojen muuttuminen sekä ympäristö. Käytännössä tämä voidaan havaita siten, että kun liikkuvassa ajoneuvossa on puhelu ja sen kuuluvuus on erittäin heikko, kuuluvuus voi parantua huomattavasti, kun pysäytetään auto. Toinen käytännössä lähes vastaavanlainen havainto on TV-antennin paikan haussa talon katolla, voi riittää, että siirtää antennia puoli metriä jompaankumpaan suuntaan, niin kuvan laatu paranee huomattavasti. (Granlund 2001, 19.)

2.3 Johtokoodaus

Analogisen signaalin muutos digitaalseksi tuottaa bittejä, ja niistä tulee signaalin sähköinen muoto, joka on tietyn säännön mukaan, tällaista sääntöä kutsutaan johtokoodiksi. Johtokoodit jaetaan kolmeen eri luokkaan, koska kaikilla on eri jännitetasot. Signaalin muoto ja ominaisuudet säilyvät silloinkin, kun koodaus-säännöt ykkös- ja nollabittin kesken vaihdetaan keskenään. (Uotila 1998, 47.)

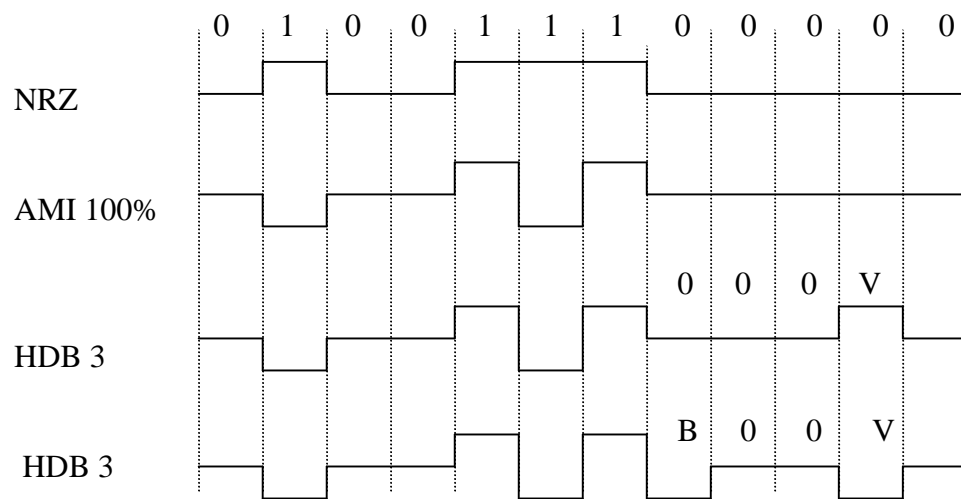
Unipolaarisessa koodissa, jossa on vain kaksi tasoa, joko positiivinen ja negatiivinen. Yleensä toinen tasoista on nollataso, ja toinen voi olla vaikkapa 5 V. Polaarisisessa koodissa on määrätty aina toinen positiiviseksi ja toinen negatiiviseksi vaikkapa -5 V ja $+5$ V. Bipolaarisella koodilla, on käytössä kaikki kolme tasoa: nollataso, negatiivinen taso ja positiivinen taso (Uotila 1998, 46.).

Yksinkertainen johtokoodi on NRZ-koodi (nonreturn to zero), jossa ykköstä vastaa valittu jännite taso ja nollaa jännitteetön taso. Monet johtokoodit kuuluvat joko polaariseen tai unipolaariseen luokkaan. Katsotaan vaikka AMI-johtokoodia (alternate mark inversion), jossa on kaikki kolme tasoa käytössä: nollabitti on aina

jännitteetön, kun taas ykkösbittien arvot vaihtelee positiivisen ja negatiivisen välillä. Tästä johtuen jännite on keskiarvoltaan nolla, ja signaalissa ei ole tasajänniteosaa, joten se voi kulkea muuntajan läpi. (Uotila 1998, 46.)

Otetaan vielä HDB3-koodi (high-density bipolar – 3 zeros), joka on kuin AMI-koodi. Yli kolmen nollan yhtäjaksoiset jonot rikotaan, korvaamalla bittijono 0000, joko jonolla 000V tai B00V. Tässä B on normaalisti ykköstä tarkoittava pulssi, joka on AMI-koodin mukainen. Kun taas V on AMI-koodauksen sääntöä rikkova pulssi, peräkkäisien V-pulssien pitää olla erisuuntaisia korvaavaa bittijonoa valittaessa, eikä silloin tasajännitekomponenttia synny signaaliin. AMI-koodin rikkomisella on ollut tarkoituksena saada muutoskohtia signaaliin sisällöstä riippumatta, kaikki muutoskohdat kuljettavat mukanaan bittitahdin, jota sitten tarvitaan vastaanotossa. (Uotila 1998, 47.)

Koodien sähköiset muodot on esitetty kuviossa 4, jossa ylin on NRZ-koodi sen jälkeen on AMI-koodi, ja kaksi alinta on HDB3-koodeja, joissa on eroteltu ne, jotka rikkovat AMI-koodauksen sääntöä.

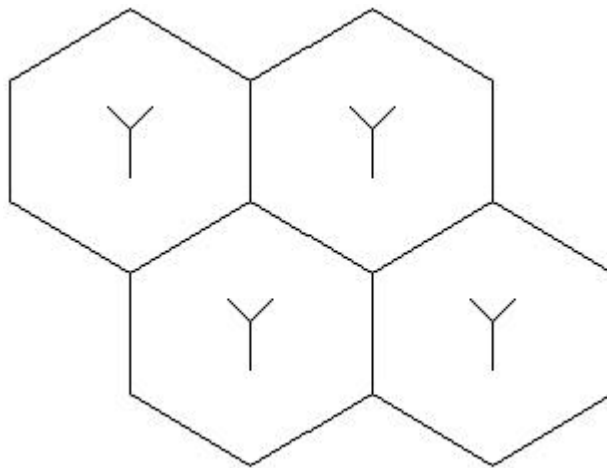


Kuvio 4. Eri johtokoodien sähköisiä muotoja (Uotila 1998, 47.)

3 PERUSTIETOA KÄYTETYISTÄ TIETOLIIKENNE YHTEYKSISTÄ

3.1 GSM (Global System for Mobile communication)

Vuonna 1982 CEPT:n (Conférence des administrations Européennes des Postes et Telecommunications) sisällä syntyi ryhmä, jonka tehtävänä oli laatia 900 MHz alueella toimivan puhelinjärjestelmän yhteinen eurooppalainen suositus. Kun tämä suositus oli laadittu, niin tästä muodostui sitten ryhmä nimeltä GSM. Jonkin ajan kuluttua GSM siirtyi ETSI:n (European Telecommunications Standarts Institute) alaisuuteen. ETSI :n suosituksessa GSM-verkko kuvataan neljässä osassa eri tasoissa: käyttäjätaso, verkkotaso, signalointitaso ja tietokantataso. (Granlund 2001, 114.)



Kuvio 5. Teoreettinen soluverkkorakenne

Verkko on toteutettu ns. solumallisena, solujen suunnittelussa pitää ottaa huomioon maastolliset olosuhteet ja radioaaltojen eteneminen. Lähetystehot pyritään pitämään mahdollisimman pieninä, etteivät samalla taajuusalueella käyttävät solut häiritsisi toisiaan. Suunnittelussa on pyrittävä sellaiseen ratkaisuun että vierekkäiset solut eivät käytä samaa taajuusaluetta, vaan samaa taajuusaluetta käyttävät solut ovat riittävän etäällä toisistaan. (Kuvio 5) (Granlund 2001, 115.)

Tästä tulee nimitys taajuusalueiden uudelleen käyttö. Ensimmäiset GSM verkot valmistuivat vuonna 1990. Kuten huomaamme, niin GSM oli alun perin

tarkoitettu puheen siirtoon tavallisen kiinteän puhelinverkon rinnalle. Erona oli kuitenkin, että koko järjestelmä oli digitaalinen ja se toimii kaikissa komitean maissa. Järjestelmässä käytetään salakuuntelun ehkäisemiseksi puheen salausta, muuten kaikki palvelut ovat samoja kuin kiinteässä verkossa. (Granlund 2001, 114.)

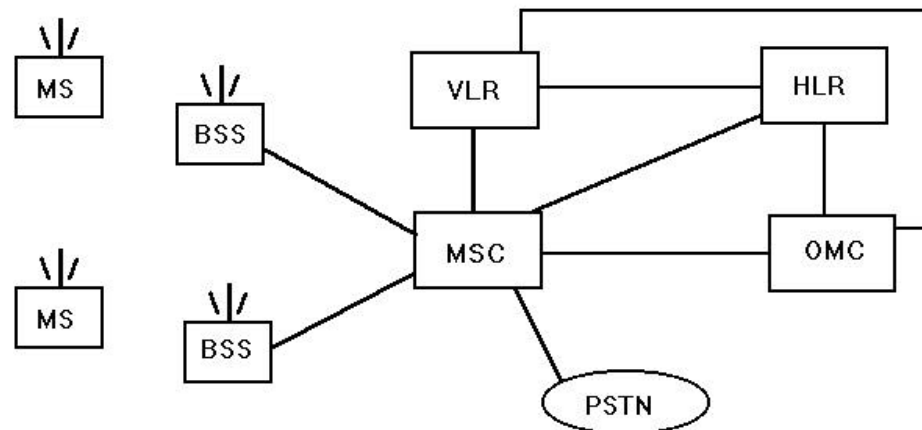
3.1.1 Dataliikenne

Datan siirto oli heti mahdollista, kun verkot otettiin käyttöön, mutta kun palveluita ei ollut, niin dataliikenne oli vähäistä. GSM verkko oli alunperin tehty puheen siirtoa varten, joten sitä käytettiin enimmäkseen puheen siirtoon. Dataliikenne siirretään puheen tavoin normaalipurskeissa, lukuun ottamatta SMS-viestejä (Short Message Service), jotka kulkevat SDCCH - (Stand-alone Dedicated Control Channel) ja SACCH-kanavilla (Slow Associated Control Channel). SMS-viestit ovatkin suurin ryhmä GSM:n dataliikenteestä tällä hetkellä, koska palvelun tarjoajia ja käyttäjiä on useita. (Granlund 2001, 165.)

Siirtonopeuteen vaikuttavat aina siirtotien ominaisuudet, virheenkorjaus ja niiden havaitsemiseen sekä korjaukseen käytetty toisto tai pakkaus aika. Toiston kapasiteetti on suoraan suhteessa koodauksen kykyyn korjata siirtovirheitä. Oikean koodaustavan valitseminen eri tilanteisiin on tärkeää, jolloin saadaan paras siirtonopeus siirtotielle. (Granlund 2001, 165.)

Puheen ja datan koodaus poikkeavat vielä toisellakin tavalla. ETSI:n suosituksessa olevaa menetelmää käytetään silloin, kun koodekin tuottama 20 ms-näyte häviää, tai muuttuu siten, että se ei tule perille. Tällöin se korvataan puheessa edellisellä näytteellä. Kuulija ei huomaa mitään eroa puheen laadussa. Puheen siirrossa tiedon tiivistyksestä voidaan käyttää nimitystä hukkaava siirto. Datan siirrossa ei tällaisia virheitä sallita, todelliseen siirtonopeuteen yksin koodaus kuitenkin vaikuta, vaan tässä tarvitsee ottaa huomioon myös tietoliikenneprotokollat sekä niiden aiheuttamat viiveet. Seurauksena tästä on, että joillekin protokollapinon tasolle sanomaan on liitettävä tarkiste, joka havaitsee siirtovirheet; samalla protokollaan on myös sisällytettävä uudelleen

lähetyksiin perustuvat toipumismenettelyt ARQ (Automatic Repeat Request).
(Granlund 2001, 165.)



Kuvio 6. GSM-verkon periaatelaitteisto.(Granlund 2001, 121.)

- MS** Mobile Station, päätelaite, esimerkiksi käsipuhelin, tai modeemi
BSS Base Station Sub-system, tukiasema-alijärjestelmä
MSC Mobile Switching Centre, matkapuhelin keskus
HLR Home Location Register, kotipaikkarekisteri
VLR Visited Location Register, vierailijarekisteri
OMC Operation and Maintenance Center, verkon tarkkailu- ja hallintakeskus
PSTN Public Switched Telephone Network, Yleinen kiinteä puhelin verkko

MS kytkeytyy tukiasemaan BST (Base Transceiver Station), joka toimii tukiasema-alijärjestelmässä BSS ja jokaista tukiasema-alijärjestelmää ohjaa tukiasema ohjain BSC (Base Station Controller). Tukiasema ohjaimet taas kytkeytyvät kytkentä alijärjestelmään NSS (Network Switching Subsystem), verkko-operaattorin tehtävänä on valvoa GSM-järjestelmän toimintaa hallinta-alijärjestelmällä OSS (Operation Sub-System). (Granlund 2001,120)

MS on päätelaite, joka on siis se laite, jolta lähetettävä signaali lähtee ja joka lähettää sanoman tai ns. viestin, joka voi olla puhetta tai dataa. MS kytkeytyy lähimmän solun tukiasemaan BTS avatessaan yhteyden, tukiasemat ovat tarkoin

lasketuissa paikoissa. Taajamissa niitä pitää olla lähes joka korttelissa, mutta maaseudulla ne voivat olla huomattavasti pitemmillä välimatkoilla, eli tukiasemien välimatkat voivat olla muutamista sadoista metreistä jopa 35 km:iin maantieteellisistä ja taloudellisista seikoista riippuen. Kaikilla soluilla on tunnistuskoodi, jota kutsutaan CI-koodiksi (Cell Identity).(Granlund 2001, 120-125.)

Tukiaseman tehtäviin kuuluu lähetettävän tiedon modulointi eteenpäin lähetystä varten sen mennessä radiotielle, sekä koodaus ja purku tietoliikennekanavilla siirtyvään tietoon, myös puhelujen salaus ja salauksen purku ovat sen tehtäviä. Koska tukiasema kuuluu tukiasema-alijärjestelmään, niin siihen tulee myös tukiasema-ohjain BSC, joka vastaa siirtotien käytöstä ja tekee varaukset siirtokanavista radiotiellä. Lisäksi se huolehtii MS siirtymisestä toiseen soluun, valvoo lähetystehoja sekä radiosignaalin laatua. BSS on tukiasema-alijärjestelmä, johon nämä BTS ja BSC sisältyvät. Tämä järjestelmä on suoraan yhteydessä liikkuviin asemiin, tehtävänä tällä on tehdä radioliikenteen laitteista oma kokonaisuus.(Granlund 2001, 120-125.)

GSM-verkon päätehtävät sijaitsevat verkon kytkentäalijärjestelmässä NSS, jonka tehtävänä on huolehtia liikenteen kytkemisestä GSM-verkon ja kiinteän puhelinverkon välillä, sekä myös GSM-verkon sisäiset kytkennät. NSS – järjestelmä koostuu seuraavista osista: MSN matkapuhelinkeskus, joka huolehtii puhelujen kytkennästä ja reitityksestä, sen päätehtävänä on kutsujen muodostaminen, puhelujen ylläpitäminen ja lopettaminen omalla alueellaan. MSC huolehtii myös reitityksestä GSM-verkon ja kiinteän verkon välillä. MSC :n tehtävät muistuttavat tavallista puhelinvaihdetta, sen ero on siinä, että sen pitää seurata liikkuvan aseman sijaintia, sekä välittää salausparametrit. Jos GSM-verkkoon kuuluu useampi MSC, niin vain yksi toimii yhdyskäytävänä kiinteään puhelinverkkoon. (Granlund 2001, 120-125.)

Kytkentäalijärjestelmään kuuluu myös SMSC (Short Message Service Centre) lyhytsanomaviestikeskus, joka välittää 160 merkin lyhytsanomaviestejä GSM-verkossa, se toimii HLR rekisterin kanssa yhteistyössä, koska se tarvitsee puhelun tavoin liittymää koskevia reititystietoja. Se ei hävitä viestejä, vaan puskuo ne

muistiin ja kun se saa tiedon HLR-rekisteristä, että vastaanottaja on tavoitettavissa, niin se lähettää sen. Kytkeäälijärjestelmään kuuluu vielä tietokannat, joista HLR eli kotirekisteri ei kuitenkaan ole ihan tavallinen tietokanta vaan tiedonhallintajärjestelmä. Se sisältää liittymää koskevat tiedot sekä sen minkä MSC:n alaisuudessa liittymä kulloinkin on. Sen tehtäviin kuuluu myös se, että kun liittymä siirtyy toisen MSC:n alaisuuteen, niin se päivittää liittymän tiedot molempiin järjestelmiin. (Granlund 2001, 124.)

Tilaaaja koskevat tiedot ovat kiinteitä ja sellaisia, joita päivitetään. Kiinteitä tietoja ovat liittymän IMSI -tunniste (International Mobile Subscriber Identity) ja liittymän lisäpalvelut sekä palvelukohtaiset MSISDN -numerot (Mobile Station International ISDN Number). Muuttuvia tietoja ovat liittymän liikkuvuuteen vaikuttavat tekijät, kuten reititykseen ja sijaintiin liittyvät tiedot. Jos liittymään soitetaan, niin ensin kysely menee sen kotioperaattorin HLR:ään, josta saadaan tieto, missä päin liittymä sijaitsee. (Granlund 2001, 124.)

Tästä päästään sitten VLR :ään eli vierailijarekisteriin, joka nimensäkin puolesta kuvaa, keitä muita liittymiä on aktiivisina juuri tämän MSC:n alueella. Tähän rekisteriin siirretään tiedot niistä kaikista liikkuvista liittymistä, jotka toimivat sen alueella. HLR:ään tieto päivitetään siitä, minkä VLR:n alueella liittymä kulloinkin on. VLR:iin tallennetaan liittymän tunniste IMSI, MSISDN-numerot; jokaisessa VLR liittymällä on myös tilapäinen tunniste TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity), jolla salataan liittymän numeroa. Tällä numerolla peitetään se, ettei kolmas osapuoli pysty purkamaan liittymän avaimia ja seuraamaan tarkasti liittymän liikennettä. (Granlund 2001, 124.)

AuC (Authentication Centre) eli tunnistuskeskus, joka toiminnallisesti on osana kotirekisteriä, joka tosin voidaan pitää myös erillään, sen tehtävänä on tietoturvan ja GSM-verkon suojaukseen liittyvien tietojen talletus. Eli aina kun käyttäjä käynnistää koneen, niin hänet tunnistetaan tai todennetaan tunnistuskeskuksessa. (Granlund 2001, 119.)

Kytkeäälijärjestelmän tietokantaan kuuluu vielä EIR (Equipment Identity Register) eli laitetunnusrekisteri, joka sisältää tietoa puhelinlaitteesta; jokainen

puhelin tunnistetaan sen IMEI (International Mobile station Equipment Identity) numeron avulla. Rekisterissä on kolme erilaista listaa, joiden avulla saadaan tietoon kyseistä laitetta koskevat ns. henkilökohtaiset tiedot. Listat on luokiteltu valkoiseksi, harmaaksi ja mustaksi, joista valkoinen sisältää tiedot kaikista käytössä olevista IMEI numeroista, harmaa taas tietoja niistä, joita pitää tarkkailla ja musta lista niistä, jotka ovat käyttökiellossa tai varastetuksi ilmoitettu. Verkko voi näin tarkastaa, mihin listaan laite kuuluu. (Granlund 2001, 119.)

3.2 Radiomodeemi

Jos päädytään radiomodeemijärjestelmään, on tärkeää selvittää, millaisia maastollisia esteitä on lähetinaseman ja vastaanottimen välissä. Radio-yhteyden laatuun vaikuttavia tekijöitä on muitakin esim: radiolähtetimen teho, radiovastaanottimen herkkyys, käytetty taajuusalue, lähetin- ja vastaanotinantennien vahvistukset, radiotaajuiset häiriöt, antennikaapeleiden vaimennukset, antennien korkeudet sekä radiosignaaloinnin vaatima signaali-kohinasuhde. (Satel 2004,100.)

Suunniteltaessa radiomodeemiaseman perustamista maastoon, on tutkittava alueen salamointiherkkyys ja onko paikan läheisyydessä muilla taajuuksilla toimivia suuritehoisia lähetinlaitteistoja. Jos alue on tämän kaltainen, niin suojatun tilan ulkopuolelle tulee asentaa ukkossuoja, sekä antennin ja modeemilaitteen väliin häiriösuodin. Laittekokonaisuuden kannalta kaikki laitteiston osat on hyvä tilata samalta laitevalmistajalta, eri komponenttien yhteensopivuuden vuoksi. (Satel Oy 2004, 104.)

Radiomodeemien lähetysteho on 1W. Vastaanottimen herkkyden ollessa parempi kuin -110dBm , tämä tarkoittaa, että tasaisessa maastossa $1/4$ -aallon antennilla ja 1 m:n antennikorkeudella vapaassa tilassa päästään 3km – 4km yhteysväleihin. Tilassa jossa on radiosignaalien etenemistä estäviä materiaaleja, saattaa yhteysväli olla huomattavasti lyhyempi. Pitkillä yhteysväleillä tulee eteen luonnollisia esteitä, jotka voidaan ratkaista nostamalla antennia ylöspäin tai käyttämällä vahvistavaa antennia. Jos antenni nostetaan 10m – 20m korkeuteen niin yhteysväli

voi kasvaa jopa 10 -kertaiseksi. Kun antennin ja modeemin välistä etäisyyttä kasvatetaan yli 10 m:ksi joudutaan käyttämään pienhäviöistä kaapelia ($< 0,7 \text{ dB} / 10 \text{ m}$), jottei antennin antama vahvistus menisi kaapelihäviöihin. On myös mahdollista kiertää suuremmat esteet laittamalla matkan varrelle useita modeemeja toimimaan toistimina, ja näin antennien korkeutta ei tarvitse nostaa kymmeniksi metreiksi. (Satel 2004, 100.)

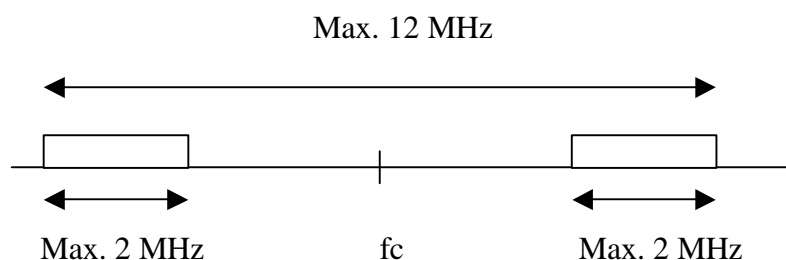
Käytettäessä toistimia saadaan peittoalueeksi huomattavasti suurempi alue. Rajoituksena on kuitenkin lähetettävien tietopakettien koko, joka on 1 kB (kilotavu). Toimiessaan toistimena modeemi viedään suunnitellulle paikalle. Maastoon rakennetaan antennimasto ja yritetään laittaa toistin asema maastollisesti mahdollisimman korkeaan paikkaan, josta hyvät ja vapaat näkymät kauemmaksi ilman, että lähellä on suuria heijastuspintoja. Modeemi toimii itsenäisenä asemana, joka ei tarvitse kuin teholähteen ja sopivan antennin. Jos toistimiksi on kytketty useampi radiomodeemi, niin kaikille toistimille on hyvä antaa oma osoite tai käyttää reititysprotokollaa. Ilman näitä lähetetty data voi joutua toistimien muodostamaan silmukkaan, mutta osoitteen perusteella data löytää tiensä perille. (Satel 2004, 43.)

Paikallisverkoissa tiedon määrä kasvaa jatkuvasti, ja kun NMT 450 (Nordic Mobile Telephone) verkon taajuudet vapautuivat, niin ne on otettu uudelleen käyttöön. 450 MHz:n taajuuksilla on erittäin vähän eri sähkölaitteiden aiheuttamia häiriöitä. Näillä taajuuksilla toimivat radiomodeemit. Eräänä radiomodeemien taajuusalueena käytetään 380 MHz – 470 MHz, josta kanavaväli on 12,5 kHz / 25 kHz. Kanavien lukumäärä on 160 tai 80 riippuen kanavavälistä. Taajuusvirhe on pienempi kuin $\pm 1,5 \text{ kHz}$. Radiomodeemin tiedonsiirtotapa on vuorosuuntainen (half - duplex). Toinen modeemi lähettää ensin signaalin, jota toinen kuuntelee ja sitten osia vaihdetaan. Lähetys suunnan vaihto vaatii hetken hiljaista aikaa kanavalla. Radiomodeemin radioliitännän tiedonsiirtonopeus on 19,5 kbps, jos kanavaväli on 25 kHz. Kanavavälin ollessa 12,5 kHz on tiedonsiirtonopeus 9.6 kbps. Modeemin RS-väylän tiedonsiirtonopeus on 300 – 38400 bps (Satel Oy 2004, 15.) (Uotila 1998, 58.)

Radiomodeemien taajuusalue ei ole vain rajoittunut 380 MHz – 450 MHz, vaan on myös 869 MHz taajuusalue. Tämä alue on ETSIN:n suosituksen mukaisesti varattu luvasta vapautetuille radiolaitteille. Alue, joka on 869,4 MHz – 869.65 MHz, on antennin suurin sallittu säteilyteho 0,5 W. Koska tämä on määrätty, niin lähettimen tehoa voi laskea ja samalla antennin vahvistusta kasvattaa. Antennin vahvistuksen lisäämisellä voidaan yhteysväliä kasvattaa. Vaikka lähetysteho on laskettu, lähetysaseman säteilyteho pysyy kuitenkin samana. Antennin vahvistuksen lisääminen mahdollistaa entistä heikompia signaalien vastaanottamisen. Kanavaväli on 25 kHz ja kanavien lukumäärä on 10. Lähettimen kantoaaltoteho on 10 mW – 500 mW 50 ð:n kuormaan. Vastaanottimen herkkyyks on –113 dBm – 110 dBm. Tätä taajuusaluetta on rajoitettu niin, että lähetin saa olla päällä vain 10% koko ajasta, maksimiaikakin on määrätty 36 s:ksi. (Satel 2004, 16.)

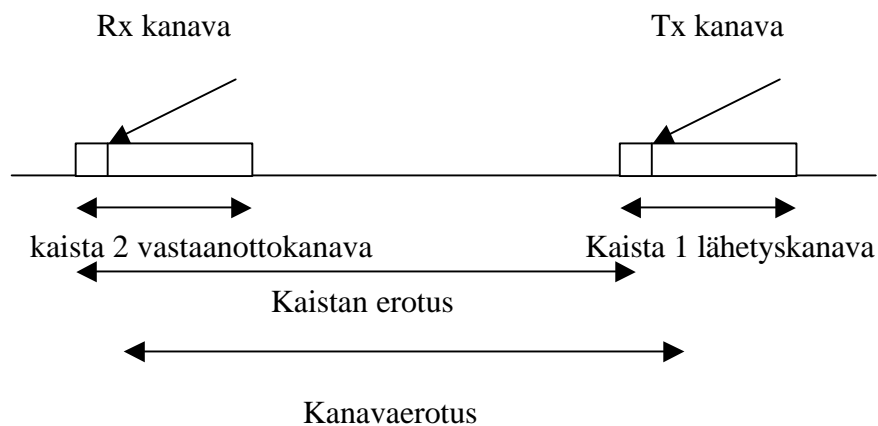
Radiomodeemissa käytetään FSK-modulaatiota (Frequency Shift Keying), modeemin modulaatio on järjestetty CML-modeemipiirillä. Siirrettävä bittivirta on numeerisen kantoaallon mukana. Peruseräteenä on, että lähetin muuttaa signaalin taajuutta, jonka kantoaaltogeneraattori on tuottanut. Kantoaallon ominaisuudet eivät muutu, vaikka muutokset ovat nopeita. (Uotila 1998, 50.)

Radiomodeemi on myös saatavissa erikoisversiona ns. Dual-Band. Tämän laitteen radio-osaan on sisällytetty kaksi 2 MHz:n taajuuskaistaa, jotka määräävät radiomodeemin ohjelmoitavaksi niin, että se toimii rajojen sisällä olevilla kanavilla. Tämä ohjelmointi tehdään tehtaalla, kun taajuuskaistan korkeimman ja matalimman taajuuden erotus ei saa olla kuin 12 MHz. Keski-taajuus f_c siis säädetään keskelle näitä kahta taajuuskaistaa. (Kuvio 7) (Satel 2004, 31)



Kuvio 7. Dual Band järjestelmän peruskaavio. (Satel 2004, 31.)

Radiomodeemissa on myös Dual Channel toiminto, joka tarkoittaa sitä, että vastaanotto ja lähetys tapahtuvat eri kanavilla. Radiomodeemin perustila on vastaanottotila, mutta kun TD-linjalla on datavirtaa, se käynnistää taajuuden siirron lähetyskanavalle. (Kuvio 8) (Satel 2004, 32.)



Kuvio 8. Dual Channel järjestelmän periaate

Perusmalleissa ei ole esim. LCD-näyttöä, joilla helpotetaan radiomodeemin käyttöä, koska yleensä modeemit ovat maastossa ja niiden ohjelmointiin tarvitaan päätelaite. Mutta jos laitteessa on oma näyttö, niin ohjelmoinnin voi tehdä paikan päällä, ja laitetta voi testata asemien välisessä liikenteessä. Monissa radiomodeemeissa on sisäinen reititys, jonka toiminta on liitettävissä useimpiin järjestelmäprotokollisiin. Näissä laitteissa käytetään usein myös ns. FEC-korjausta (Forward Error Correction), jolla paljon kohinaa sisältävien kanavien aiheuttamia virheitä minimoidaan. Eli tässä virheen korjaus systeemissä lisätään n. 30% redundanssia, että tietty määrä lähetettyjä bittejä voidaan korjata. Tässä on oltava tarkkana, että kaikissa modeemeissa on sama virheenkorjaus (Satel Oy 2004, 13.).

Kun käytetään 12,5 kHz:n radiokanavaa ja 9600 Bps nopeutta, niin ilman FEC-korjausta viive on 31 ms. Viiveeseen ei vaikuta lähetettyjen tavujen lukumäärä. Korjausta käyttäen viive kasvaa, siihen vaikuttaa myös lähetettyjen tavujen lukumäärä. Jos tavuja lähetetään alle 10, niin viive on 43 ms. Kun lähetettyjen tavujen määrä lisätään sataan, niin viive muuttuu jo 66 ms:iin ja kun lähetettyjen

tavujen määrää lisätään viiteensataan, viive kasvaa 126 ms :iin. (Satel Oy 2004, 107 – 110.)

Kun käytetään 25 kHz:n radiokanavaa ja kun nopeus pysyy samana 9600 Bps, on siirtoviive ilman FEC-korjausta 21 ms. Tässä on sama piirre, kuin 12,5 kHz: n radiokanavalla: lähetettyjen tavujen lukumäärä ei vaikuta siirtoviiveeseen. Lähetettyjen tavujen määrää muuttamalla ja FEC-korjausta käyttäen tulee siirtoviiveeksi lähetettäessä yksi tavu 27 ms, kymmenen tavua 32 ms, sata tavua 28 ms ja viisisataa tavua 31 ms. (Satel Oy 2004, 107 – 110.)

3.3 Puhelinlankapari

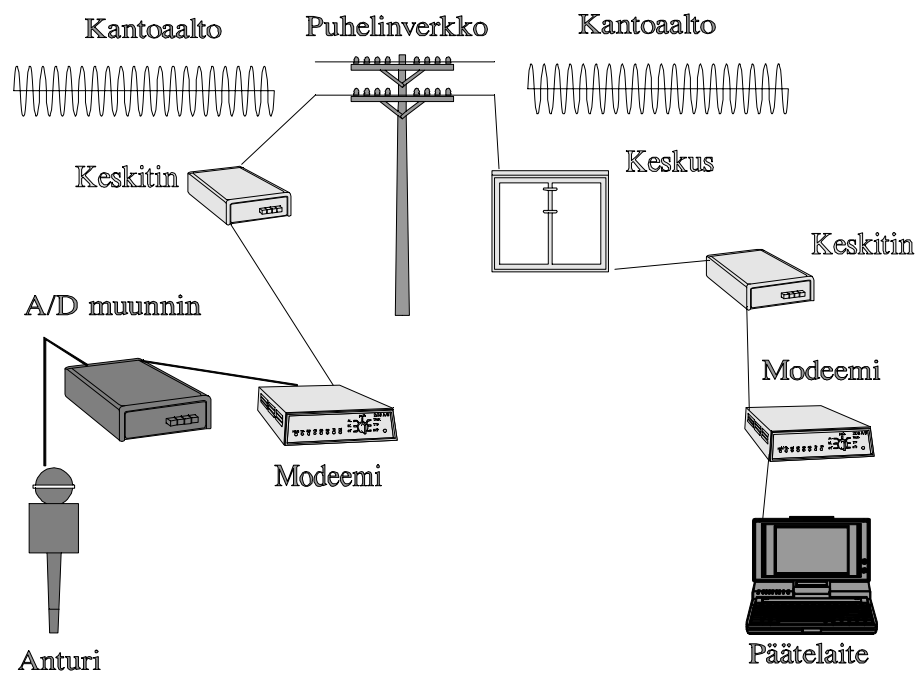
Puhelinlankapari on alun perin kehitetty puhetta välittäväksi järjestelmäksi ja nykyään sitä käytetään enemmän datan siirtoon, koska puheen siirtoon on tullut langaton puhelinjärjestelmä. Eikä henkilöiden tarvitse olla sidottuja tiettyyn paikkaan, vaan he voivat liikkua vapaasti ja olla puhelimella tavoitettavissa lähes aina. (Volotinen 1999, 52.)

Normaali puhelinliittymä koostuu yhdestä symmetroidusta kierretystä johtoparista, johon puhelin on kytketty. Koska puhelin toimii symmetroidulla parilla, puhelinlinjan johtimia ei saa missään tapauksessa yhdistää maadoitukseen muualla kuin puhelinkeskuksessa tai koko järjestelmään syntyy häiritseviä hurinajännitteitä. (Volotinen 1999, 21.)

Puhelinkeskus syöttää linjalle 48 V tasajännitettä keskuksen sovituskelojen läpi. Puhelin saa käyttöjännitteensä pitkin puhelinlinjaa, joka voidaan mitata kun puhelin on lepotilassa. Kun taas puhelin on käytössä, niin tasajännite laskee 6 – 10 V :iin johtuen puhelimen kuormituksesta sekä keskuksen virran rajoituksesta. Virta puhelinlinjalla puhelimen ollessa käytössä on 20 –50 mA riippuen linjan pituudesta. Puhelinlinjassa käytetään taajuutta 300 – 3400 Hz , joka on tavallinen puheen taajuusalue, jota myös modeemeilla käytetään (Volotinen 1999, 21.).

Kaksisuuntainen äänensiirto onnistuu yhtä johdinta pitkin, koska puhelimessa käytetään kaiunpoistojärjestelmää, joka on toteutettu puhelimen muuntajasta hybrid -kytkennällä. Puhelimen linjamuuntaja tarjoaa äänitaajuudelle 600 ohmin sovituksen ja DC-jännitteelle vastuksen, joka pitää olla alle 200 ohmia puhelimen ollessa käytössä. Jos puhelin ei ole käytössä, niin DC-resistanssi pitää olla yli 1 M Ω :a ja AC -impedanssi yli 10 k Ω :a (Volotinen 1999, 21.)

Kiinteän puhelinverkon periaatekuva on esitetty kuviossa 9, josta selviää signaalin reitti anturilta päätelaitteelle. Anturilta lähtevä signaali on analoginen, A/D-muunnin muuttaa signaalin numeeriseen muotoon, jollaisena se siirtyy päätelaitteelle.



Kuvio 9. Yleisestä kiinteästä puhelinverkosta

Puhelinlinjat suojataan ylijännitteiltä 200V kaasupurkaussuojilla, joissa on lisäksi varmistuksena 2000V valokaariväli. Yleisimmin käytetty 0.5 mm puhelinjohdin suojataan liian suurilta virroilta 2A sulakkeilla. Telalaitteilta vaaditaan turvallisuussyistä 2000V ylijännitepulslien kesto. (Engdahl 1988)

3.3.1 Liitokset

Puhelinpistokkeena käytetään RJ-11 liitintä tai 3-napaista puhelinpistoketta. RJ-11 liittimessä kaksi keskimmäistä johdinta ovat puhelimen johtimet, muita johtimia ei yleensä käytetä. 3-napaisessa puhelinpistokkeessa kaksi toisiaan lähinnä olevaa nastaa ovat puhelimen johtimet. Kolmas nasta on "maadoitusnappia" varten, mutta sitä ei useinkaan käytetä.

Nykyaikaisissa kaapelointijärjestelmissä puhelinpistokkeena käytetään 8-napaista RJ-45 pistoketta. Tällöin puhelin kytketään tähän liitintään sopivalla välijohtolla tai RJ-45 rasiaan kytketään jakaja, joka jakaa liittännän kolmeksi RJ-11 liittimeksi (3 linjaa samaan RJ-45 liittimeen). Vaikka RJ-11 liittimen saa menemään RJ-45 liitosrasiaan, sitä ei pidä kytkeä sinne, koska kytkentä ei ole luotettava ja RJ-45 rasia saattaa vaurioitua siitä. (Engdahl 1988)

3.4 PCM

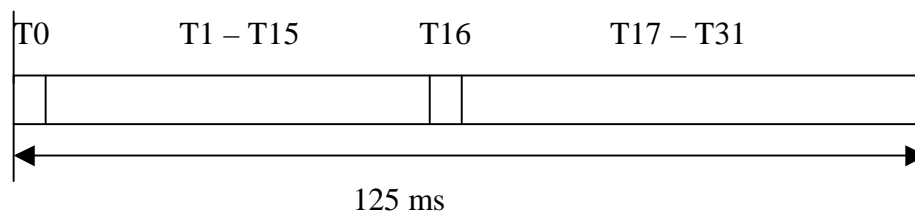
1937 patentoitiin menetelmä, jossa puhetta siirrettäessä otetaan tasavälein ääninäytteitä, jotka sitten koodattiin sähköisiksi pulsseiksi, jokaisella pulssilla on mahdollisia arvoja vain kaksi. Kun pulssit laitetaan peräkkäin, niistä muodostuu bittivirta, joka on samanlainen kuin alkuperäinen signaali, mutta niin sanotussa digitaalisessa muodossa. Tästä järjestelmästä sitten keksittiin PCM (Pulse Code Modulation) eli pulssikoodimodulaatio (Volotinen 1999, 63.).

PCM perustuu siis Shannonin näytteistysteoreemaan, jossa näytteistys suoritetaan yli kaksi kertaa suuremmalla nopeudella kuin suurin signaalin taajuus; tällä tavoin saadaan näytteisiin sisällytettyä kaikki informaatio alkuperäisestä signaalista. Koska puhelintekniikassa taajuus vaihtelee välillä (300 Hz – 3400 Hz), niin näytteistys taajuutena käytetään 8000 Hz:ä. Aina eivät välttämättä taajuudet pysy haluttuina, vaan joissakin tapauksissa voi tulla sellaisia taajuuksia, jotka ovat yli puolet näytteistystaajuudesta. Silloin tulee muita signaalikomponentteja palautettavaan signaaliin, ja sen vuoksi signaalia ei voida

palauttaa alkuperäiseen muotoonsa otetuilla näytteillä. Kaikista näistä näytteistä, jotka ovat yli puolet näytteenottotaajuudesta, joudutaan suodattamaan pois tähän kytkentään kytketyllä alipäästösuodattimella, joka on PCM-tekniikan ensimmäisessä vaiheessa. Tästä johtuen pitää jo suodatetusta signaalista ottaa uudelleen näytteistys, joka on toisena vaiheena. Tästä saadaan PAM-signaali (Pulse Amplitude Modulation), jossa näytteen amplitudin kertoo sen vakiomittaisen pylvään korkeuden tällä ajan hetkellä. (Volotinen 1999, 64.)

Kolmantena vaiheena korostetaan matalia taajuuksia, jotta hiljainen puhe voidaan muuttaa takaisin alkuperäiseen muotoonsa; tätä kutsutaan PAM-signaalin kvantisoinniksi. Neljännessä vaiheessa suoritetaan A/D muunnos, jossa analoginen signaali muutetaan digitaaliseksi, ja näytteelle annetaan arvoksi 1 tai 0, joka sitten määrää purettaessa sen, millainen signaali oli alkuperäisessä muodossa. Tämän takia näytteistä otettu signaali voidaan palauttaa täysin alkuperäiseen muotoon. Kun tätä tekniikkaa käytettiin, se osoittautuikin niin hyväksi, että sen avulla voidaan myös siirtää kuvaa. (Uotila 1998, 26.)

Eurooppalaisen PCM-järjestelmän nopeus on siis 64 kbit/s, PCM kehys sisältää 32 aikaväliä, joista kaksi on ohjausaikavälejä. Tällaista PCM-linjaa, joka kuljettaa normaalilla nopeudella kehyksiä kun siinä on 32 kehystä, kutsutaan PCM-30:ksi. 32 aikaväliä on jaettu siten, kuin kuvio 10 osoittaa. T0 on kehyksen lukitus ja T16 on merkinantoinformaatiota, aikavälit T1 – T15 ja T17 – T31 ovat puhekanavien aikavälejä.



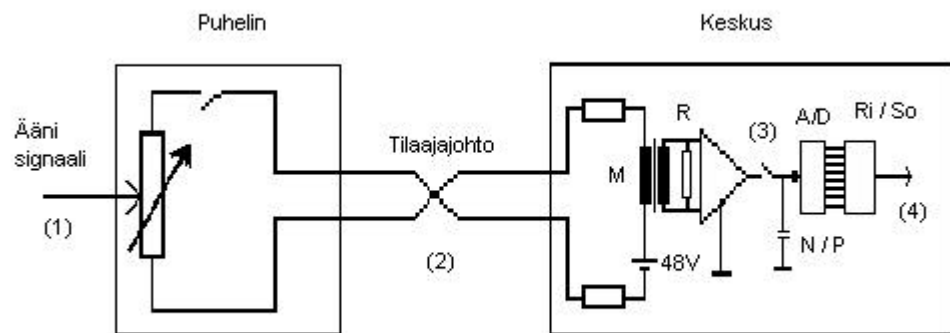
$$32 \text{ aikaväliä} * 8 \text{ bittia} * 8000 = 2048 \text{ kbit/s}$$

Kuvio 10. Eurooppalainen kehysrakenne

Kaikki näytteet ovat lukuarvoja, ja ne ovat juuri sellaisessa muodossa, mitä tietokoneet osaavat käsitellä. Laadullisesti ääni tai kuva ei heikkene siirrettäessä, vaikka sitä ei siirretäkään kokonaisuutena, vaan siitä on otettu näytepalloja. Tämän ominaisuuden takia siirrettävää materiaalia on helppo muokata oman mielen mukaan. On monta erilaista siirtojärjestelmää, jotka siirtävät näitä bittivirtoja, mutta siirtojärjestelmät eivät tiedä siirrettävän bittivirran sisällöstä mitään, ne vain siirtävät tiedon ja katsovat, että se menee perille. (Uotila 1998, 25.)

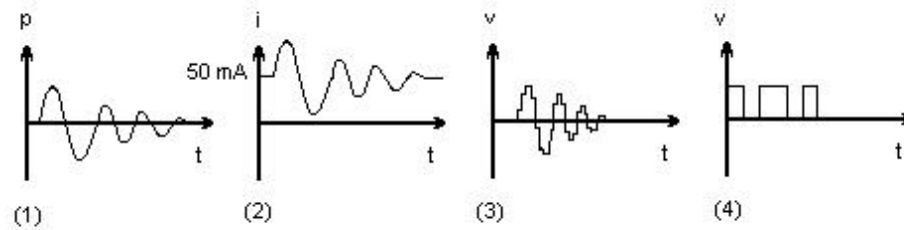
Kun ääni koodataan numeeriseen muotoon, niin sen tarkkuus muuttuu, mutta jos näytteenottojen ottamisaikaa sekä jakoväliä lyhennetään, niin sen tarkemmaksi koodattu numeerinen signaali muuttuu, eli signaalin aitous paranee. Näiden muutosten tekeminen taas vaikuttaa kasvattavasti koodisanaan ja bittivirtaan. Tämän johdosta on katsottava paras mahdollinen yhdistelmä äänen laadun ja bittivirran kapasiteetiksi. (Uotila 1998, 25.)

Kaikki alkoi puhelimen käytöstä, kun äänisignaali piti saada muuttumaan sellaiseksi, että tietokoneet voivat sitä käsitellä, se oli muutettava numeeriseen muotoon eli sellaiseksi, jolla oli vain kaksi arvoa. Esimerkiksi: miten puheäänisignaali, joka on analoginen, muuntuu bittivirraksi. Kuvio 11.



Kuvio 11. (jatkuu)

Kuvio 11 (jatkuu)



Kuvio 11. Äänisignaalin muuntuminen bittivirraksi (Uotila 1998, 26.)

PCM -koodin muodostaminen on määritetty ITU-T:n standardissa (International Telecommunication Union) –T (Telecommunication Standardization Sector) (G.711). Puhelinjohtoon tulee 48V tasajännite keskukselta, mutta virtaa siellä ei kulje ilman, että linja aukaistaan eli puhelinluuri nostetaan ylös ja kosketin sulkeutuu. Luurin mikrofonin toimii vastuksena, jonka vastusarvo vaihtelee äänipaineen vaikutuksesta (1). Resistanssiarvon muuttuessa virran arvo muuttuu samassa suhteessa kuin äänipaine (2). Tästä saadaan analoginen signaali, joka etenee lähes valonnopeudella tilaajajohtoa pitkin puhelin keskukselle. Koska ennen keskusta on tasavirtapiiri, signaali pitää erottaa tästä, mikä tehdään keskuksessa olevalla puhemuuntajalla. Signaali saadaan erotettua, mutta kun se on edelleen virran vaihtelua, niin se pitää muuttaa jännitevaihteluksi, joka sitten muuntuu kulkiessaan muuntajan jälkeen olevan vastuksen kautta (R). Signaali on heikentynyt, ja se pitää vahvistaa. Vahvistuksen jälkeen signaali kulkee näytteenottokytkimelle. Näytteenottokytkin toimii, niin että näytteenottotaajuus on 8 kHz, eli pitokytkin toimii 8000 kertaa sekunnissa varaten pitokytkimen kondensaattorin, joka jättää kondensaattoriin signaalin senhetkisen jännitearvon (3). N / P piiri tuottaa askelmaisesti vaihtelevan jännitesignaalin A/D muuntimelle, joka sitten muodostaa kondensaattorissa olevasta jännitearvosta 8-bittisen lukuarvon. 8-bittisestä luvusta ensimmäinen bitti kertoo etumerkin ja muut bitit, mikä negatiivisen tai positiivisen puolen 128:sta jakovälistä oli se, johon näytteen arvo osui. Tämän jälkeen kun tieto on muutettu numeeriseksi, sitä ei kytketä eteenpäin rinnakkaismuodossa, koska jokaisella bitillä pitäisi olla oma johdin, vaan tämä tehdään sarjamuodossa peräkkäin yhtä

johdinta pitkin toinen toisensa perään (4). Muutos, jossa tämä toimenpide tehdään, on kuviossa Ri/So (Rinnan sisään ja Sarja ulos). Järjestyksessä ensin menee etumerkkibitti ja viimeiseksi vähiten merkitsevä bitti. Kun kaikki kohtien 1, 2 ja 3 signaalit ovat samassa ajallisessa mittakaavassa, kohdan 4 bittivirta ei ole, vaan sen tulee kuljettaa kaikki 8 bittiä jokaisen näytteenottovälin aikana. (Uotila 1998, 26.)

Kun PCM järjestelmät ovat specifioituja, niin tiedonsiirrot Euroopan eri maiden välillä eivät aiheuta ongelmia, koska järjestelmät ovat suoraan yhteensopivia keskenään. Kuitenkin eri mannerten välisiin yhteyksiin tulee ongelmia, esim. nopeudet, merkinannot ja puheenkoodaustavat. Näistä ongelmista selvittää, kun puretaan yhteys kaikkein alimmalle tasolle ja koodataan se sen jälkeen toisen järjestelmän mukaiseksi. (Uotila 1998, 27.)

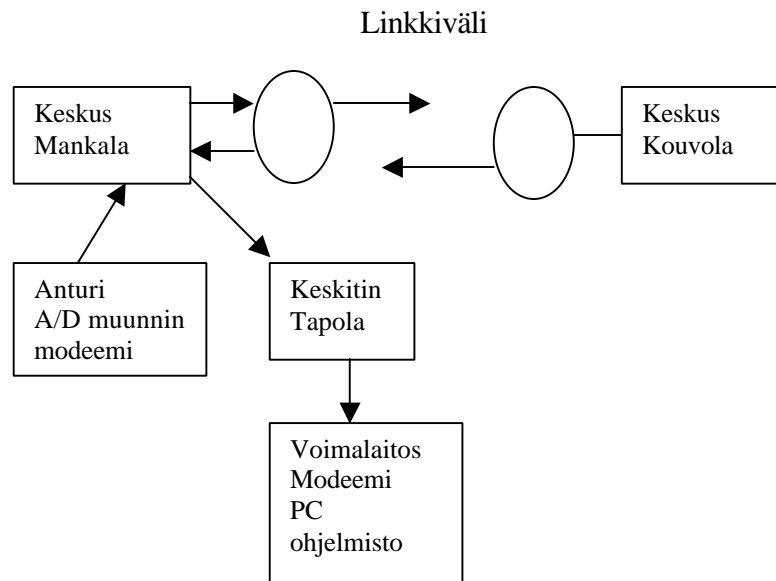
4. KÄYTÖSSÄ OLEVIEN TIETOLIIKENNEYHTEYKSIEN VERTAILU

4.1. Kiinteä puhelinyhteys

Käytössä olevista liikennöintiväylistä on vanhin kiinteätä puhelinverkkoa käyttävä puolikiinteä yhteys. Siinä käytetään datamodeemeja, joiden nopeus on vain 300 bit/s. Tässä ei tarvita nopeampaa tiedonsiirtoa, kaikkein tärkein ominaisuus on siirrettävän tiedon virheettömyys. Vesialtaan koko on tässä tapauksessa rajallinen, koska mittapiste on kapean jokiuoman yläpäässä ja vesivoimalaitos taas alapäässä, eli ei ole mahdollisuutta käyttää suurta varastoallasta apuna, vaan veden pinnan vaihtelut tulevat erittäin nopeasti virtausmuutosten johdosta. Paikkaan, jossa mittauspiste sijaitsee, on tehty toimiluvan mukainen pintojen säännöstely piste, joka on 74,00 m merenpinnasta. Vuorokautinen vaihtelu ei saa ylittää kymmentä senttimetriä.

Käytännössä, kun valvonta tapahtuu vielä itse voimalaitoksella, voidaan käydä tarkastamassa oikea pinnan korkeus kiinteistä mitta-asteikoista. Nykypäivän automaatiolla voidaan tämä kaikki suorittaa myös automaattisesti, koska tällä hetkellä valvonta tehdään paikanpäällä ja generaattoreita voidaan käyttää tehosäädöllä, eli virtausta muutetaan tehon muutoksella. Mutta kun aletaan käyttää pintasäätöautomaatiikkaa, siinä tulee esille tulevan tiedon tarkkuus. Säätöautomaatiikka tekee tarvittavat virtausmuutokset, lisäten tai vähentäen veden virtausmäärää, jolloin vedenpinnat pysyisivät siinä, missä toimilupa edellyttää niiden pysyvän.

Kuviossa 9 oli kiinteän puhelinverkon periaatekuvio, joka on lähes samanlainen kuin tässä tapauksessa. Ainoana erona oli vain, ettei signaali mene suoraan lankaa pitkin Kouvolan keskukselle, joka on alueen pääkeskus, vaan siellä on välillä myös linkkiyhteys kuten kuviossa 12.



Kuvio 12. Peruskuvio mittaviestin reitistä.

Kuvio 12 kuvaa mittausta paikkaa, josta signaali lähtee linjaa pitkin Mankalan keskukselle, josta se sitten siirtyy linkkiyhteytenä Kouvolan aluekeskukselle. Sieltä signaali palaa takaisin linkin kautta Mankalan keskukselle, josta sitten lankaa pitkin Tapolan keskittimelle ja sieltä voimalaitokselle valvomon PC:lle, jossa signaali muutetaan valvomo ohjelmistossa mitta arvoksi.

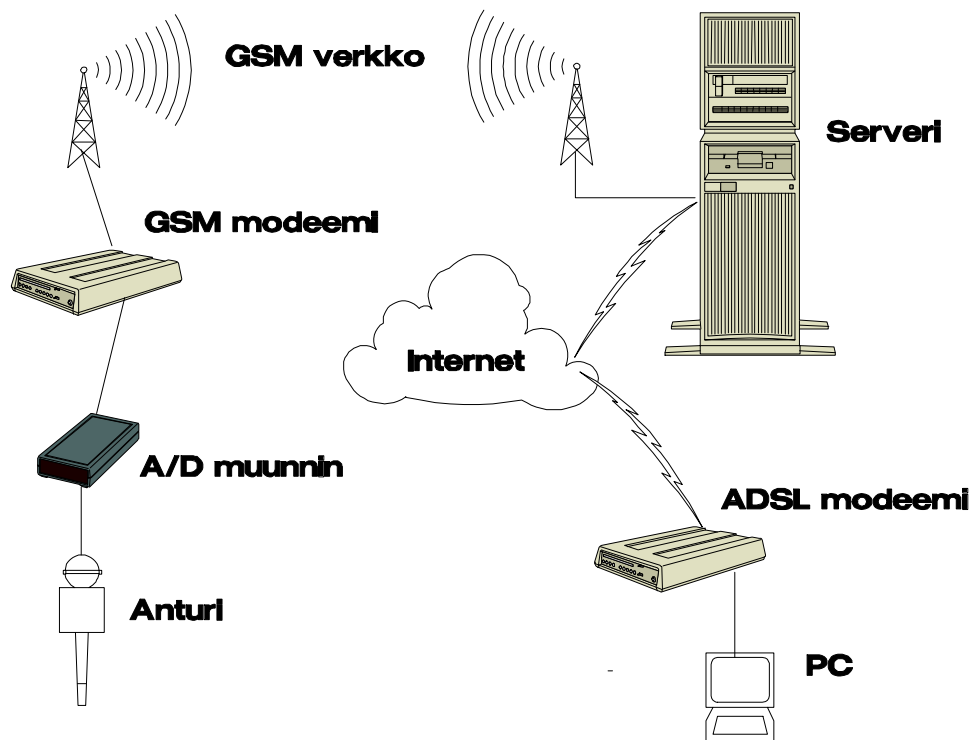
Yhteydessä on ollut erilaisia häiriöitä, suurimmaksi häiriöiden aiheuttajaksi ovat muodostuneet poikkeukselliset sääolosuhteet; kirkas auringonpaiste tai sumu ovat vaikuttaneet linkkiyhteyteen katkoen sitä, sähkönsyöttökatkosten vuoksi on mittausaseman laitteet menneet toimintakyvyttömiksi ja ukkosenilman salamointi on katkaissut yhteyden polttamalla ylijännitesuojan sulakkeet.

4.2 GSM

GSM:ää käytetään on myös vedenpinnan mittauksissa, sitä käytetään tällä hetkellä vähemmän tärkeän pinnan mittaukseen. Tieto haetaan neljä kertaa vuorokaudessa. Tällä tiedolla seurataan jokiuoman yläpäässä olevan järven pintaa ja sen muutoksia.

Mittauspisteessä on anturi, joka mittaa pinnan korkeuden ja lähettää tiedon muuntolaitteelle muuntaen sen sopivaksi GSM-modeemille. Modeemi soittaa keskukselle ja saatuaan vastauksen lähettää ASCII-muotoisen (American standard code for information interchange) viestin palvelimen tietokantaan, jossa operaattorin omat tietokantaohjelmistot muuttavat sen Internetmuotoon. Tästä se sitten lähtee sähköpostina sähköpostipalvelimelle.

Tässä järjestelmässä suurimpana ongelmana ovat palvelinpään ongelmat, jotka aiheutuvat yleensä liian suurista liikennemääristä. Kaikkein pisin katkos oli, kun Lahden kaupungissa satoi vettä niin paljon, että puhelinyhtiön kaapelit kastuivat. Vaikka tässäkin on kyseessä langaton järjestelmä, niin ongelma tulee keskuksilla ja palvelimilla, joissa yhteydet ovat langoilla. Joitakin vikoja on ollut sähköposti palvelimen tai Internetpalvelimen ollessa jumiutuneena, yleensä nämä viat ovat korjautuneet muutamissa tunneissa



Kuvio 13. Käytössä oleva peruskuvaa GSM-yhteydestä.

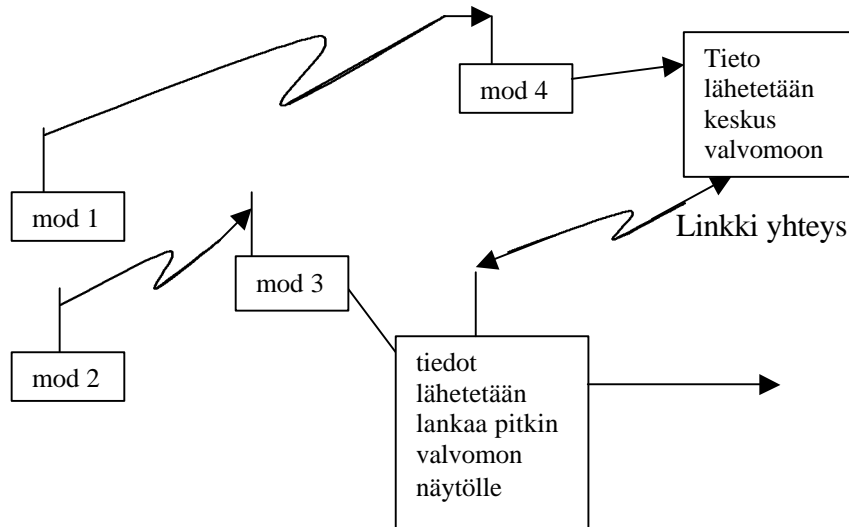
Perustieto lähtee anturilta, joka on analogista tietoa vedenpinnan korkeudesta, jonka vaihteluväli on puoli metriä, joka on sama kuin anturin mitta-alue. Anturin jälkeen oleva A/D-muunnin muuttaa analogisen signaalin digitaalseksi, josta signaali menee GSM-modeemille. Tieto tulee anturilta reaaliaikaisena jatkuvasti, mutta tieto tästä vesipinnan korkeudesta lähetetään vain neljä kertaa vuorokaudessa, kuten modeemi on ohjelmoitu. Modeemi soittaa tavallisen GSM-puhelun, ja kun puhepalvelin vastaa, niin modeemi lähettää ASCII-muotoa olevan signaalin palvelimelle. Käytössä on vanha IBM:n järjestelmä, jossa järjestelmän omat ohjelmat ohjaavat tulleen viestin tietokantaan. Tietokannassa olevat omat ohjelmat sitten muokkaavat signaalia siten, että se lähetetään Internet-palvelimella sähköpostiviestinä haluttuun osoitteeseen, minkä jälkeen voidaan lukea sähköpostiviesti, joka antaa suoraan numeroarvon vedenpinnan korkeudesta merenpintaan nähden.

Modeemi on ohjelmoitu lähettämään tietyin väliajoin tietoa eteenpäin. Modeemilla on oma GSM numeronsa, johon voi soittaa. Tiettyjen näppäinyhdistelmien avulla voidaan aktivoida modeemi lähettämään pinnankorkeustiedon eteenpäin, ja tästä saadaan koska tahansa tieto järven pinnan korkeudesta.

Järjestelmässä on myös Internet-sivut ja jokaisella käyttäjällä on omat käyttäjätunnukset, joilla pääsevät kirjautumaan sivuille. Sen kautta saadaan selville vedenpinnan korkeus pitemmältä aikajaksolta taaksepäin, näin vedenpinnan käyttäytymistä voidaan seurata.

4.3 Radiomodeemiyhteys

Radiomodeemi on ollut kaikkein vähiten aikaa käytössä. Sen toiminta on ollut kaikkein häiriöttömämpää sen toimiessa vanhan NMT-verkon taajuuksilla.



Kuvio 14. Reitityskuvio

Kahdelta radiomodeemilta tulevat tiedot kulkevat radioteitse, ja yhteys on koko ajan auki. Käytössä on kaksi kanavaa: toinen näistä (mod 2) lähettää Tammijärven pinnan mittaukset ja mod 1:ltä tulee Ahvenkoskenvoimalaitoksen yläjuoksulla olevan Hellinkosken pinnankorkeusarvo. Mod 2:lta lähtee Tammijärven pinnan mitta-arvo sitten Klåsarön voimalaitokselle (mod 3):n kautta, (mod 3):n toimiessa vastaanottimena signaali menee Klåsarön voimalaitoksen näyttötauluun, josta signaali syötetään vanhaan linkkiyhteyteen ja sieltä Ahvenkosken voimalaitokselle valvomon PC:lle valvomo-ohjelmistoon. Mod (1):stä tieto kulkee sitten Ahvenkosken valvomoon mod 4:n kautta, joka on aivan voimalaitoksen läheisyydessä. Erilaiset toimintaohjaukset voidaan hoitaa sieltä, mutta varsinainen ohjaus ja valvonta tapahtuvat Inkeröisissä Stora- Enson höyryvoiman valvomossa. Toimintavarmuus on erittäin hyvä, koska näissä yhteyksissä ei ole ollut muita katkoksia, kuin ainoastaan anturilta modeemille mekaanisia liitosvikoja, sekä satunnaisia sähkönsyöttökatkoksia, jotka ovat katkoneet tiedonkulkua. Ainoa haittapuoli on tässä järjestelmässä, että modeemien antennilla pitäisi olla lähes näköyhteys, jotta toiminta olisi mahdollisimman tehokasta, mikä tekee rajoituksia näiden käyttöön. Maastoesteiden takia antennien suunnittelu on hankalaa, eteen tulevien kustannuslaskelmien kautta ja siitä miten antennimastojen alle saadaan hankittua maapohja.

5 YHTEENVETO

Koska tekniikka kehittyy kovalla vauhdilla ja kaikessa lasketaan taloudellisuus, niin kiinteää puhelinverkkoon liitettyä järjestelmää ei todennäköisesti otettaisi käyttöön kuin hyvin pakottavassa tilanteessa eli sellaisessa, jos langatonta ei pystytä tekemään tai sen kustannukset tulisivat vieläkin kalliimmiksi kuin kiinteän puhelinverkkoyhteyden. Kiinteä puhelinverkko on lähes koko maan kattava, mutta on paikkoja joihin pitää vetää pitkiäkin puhelinlankapareja, jotta saadaan tiedonsiirtoyhteys.

GSM-yhteyden ongelmat ovat myös hyvin pitkälle sääolosuhteista riippuvia, koska tukiasemien välisiä yhteyksiä voivat haitata erilaiset heijastukset, vaimennukset sekä vääristymät, jotka vaikeuttavat signaalin kulkua. GSM-verkon ongelmana ovat vielä palvelinongelmat. Koska palvelimen asiakkaita on lukumääräisesti paljon, saattaa joissakin tapauksissa tulla niin suuri ruuhkapiikki, että palvelin ruuhkautuu eivätkä puhelut ja data mene sen kautta läpi. Mittaviesti tulee epämääräisenä tai sen arvo on nolla. Jos mittasignaalin arvo on nolla tai mittausalueen alarajalla, niin valvomo-ohjelmisto katsoo vedenpinnan olevan liian alhaalla, jolloin automatiikka vähentää turpiinin läpivirtaavan veden juoksutusmäärää. Tästä väärästä mittasignaalista voi olla seurauksena se, että vedenpinta nousee yli toimilupaehtojen.

Radiomodeemeille suurimmat ongelmat tulevat geologisista maan muodostumista, jotka estävät antennille lähes tarvittavan näköyhteyden. Jos radiomodeemilähetin viedään 40 km:n etäisyydelle maastoon, nykytekniikalla sinne ei tarvitse vetää sähkönsyöttöä, koska aurinkopaneelilla ja akuilla voidaan saada modeemin käyttö sähkö. Tarvittaville toistinasemille voidaan suorittaa vastaavat järjestelyt. Jos maasto-olosuhteet ovat tasaiset, niin tässä voidaan pärjätä ilman toistinasemaa nostamalla antennia ylöspäin ja lisäämällä sen vahvistusta.

Vertailun ja tutkimuksen tuloksena radiomodeemilla oli parhaimmat toimintaedellytykset, vaikkakin radiomodeemin toiminnassa oloaika oli kaikkein lyhin. Toimintavarmuus radiomodeemissa oli kuitenkin huomattavasti suurempi

kuin kiinteässä puhelinverkossa ja GSM-verkossa. Radiomodeemien välisessä yhteydessä ei ole ollut toimintahäiriöitä, kaikki tiedonsiirtokatkokset ovat johtuneet sähköverkon katkoksista, joita on ollut erittäin harvoin. Tällä hetkellä radiomodeemeille kehitellään uusia käyttökohteita. Radiomodeemeille käyvät periaatteessa kaikki sellaiset kohteet, joissa siirretään pieniä määriä dataa pitkien välimatkojen päähän, joihin kaapeliyhteyden veto olisi taloudellisesti kannattamatonta rakentaa.

LÄHTEET

Engdahl, T. Puhelinliittymän tekniikka [verkkodokumentti] Helsinki: Helsingin tekninen korkeakoulu, 1988 [viitattu 15.2.2006] saatavissa:

<http://users.tkk.fi/~then/mytexts/puhelin.html>

Granlund Kaj. 2001. Langaton tiedonsiirto. Docendo Finland Oy. WS Bookwell Porvoo.

Rikalainen Jyrki, Seppinen Jorma. 1995. Modeemin käyttö, Teknolit Oy, Gummerus kirjapaino Oy Jyväskylä.

Satel Oy. 2004. Sateline –3AS Radiomodeemi käyttöohjekirja, versio 2.5. Satel Oy Salo.

Uotila Pekka. 1998. Tietoliikenteen tekniikka. Verkot ja Protokollat. Suomen ATK-kustannus. Gummerus kirjapaino Oy Jyväskylä.

Volotinen Vesa. 1999. Tietoliikenne. Televerkot ja päätelaitteet. Werner Söderström Oy Porvoo.