

Ahmed Mohamed

Mobiiliverkko ja mobiilirahapalvelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

10.5.2016

| | |
|--|--|
| Tekijä Otsikko | Ahmed Mohamed Mobiiliverkko ja mobiilirahapalvelu |
| Sivumäärä Aika | 32 sivua + 1 liite 10.5.2016 |
| Tutkinto | Insinööri (AMK) |
| Koulutusohjelma | Tietotekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | Tietoliikenne |
| Ohjaaja | Yliopettaja Tarmo Anttalainen |
| <p>Insinööriyössä tutkittiin mobiiliverkon ja mobiilirahapalvelun toimintaa. Mobiililaitteet ovat vahvasti esillä arjen jokapäiväisessä toiminnassa, ja aihe vaikutti ajankohtaiselta. Työllä ei ollut tilaajaa, vaan se toteutettiin oman mielenkiinnon pohjalta.</p> <p>Työssä perehdyttiin mobiiverkkojen historiaan ja kehitykseen. 1990-luvulla langatonta tiedonsiirtoa on kehitetty kiivaasti. Työssä myös perehdyttiin 3G:n rakenteeseen ja toimintaan. Työssä selvitettiin 3G:n käyttämän CDMA-tekniikan toimintaa ja tutustuttiin Telesom ZAAD -palveluun. CDMA on yksi radiotekniikka, jota käytetään matkapuhelinjärjestelmissä. Telesom ZAAD -palvelu on Telesomin julkaisema palvelu mobiiliin maksupalveluun. Palvelua käytetään Somalimaassa, joka sijaitsee Itä-Afrikassa.</p> <p>Työn tarkoitus on kasvattaa ymmärrystä mobiiliverkoista ja Telesom ZAAD -palvelun toiminnasta. Telesom ZAAD -palvelu on saanut paljon positiivista palautetta kansainvälisesti.</p> | |
| Avainsanat | GSM, 3G, CDMA, Telesom ZAAD -palvelu |

| | |
|---|--|
| Author Title | Ahmed Mohamed The mobile network and mobile payment |
| Number of Pages Date | 32 pages + 1 appendice 10 May 2016 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Information Technology |
| Specialisation option | Telecommunications and Data Networks |
| Instructor | Tarmo Anttalainen, Principal Lecturer |
| <p>The aim of this bachelor's thesis is to discuss mobile network operations and mobile payment. Mobile devices are strongly present in everyday life and everyday activities. This thesis had no subscriber.</p> <p>The aspects discussed in this thesis relate to the history of mobile networks and their development. In 1990's wireless data transmission has developed vigorously. This was followed by the construction of 3G and its operation. Other aspects examined in the thesis are CDMA technology that is used by 3G technology and the Telesom ZAAD service. CDMA is one of the radio technologies used in mobile telephone systems. The Telesom ZAAD service was launched by a company called Telesom and it is a mobile money service. The service is available in Somaliland located in East Africa. It has received a lot of positive feedback internationally.</p> <p>The goals of the thesis was achieved as the thesis provides greater understanding of mobile networks and the Telesom ZAAD service.</p> | |
| Keywords | GSM, 3G, CDMA, Telesom ZAAD service |

Sisällys

Lyhenteet

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Matkapuhelinjärjestelmien historia | 2 |
| 2.1 | Ensimmäinen sukupolvi | 2 |
| 2.2 | Toinen sukupolvi | 3 |
| 2.3 | 2.5-sukupolvi | 3 |
| 3 | 3G-matkapuhelinjärjestelmä | 5 |
| 3.1 | WCDMA-standardi | 6 |
| 3.2 | 3GPP-organisaatio | 6 |
| 4 | WCDMA-radorajapinta | 8 |
| 4.1 | Radioteiden kanavointijärjestelmät | 8 |
| 4.2 | WCDMA:n toimintaperiaate | 11 |
| 4.3 | RAKE-vastaanotin | 12 |
| 4.4 | Tehonohjaus | 13 |
| 5 | 3G-verkon toiminta | 14 |
| 5.1 | Pehmeä kanavanvaihto | 14 |
| 5.2 | SRNS-radioverkko | 17 |
| 5.3 | Kova kanavanvaihto | 20 |
| 5.4 | Järjestelmien välinen kanavanvaihto | 21 |
| 6 | Mobiilimaksaminen | 22 |
| 6.1 | SMS-maksu | 22 |
| 6.2 | Suoraveloitusmaksu | 22 |
| 6.3 | Mobiiliverkkomaksu | 23 |
| 6.4 | NFC-lähimaksaminen | 23 |
| 7 | Mobiiliverkon teknologia Afrikassa | 24 |
| 8 | Telesom ja Telesom ZAAD -palvelu | 26 |

| | | |
|----|------------------------------|----|
| 9 | ZAAD-palvelun käyttö | 28 |
| 10 | Yhteenveto | 30 |
| | Lähteet | 31 |
| | Liitteet | |
| | Liite 1. Tietoa Somalimaasta | |

Lyhenteet

| | |
|--------|--|
| 1G | Matkapuhelinjärjestelmien ensimmäinen sukupolvi. Järjestelmät ovat analogisia. |
| 2G | Matkapuhelinjärjestelmien toinen sukupolvi. Järjestelmät ovat digitaalisia. |
| 2.5G | 2G-teknologiasta kehitetty laajennus, jonka avulla on saatu parannettua datapalvelun ja radioyhteyden suorituskykyä. |
| 3GPP | 3rd Generation Partnership Project. Eri standardointijärjestöjen yhteistyöorganisaation, jonka avulla pyritään luomaan yhteisiä teknisiä määrittelyjä. |
| 8PSK | 8 Phase Shift Keying. 8-vaiheavainnusmodulointimenetelmä, jota EDGE käyttää. |
| AMPS | Advanced Mobile Phone Service. Analoginen matkaviestinnän järjestelmä, jota käytettiin Amerikassa. |
| ARIB | Association of Radio Industries and Businesses. Japanilainen radion ja televiestinnän standardointijärjestö. |
| CATT | China Academy of Telecommunication Technology. Kiinalainen telealan organisaatio. |
| CDMA | Code Division Multiple Access. Koodijakokanavointi, joka on yksi radioteiden kanavointijärjestelmiä. |
| C-Netz | Radio Telephone Network C. Analoginen matkaviestinnän järjestelmä, jota käytettiin Saksassa. |
| CWTS | China Wireless Telecommunication Standard. Organisaatio, joka määrittelee sekä tuottaa ja ylläpitää langattoman tietoliikenteen standardeja Kiinassa. |
| D-AMPS | Digital Advanced Mobile Phone Service. Toisen sukupolven digitaalinen matkapuhelinjärjestelmä, jota käytettiin Amerikassa ja Israelissa. |

| | |
|----------|---|
| Downlink | Tiedonsiirtosuunta tukiasemalta päätelaitteelle. |
| DPCCH | Dedicated Physical Control Channel. Radiokanava, jolla siirretään verkon käyttäjien kanavien ohjaustietoa. |
| DRNC | Drift Radio Network Controller. Radioverkko-ohjain, johon yhteyden siirtyminen tapahtuu. |
| DS-CDMA | Direct Sequence Code Division Multiple Access. Monipääsyperiaate, joka perustuu DS-SS:iin, ja se on yksi CDMA:n tyypeistä. |
| DS-SS | Direct Sequence Spread Spectrum. CDMA:n käyttämä tekniikka, jossa kanavointi toteutetaan käyttäjäkohtaisilla koodilla. |
| EDGE | Enhanced Data rates for GSM Evolution. Radiotekniikka, joka parantaa GPRS:n suorituskykyä. |
| ETSI | European Telecommunication Standards Institute. Eurooppalainen tiedonsiirron standardisointijärjestö. |
| FDD | Frequency-division duplex. Taajuusjakoinen duplexointitekniikka, jossa lähetin ja vastaanotin toimivat eri kanta-aaltotaajuuksilla. |
| FDMA | Frequency-Division Multiple Access. Järjestelmä, jossa sen käyttäjillä on omat kanta-aaltotaajuudet. |
| FER | Frame Error Rate. Vastaanotettujen virheellisten kehysten suhde vastaanotettujen kehysten kokonaismäärään. |
| FH-SS | Frequency Hopping Spread Spectrum. Taajuushyppelyyn perustuva hajapektritekniikka. |
| GPRS | General Packet Radio Services. Pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu, joka toimii GSM-verkossa. |
| GSM | Global System for Mobile Communication. Matkapuhelinjärjestelmä, jota käytetään maailmanlaajuisesti. |

| | |
|--------|---|
| GSMK | Gaussian Minimum Shift Keying. Digitaalisen viestinnän modulointimenetelmä, jota GSM ja GPRS käyttävät tekniikkanaan. |
| HO | Handover. Kanavanvaihto. Prosessi, jossa käynnissä oleva puhelu tai dataistunto samassa tai viereisessä tukiasemassa siirretään toiseen kanavaan. |
| HSCSD | High Speed Circuit Switched Data. Laajennus GSM-verkolle. Mahdollistaa nopeamman tiedonsiirron verkon ja päätelaitteen välillä. |
| ID | Tunniste. |
| M-Pesa | Mobile Pesa. Matkapuhelimen palvelu, jossa voi tehdä rahansiirtoa. Käytetään mm. Keniassa ja Tansaniassa. |
| MSC | Mobile Switching Center. Matkapuhelinkeskus. |
| NFC | Near Field Communication. Lähimaksupalvelu, jota käytetään älypuhelimissa. Euroopassa lähimaksupalvelua on tuotu MasterCard- ja Visa-kortteihin. |
| NMT | Nordic Mobile Telephone. Radiopuhelinverkko, jota käytettiin kaikissa Pohjoismaissa. |
| Node B | Solmu B. Tukiasema. |
| OFDM | Orthogonal Frequency-Division Multiplexing. Tehokas tiedonsiirtotekniikka, jota käytetään lähes kaikissa uusissa tietoliikennejärjestelmissä. |
| PayPal | Internetissä käytettävä maksujenvälitysjärjestelmä. |
| P2P | Peer to peer. Vertaisverkko, jossa kaikki tahot ovat tasavertaisesti kytkeytyneenä toisiinsa. |
| PDC | Personal Digital Cellular. Toisen sukupolven digitaalinen matkapuhelinjärjestelmä, jota käytettiin pääosin Japanissa. |

| | |
|----------|--|
| QR-koodi | Quick Responce. Ruutukoodi, joka on kaksiulotteinen kuviokoodi. |
| RAKE | Radiovastaanotin, jonka tarkoituksena on torjua monitiehäipymisen vaikutusta. |
| RNC | Radio Network Controller. Tärkeä osa UTRAN-verkkoa, jonka tehtäviin kuuluu ohjata B-solmuja, jotka ovat kytkettynä siihen. |
| SDMA | Space-Division Multiple Access. Langattoman tietoliikenneverkon tekniikka, jossa käytetään useita lähetys- ja vastaanotinantenneja. |
| SHO | Soft Handover. Pehmeä kanavanvaihto. Matkapuhelin on yhdistettynä useaan soluun samanaikaisesti yhden puhelun aikana. |
| SIR | Signal-to-interference ratio. Signaali-häiriösuhde. |
| SMS | Short Message Service. Tekstiviestipalvelu. |
| SRNS | Serving Radio Network Subsystem. Radioverkko, jonka kautta data siirretään kunakin ajanhetkenä. |
| SSDT | Site Selection Diversity Transmit Power Control. Radioverkon määrittely, josta vain paras tukiasema aktiivisesta ryhmästä lähettää ja muut eivät. |
| TACS | Total Access Communication System. Analoginen matkaviestinnän järjestelmä, jota käytettiin Isossa-Britanniassa ja useissa eri valtioissa. |
| TCP | Transmission Control Protocol. Internetissä käytettävä tietoliikenneprotokolla. |
| TDD | Time-division duplexing. Aikajakoinen dupleksointitekniikka, jossa uplink erotetaan downlink-kanavasta jakamalla ne eri aikaväleihin samalla taajuuskaistalla. |
| TDMA | Time Division Multiple Access. GSM-verkoissa käytettävä aikajakokanavointi, jonka avulla jaetaan radiotien kanavia. |

| | |
|----------|--|
| TD-SCDMA | Time Division Synchronous Code Division Multiple Access. 3G:n standardi, joka on otettu käyttöön Kiinassa. |
| TTA | Telecommunication Technology Association. Telealan eteläkorealainen standardointijärjestö. |
| TTC | Telecommunication Technology Committee. Telealan japanilainen standardointijärjestö. |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunications System. 3G-järjestelmä, joka perustuu GSM:n radioverkkoon tai rakentuu GSM:n pohjalle. |
| Uplink | Tiedonsiirtosuunta maa-asemalta satelliitille tai päätelaitteelta tukiasemalle. |
| UTRA | Universal Terrestrial Radio Access. 3GPP:n määrittelemä standardi 3G-radioverkolle. |
| W-CDMA | Wideband Code Division Multiple Access. Radiorajapinta, jota käytetään UMTS-verkoissa. |

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on mobiiliverkko ja Telesom ZAAD -palvelu. Siinä on yhdistetty kaksi mielenkiintoista komponenttia, jotka koostuvat teknologiasta ja palvelusta. Palvelu ei juurikaan ole käytössä Suomessa, ja sen takia se vaikuttaa mielenkiintoiselta. Halusin itse henkilökohtaisesti tutustua matkapuhelinverkon teknologiaan ja sen historiaan. Telesom ZAAD -palvelun toimintaa on paljon hehkutettu kansainvälisesti, ja monet IT-alan uranuurtajat ovat antaneet myönteistä palautetta, muun muassa Bill Gates. Työllä ei ole tilaajaa, vaan se toteutetaan oman mielenkiinnon pohjalta.

Työn aihe on rajattu siten, että aluksi tutustutaan matkapuhelinjärjestelmien historiaan, minkä jälkeen tutustutaan hieman 3G:n järjestelmiin. Sitten paneudutaan CDMA-radio-tekniikan toimintaan. Lopuksi tutustutaan matkapuhelinjärjestelmien kehitykseen Afrikassa ja Telesom ZAAD -palveluun.

Opinnäytetyön tavoitteena on kasvattaa tietämystä mobiiliverkoista ja Telesom ZAAD -palvelun rakenteesta. Tutustun eri lähteiden avulla työn aiheeseen. Toivon hyödyntäväni oppimiani taitoja omassa ammatissa tulevaisuudessa.

2 Matkapuhelinjärjestelmien historia

2.1 Ensimmäinen sukupolvi

Ensimmäisen sukupolven mobiilijärjestelmä otettiin käyttöön 1980-luvulla. Ensimmäinen sukupolvi ei ollut mobiiliviestinnän alku, vaan sitä ennen oli olemassa radiopuhelinverkoja. Radiopuhelinverkkojen kapasiteetti oli alhaisempi kuin kiinteiden puhelinverkkojen. Radiopuhelinverkot eivät tukeneet maan-tai maailmanlaajuisia liikkuvuutta. [1.]

Matkapuhelinverkkojärjestelmien kattavuusalue on jaettu pieniin soluihin siten, että samoja taajuuksia voidaan käyttää useita kertoja verkossa ilman, että samaa taajuutta käyttävät häiritsevät toisiaan. Tämä lisää järjestelmän kapasiteettia. Ensimmäisen sukupolven puhelinverkoissa käytettiin analogista lähetystekniikkaa liikenteelle. Liikenne oli lähes kokonaan puhelinliikennettä. [1.]

Ensimmäisessä sukupolvessa ei ollut hallitsevaa standardia. Useat standardit kilpailivat keskenään. Parhaiten menestyneet standardit olivat Nordic Mobile Telephone (NMT), Total Access Communication System (TACS) ja Advanced Mobile Phone Service (AMPS). Monia muita standardeja oli kehitetty, ja niitä käytettiin vain yhdessä maassa, kuten C-Netz Länsi-Saksassa ja Radiocomm 2000 Ranskassa. [1.]

NMT:tä käytettiin aluksi Skandinaviassa, ja myöhemmin sitä käytettiin Keski- ja Etelä-Euroopassa. Sitä käytettiin siihen aikaan kahdessa variaatiossa: joko se oli NMT 450 tai NMT 900. NMT 450 oli vanhempi järjestelmä ja siinä käytettiin 450 MHz:n taajuuskaistaa. NMT 900 oli uudempi järjestelmä, ja siinä käytettiin 900 MHz:n taajuuskaistaa. NMT:n palvelut tarjosivat siihen aikaan kansainvälisen verkkovierailun. TACS on Ison-Britannian standardi, ja sitä käytettiin myöhemmin Lähi-idän maissa ja myös Etelä-Euroopan maissa. TACS:n käyttö perustuu AMPS-tekniikkaan ja siinä käytettiin 900 MHz:n taajuuskaistaa. AMPS on Yhdysvaltojen standardi, ja siinä käytettiin 800 MHz:n radio-taajuutta. AMPS:n käyttö levisi myöhemmin Etelä-Amerikkaan, Australiaan ja Uuteen-Seelantiin. [1.]

Ensimmäinen sukupolvi on edelleen vähäisessä määrin käytössä. Maissa, jossa on kehittyneempi tietoliikenteen infrastruktuuri, ensimmäinen sukupolven järjestelmät eivät ole enää käytössä. Niiden arvokkaita taajuusalueita voidaan käyttää tehokkaammin digitaalisella tekniikalla. Suomessa NMT 900-verkko suljettiin jo vuonna 2000. [1.]

2.2 Toinen sukupolvi

Toisen sukupolven mobiilijärjestelmää kutsutaan myös nimityksellä 2G. Kaikki lähetettävä informaatio on digitaalisessa muodossa. Tämä on suurin ero ensimmäisen ja toisen sukupolven järjestelmissä. 2G-järjestelmässä on suurempi kapasiteetti kuin ensimmäisen sukupolven järjestelmässä. Taajuuskanavaa on jaettu aikajakoisesti useille eri käyttäjille. Solut ovat jakautuneet hierarkkisesti järjestelmässä muun muassa makrosoluihin, mikrosoluihin ja pikosoluihin. Ensimmäiseen sukupolveen verrattuna järjestelmässä oli suurempi kapasiteetti ja maailmanlaajuinen liikkuvuuden hallinta. [1.]

2G-järjestelmässä oli neljä päästandardia: Global System for Mobile Communications (GSM), digital AMPS (D-AMPS), code division multiple access (CDMA) ja personal digital cellular (PDC). GSM-järjestelmä oli varsin menestynyt, ja sitä käytettiin laajalti. GSM-järjestelmässä käytettiin aluksi 900 MHz:n taajuuskaistaa. Myöhemmin on alettu käyttää 1800 MHz:n taajuuskaistaa kapasiteetin lisäämiseksi. D-AMPS-järjestelmää käytettiin Yhdysvalloissa, Israelissa ja myös Aasian maissa. AMPS oli kokonaan analoginen järjestelmä. D-AMPS-järjestelmässä käytettiin analogista ohjauskanavaa, mutta puhekanavaa muutettiin digitaalseksi. D-AMPS-järjestelmässä käytettiin 850 MHz:n taajuuskaistaa. IS-95 (CDMA):n kehitti yhdysvaltalainen yhtiö Qualcomm. CDMA-järjestelmässä samalla taajuudella olevissa lähetyksissä käytetään erilaisia koodeja. CDMA:ia käytettiin Yhdysvalloissa, Etelä-Koreassa, Japanissa, Singaporessa ja monissa Aasian maissa. PDC oli japanilainen 2G:n standardi. Järjestelmässä käytettiin 800 MHz:n ja 1500 MHz:n taajuuskaistaa. Järjestelmä on digitaalinen, mutta yhteensopiva aiemman analogisen verkon kanssa. PDC:tä käytettiin Japanissa. [1.]

2.3 2.5-sukupolvi

2.5-sukupolven järjestelmä on 2G:n kehittyneempi versio, ja ne ovat toiminnaltaan hyvin lähellä toisiaan. 2.5G:n GSM-järjestelmässä on vähintään yksi näistä teknologiasta: high-speed circuit-switched data (HSCSD), General Packet Radio Services (GPRS) ja Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE). [1.]

2G:n GSM-järjestelmässä oli alhainen ilmarajapinnan datanopeus. Yleinen GSM-palvelun käyttäjällä oli 9.6 kbps:n datanopeus. HSCSD tuo nopeutta järjestelmään. GSM:ssä käytettiin aikaisemmin yhtä aikaväliä datayhteyden luomiseen. HSCSD käyttää useita

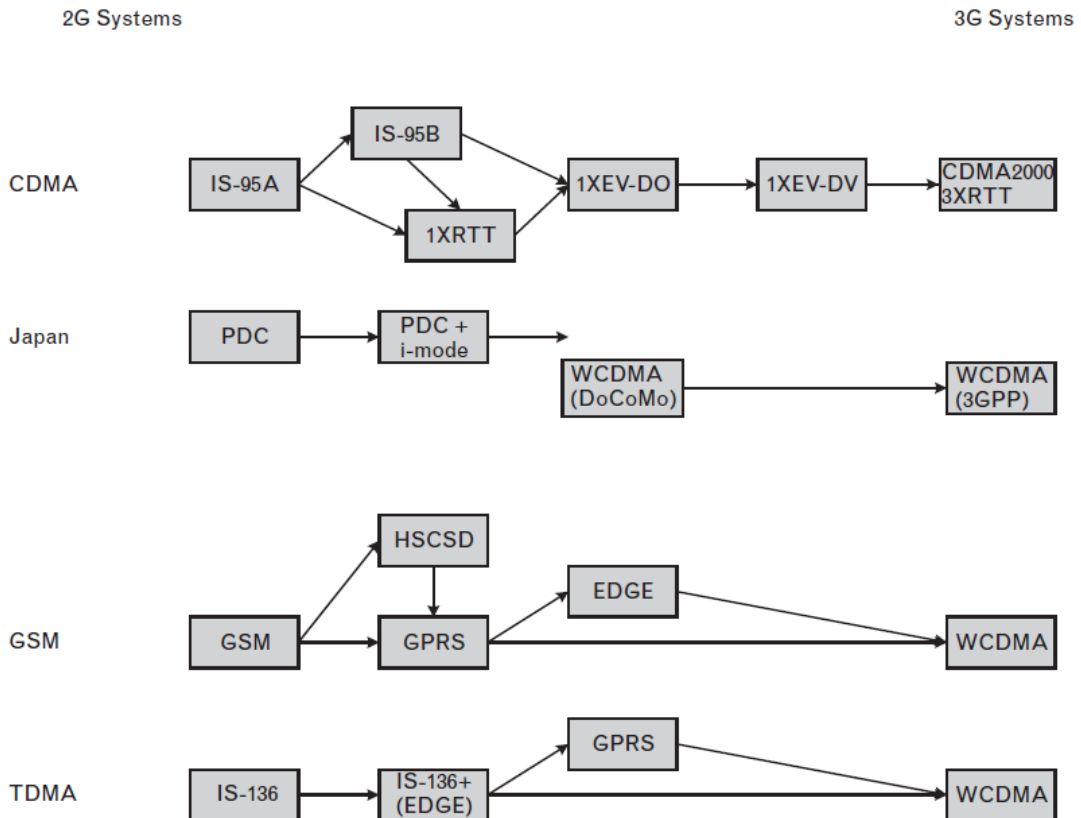
aikavälejä datayhteyteen. Yhden aikavälin datanopeus oli 9,6 kbps tai 14,4 kbps. Koko määrä voidaan määritellä kertomalla yhden aikavälin datanopeus aikavälien määrällä. HSCSD oli piirikytkentäinen, ja siksi se varaa aikavälejä koko yhteyden ajan, myös silloin, kun mitään ei lähetetä. HSCSD oli väliaikainen ratkaisu liikkuvan tiedonvälityksen tarpeille. [1.]

2.5G:n toinen teknologia on GPRS. Datanopeudet GPRS-järjestelmässä olivat jopa 115 kbps tai enemmän. 115 Kbps oli teoreettinen datanopeus optimaalisissa radio-olosuhteissa kahdeksalla downlink-aikavälillä. GPRS:n avulla saatiin suoritusnopeutta parannettua. GPRS on myös pakettikytkentäinen, ja sen vuoksi radioresurssit ovat käytössä vain silloin, kun on jotain lähetettävää. Jotta saavutetaan suurin mahdollinen tiedonsiirtonopeus, kaikki kahdeksan aikaväliä pitäisi olla jatkuvasti käytössä. Ensimmäinen kaupallinen GPRS-palvelu julkaistiin vuonna 2001. GPRS:n käyttö soveltui erityisesti ei-reaaliaikaisille sovelluksille, kuten esimerkiksi sähköposti ja verkkoselaus. GSM-verkko ilman GPRS-järjestelmää ei selviä pitkälle tulevaisuudessa. Se johtuu siitä, että liikenne muuttuu puhelujen sijasta datasiirroksi. GPRS oli tärkeä askel kohti 3G-järjestelmää. 3G-järjestelmän 3GPP-runkoverkko perustuu GSM:n ja GPRS:n runkoverkkoon. [1.]

Kolmas teknologia, joka tuli esiin 2.5-sukupolven GSM-järjestelmässä oli EDGE. Sinä käytettiin 8-vaiheavainnus (8PSK) -modulointimenetelmää. Datanopeudet voivat sen ansiosta parantua GSM-järjestelmässä jopa kolminkertaisesti. EDGE oli houkutteleva päivitys GPRS-verkoissa, koska se vaati usein vain ohjelmistopäivityksen tukiasemille. 8PSK ei korvannut kokonaan aikaisempaa Gaussian minimum shift keying (GMSK) -modulointimenetelmää. Syynä on, että mobiilikäyttäjät saivat käyttää vanhoja puhelimia, jos ei ollut välitöntä tarvetta siirtyä parempaan palvelun laatuun ja suurempaan datanopeuteen, joita EDGE toi mukanaan. 8PSK mahdollistaa nopeamman yhteyden lyhyellä matkalla ja GMSK:n käyttö soveltuu parhaiten laajalle peittoalueelle. EDGE:ä käytettäessä yhdessä GPRS:n kanssa syntyy tehostettu GPRS (EGPRS). Suurin datanopeus käytettäessä EGPRS:ää kahdeksalla aikavälillä on 384 kbps. ECSD on yhdistelmä EDGE:stä ja HSCSD:stä. Se tarjoaa kolme kertaa HSCSD:n datanopeuden. [1.]

3 3G-matkapuhelinjärjestelmä

3G:n kehitystyö aloitettiin 2.5G:n aikana. Oli olemassa monia organisaatiota ja tutkimusohjelmia, joiden päällimmäinen tarkoitus oli parantaa viestintäteknologioiden palveluja. Tutkimustoimintaa tehtiin Euroopassa, Yhdysvalloissa, Etelä-Koreassa ja Japanissa. Monilla muilla teleyrityksillä oli myös omaa tutkimustoimintaa. Kuvassa 1 näkyvät 3G-evoluution polut 2G-järjestelmästä. [1.]



Kuva 1. 3G-matkapuhelinjärjestelmien evoluution polut [1].

3G:n kehitystyö on osoittanut, että uusien järjestelmien kehitys tehdään yhä enemmän telealan yritysten toimesta. Useat yritykset tekevät yhteistyötä, jotta tuloksena saataisiin yhteisiä standardeja. Näin saadaan enemmän resursseja käyttöön. Se johtaa siihen, että kehitysprosessit tulevat nopeammiksi. 3G-standardiperheessä on useita kilpailevia standardeja. [1.]

3.1 WCDMA-standardi

WCDMA on maailmanlaajuisen GSM-yhteisön kehittämä standardi. WCDMA perustuu CDMA-järjestelmään, ja sitä käytetään UMTS-verkkojen radiopinnalla. WCDMA määrittelee sen, kuinka mobiililaitteet kommunikoivat tukiasemien kanssa ja kuinka signaalit moduloidaan. [11.]

WCDMA:n tiedonsiirtonopeus on joustavasti muutettavissa, ja se voi olla 21 Mbps tai jopa enemmän. Muita WCDMA:n ominaisuuksia on joustavasti muutettava kaistanleveys. [11.]

3.2 3GPP-organisaatio

3GPP on organisaatio, joka pyrkii kehittämään 3G-järjestelmälle spesifikaatiota UTRA-radiorajapinnalla ja GSM:n runkoverkolla. 3GPP:n organisaation partnereihin kuuluvat muun muassa ETSI, ARIB, Telecommunication Technology Association (TTA), Telecommunication Technology Committee (TTC) ja China Wireless Telecommunication Standard (CWTS). [1.]

UTRA-järjestelmälle on määritelty kaksi toimintatilaa, jotka ovat taajuusjakoinen (FDD) ja aikajakoinen (TDD). Taajuusjakoisessa tilassa downlink- ja uplink-kanavat käyttävät eri taajuuskaistoja. Niiden kaistanleveys on 5 MHz. UTRA käyttää WCDMA-tekniikkaa, jossa kullakin käyttäjällä on yksilöllinen koodi. Se on binäärinen elementti, jota kutsutaan nimellä chip-sekvenssi, jonka nopeus on 3,84 Mcps. Tämän nopeuden suhdetta datan bittinopeuteen kutsutaan nimellä spreading factor tai "SF". [1.]

TDD:n eroaa FDD:stä siten, että uplink- ja downlink-suunnat käyttävät samaa taajuutta. 15 aikaväliä radiokehystä voidaan jakaa dynaamisesti uplink- ja downlink-suuntaan. Chip-nopeus tavallisessa TDD:ssä on 3,84 Mcps. TDD:stä on olemassa kapeakaistaisempi versio, jota kutsutaan TD-SCDMA:ksi. TD-SCDMA:n kaistanleveys on 1,6 MHz ja chip-nopeus 1,28 Mcps. [1.]

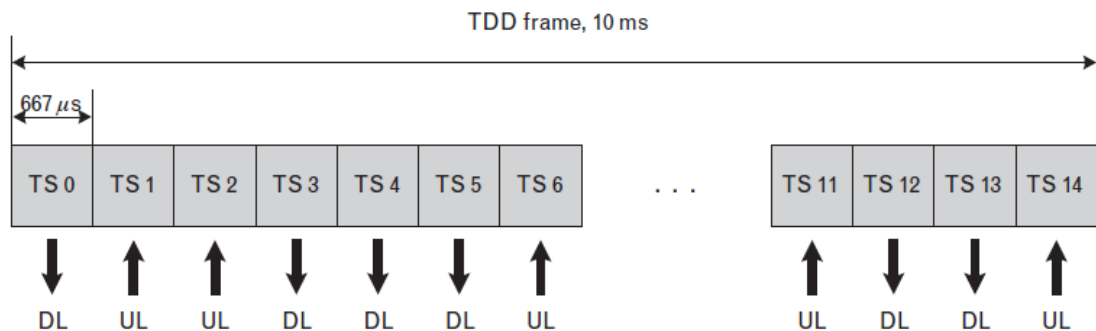
UTRAN verkossa käytetään kolmenlaisia kanavia. Fyysinen kanava sijaitsee ilmarajapinnalla, ja sen määrittelevät taajuus ja hajotuskoodi. Siirtokanava on 1. ja 2. kerroksen rajapinnalla, ja sen tehtävä on määrittää, miten tiedot lähetetään langattomasti yhteisistä

ja erillisistä kanavista. Loogiset kanavat ovat 2. kerroksen rajapinnalla, ja ne määrittelevät lähetettävän tiedon tyyppin. [1.]

TDD-tekniikka

FDD:n peruseriaate on, että yhtä leveät taajuuskaistat allokoidaan sekä downlink-että uplink-kanaville. TDD:n mekanismeissa samaa kantaaltoa käyttävät sekä uplink-että downlink-kanavat. Kukin aikaväli TDD:n kehyksessä voidaan käyttää joko uplink- ja downlink-suuntaan. [1.]

Monet palvelut 3G-verkossa vaativat epäsymmetristä tiedonsiirron kapasiteettia uplink- ja downlink-kanavissa. Downlink-kanava vaatii usein enemmän kaistanleveyttä kuin uplink-kanava. Downlink-kanava joutuu siirtämään suuren määrän dataa palvelun käyttäjälle. Tästä syystä TDD on houkuttelevampi tekniikka epäsymmetrisille palveluille. Tuki-asema voi jakaa aikavälejä dynaamisesti downlink- ja uplink-kanaville tarpeiden mukaan. Sekä uplink-että downlink-kanavien lähetykset käyttävät samaa taajuutta, ja siitä syystä taajuuden häipyminen kanavissa on yhdenmukaista. [1.] Kuvassa 2 on havainnollistettu TDD-kehysten rakenne.



Kuva 2. TDD-kehysten rakenne [1].

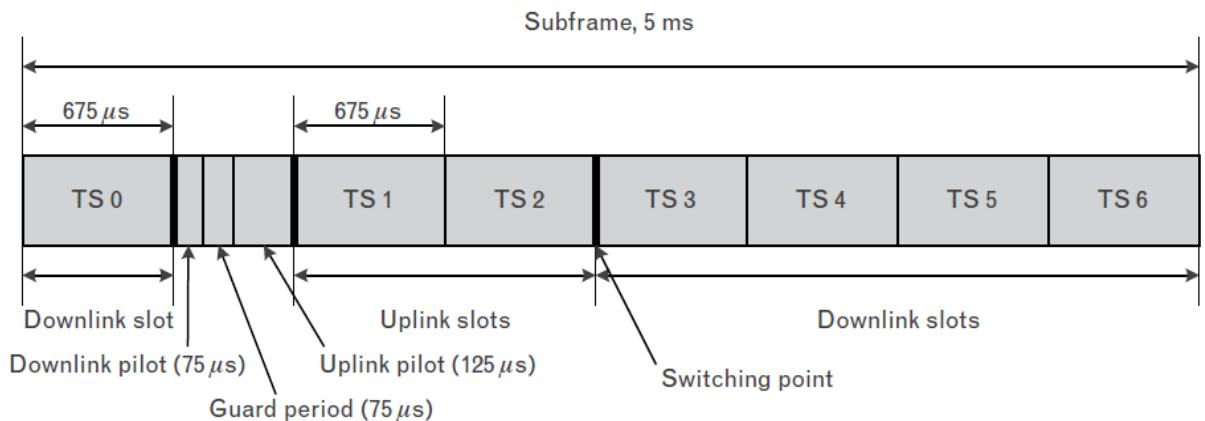
TDD:llä on samanlainen kehysrakenne kuin FDD:llä, eli kehysten pituus on 10 ms ja se koostuu 15 aikavälistä.

TD-SCDMA-kanavointijärjestelmä

China Academy of Telecommunications Technology (CATT) on kehittänyt TD-SCDMA:n Siemensin tukemana. Se on kiinalainen erikoisuus, jota ei käytetä muualla. TD-SCDMA on synkroninen aikajakoinen CDMA. TD-SCDMA on myös kapeakaistaisempi versio

UTRA TDD:stä. Kantoaallon kaistanleveys UTRA TDD:ssä on 5 MHz ja TD-SCDMA:ssa 1,6 MHz. Chip-nopeus TD-SCDMA:ssa on 1,28 Mcps. 3GPP:ssä tämä järjestelmä on tunnettu alhaisesta chip-nopeudesta. Yleinen TDD:n toimintatapa on samanlainen kuin TD-SCDMA:n lukuun ottamatta fyysistä kerrosta, jossa esiintyy joitakin eroja. [1.]

Kehyksen rakenne eroaa selvästi. UTRAN TDD:ssä kehyksen pituus on 10 ms, ja TD-SCDMA:ssa se on 5 ms. Aikaväli 0 on varattu downlink-kanavalle, ja aikaväli 1 on varattu uplink-kanavalle. Muu liikenne voidaan jakaa vapaasti uplink- ja downlink-kanaville. Aikaväli voidaan jakaa 16 käyttäjälle sekä TDD:ssä että TD-SCDMA:n tilassa. [1.] Kuvassa 3 näkyy TD-SCDMA-kehyksen rakenne.



Kuva 3. TD-SCDMA-kehyksen rakenne [1].

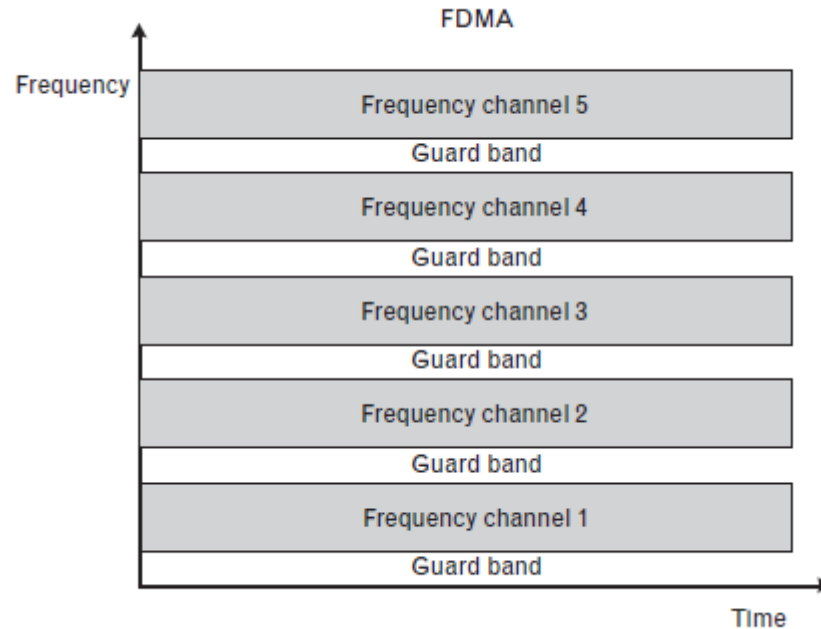
TD-SCDMA-järjestelmässä on kapeampi kaistanleveys kuin TDD-järjestelmässä. Se on suuri etu, ja operaattorilla on enemmän taajuuskanavia saatavilla verkon suunnittelua varten. TD-SCDMA:ssa on kuitenkin rajoitettu määrä käyttäjiä kussakin aikavälissä. [1.]

4 WCDMA-radorajapinta

4.1 Radioteiden kanavointijärjestelmät

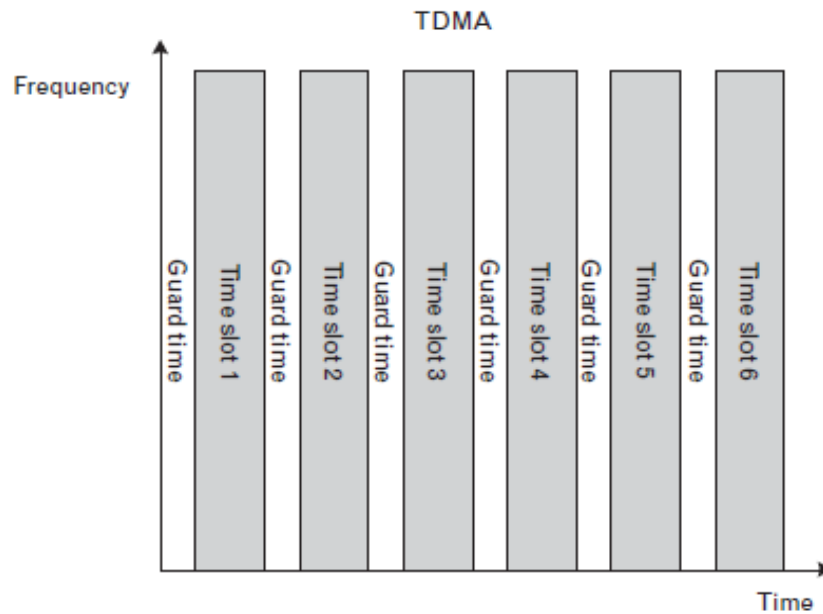
Radiotaajuuksien resurssit ovat niukat, ja siksi ne ovat tiukasti säädeltyjä. Matkapuhelinverkossa käytetään erilaisia tekniikoita, jotta käyttäjät voisivat käyttää samaa radioyhteyttä. Päätekniikoita ovat muun muassa frequency-division multiple access (FDMA), time-division multiple access (TDMA), code-division multiple access (CDMA) ja space-division multiple access (SDMA). [1.]

FDMA-järjestelmä jakaa spektrin useille taajuuskanaville (ks. kuva 4). Jokaisella käyttäjällä on varattuna kaksi kanavaa viestinnälle: uplink- ja downlink-kanava. Kanavien käyttö on yksilöllinen ja toinen käyttäjä ei voi käyttää samoja kanavia samanaikaisesti. Kuvassa 4 on havainnollistettu FDMA-järjestelmän rakenne. [1.]



Kuva 4. FDMA-järjestelmän rakenne [1].

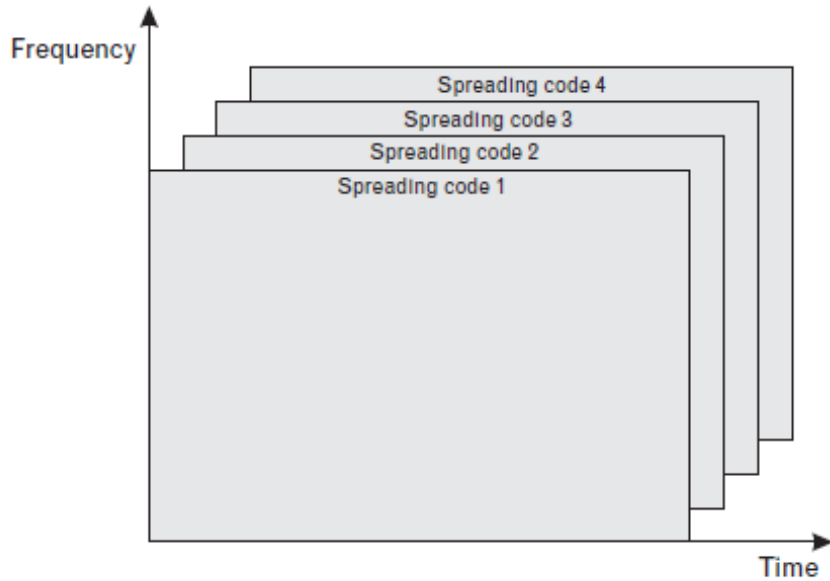
TDMA-järjestelmässä koko käytettävissä oleva kaistanleveys on yhdellä käyttäjällä käytettävissä lyhyiden aikavälien jaksoissa (ks. kuva 5). Taajuuskanava on jaettu aikaväleihin ja yksi tai useampi aikaväli kohdennettu samalle käyttäjälle, jolloin muut käyttäjät voivat käyttää muita aikavälejä. Downlink- ja uplink-kanavat käyttävät eri aikavälejä. [1.] Kuvassa 5 näkyy TDMA-järjestelmän toimintaperiaate.



Kuva 5. TDMA-järjestelmän rakenne [1].

CDMA-järjestelmässä kaikki käyttäjät ovat samalla taajuudella samaan aikaan ilman minkäänlaista aikataulutusta. Signaalien erottelu tapahtuu koodien avulla (ks. kuva 6). Jokaisella käyttäjällä on oma erityinen koodinsa, jota käytetään toissijaisena modulaationa. Sitä käytetään muuttamaan käyttäjän signaali hajaspektriseksi koodattuun versioon käyttäjän tietovirrasta. Vastaanotin käyttää tätä hajotuskoodia ja muuttaa hajaspektrisignaalin takaisin käyttäjän tietovirraksi. Koodit on valittu niin, että niillä on alhainen ristikorrelaatio muiden koodien kanssa. Vastaanotin tietää oikean hajotuskoodin, jolla se voi purkaa alkuperäisen signaalin vastaanotetusta hajaspektrisignaalista. [1.]

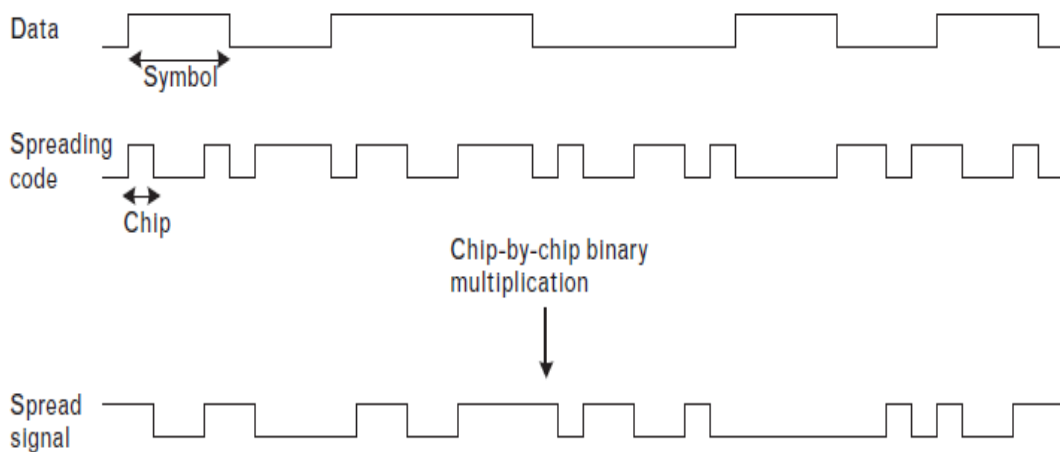
CDMA-signaalit voidaan moduloida eri menetelmin. Kuvassa 6 havainnollistetaan suorasekvenssin hajaspektritekniikan (DS-SS) toimintaa. Keskitytään DS-SS tekniikkaan, koska sitä käytetään matkaviestinnässä. Muita modulointimenetelmiä ovat muun muassa taajuushyppelyhajaspektri (FH-SS), aikahyppely hajaspektri (TH-SS) ja monia eri yhdistelmiä näistä. Kaikilla näillä menetelmillä on kullakin oma etunsa. [1.]



Kuva 6. CDMA-järjestelmän toiminta [1].

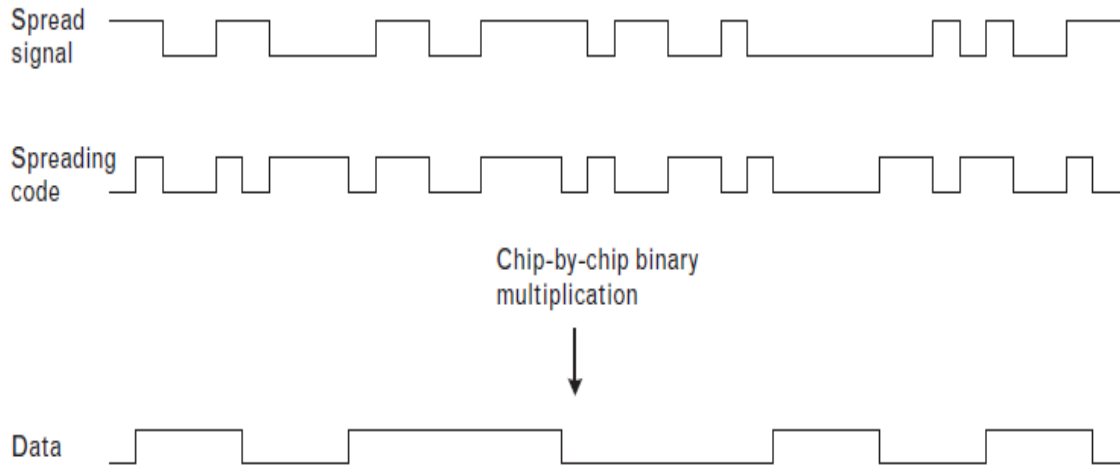
4.2 WCDMA:n toimintaperiaate

WCDMA on hajaspektritekniikka, jossa käyttäjän alkuperäinen signaali muunnetaan toiseen muotoon. Muunnettu signaali peittää suuremman kaistanleveyden kuin alkuperäinen signaali. Alkuperäinen datasekvenssi saadaan kertomalla käyttäjädata hajotuskoodilla (ks. kuva 7). Tuloksena syntyy merkittävästi suurempi kaistanleveys kuin alkuperäisellä signaalilla. Hajotuskoodin "bittejä" kutsutaan nimityksellä "chips" erotukseksi datasekvenssien biteistä. [1.] Kuvassa 7 havainnollistetaan lähettimen toimintaperiaatetta.



Kuva 7. Signaalin levittäytyminen [1].

Jokaisella käyttäjällä on oma hajotuskoodinsa. Identtisiä koodeja käytetään muunnoksissa radiokanavan molemmissa päätteissä levitettäessä alkuperäinen signaali laajakais- taiseksi ja koottaessa laajakaistasignaali takaisin alkuperäiseen kapeakaistaiseen muo- toon (ks. kuva 8). [1.]



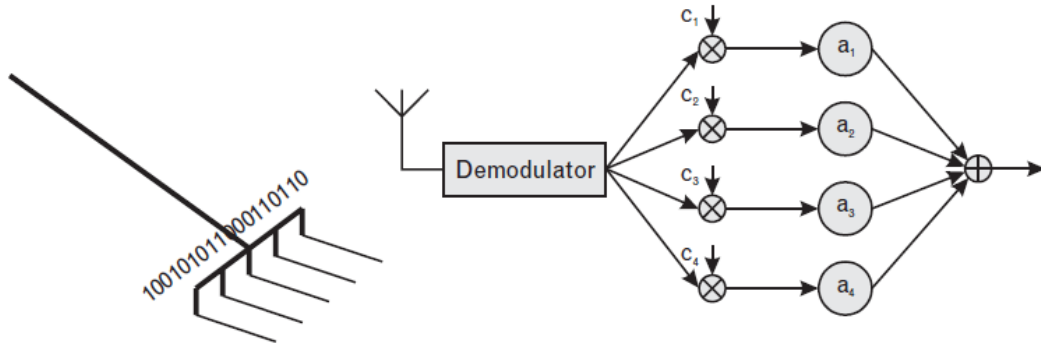
Kuva 8. Signaalin hajautuminen [1].

Hajotuskoodeilla on erittäin alhainen ristikorrelaatio muiden hajotuskoodien kanssa. Kun kyseessä on täysin synkronoituja ortogonaalisia koodeja ristikorrelaatio on nolla. Tästä syystä useat laajakaistaiset signaalit voivat toimia rinta rinnan samalla taajuudella ilman suuria häiriöitä. Energia laajakaistaisessa signaalissa on levinnyt suurelle kaistanlevey- delle. Alkuperäiseen signaaliin verrattuna se on taustamelua. Sen teho spektritiheys on alhainen. [1.]

4.3 RAKE-vastaanotin

Monitiekanavassa alkuperäinen lähetetty signaali etenee useaa reittiä ja kohtaa esteitä matkan varrella kohti vastaanotinta. Vastaanotin vastaanottaa useita kopioita alkuperäi- sestä signaalista eri viiveillä. RAKE-vastaanottimen avulla voidaan vastaanottaa moni- tiesignaalit ja yhdistellä niitä. RAKE-vastaanotin koostuu useista korrelaattoreista, jotka tunnetaan nimellä RAKE-sormet. Vastaanotin on nimetty RAKE:ksi muutamasta syystä. Useimmat lohkokaaavion laitteet muistuttavat puutarhan haravaa, ja kukin haravan piikki on nimetty sormeksi. Puutarhan haravan avulla voidaan havainnollistaa RAKE-vastaan- ottimen toimintaa. Yksittäinen haravan piikki voi olla liiankin heikko, mutta kuitenkin yh- distämällä niitä saadaan oikea lopputulos. RAKE-vastaanotin oli patentoitu vuonna 1956. Patenttien voimassaoloaika on ja päättynyt kauan sitten. [1.]

Kuvassa 9 havainnollistetaan RAKE-vastaanottimen toimintaa. RAKE-vastaanottimen toiminta muistuttaa puutarhan haravan toimintaa. Haravan piikit yhdessä vastaanottavat signaaleja.



Kuva 9. RAKE-vastaanotin [1].

4.4 Tehonohjaus

CDMA-verkon suorituskyvyn kannalta tarkka tehonsäätö on välttämätön. Häiriöiden minimointi on tarpeen järjestelmässä. DS-CDMA-verkossa kaikki signaalit lähetetään käyttämällä samaa taajuutta, ja siitä syystä hyvä tehonvalvonta-algoritmi on välttämätöntä. [1.]

Uplink-kanavan suunnassa signaalien tulisi saapua tukiaseman vastaanottimeen samantehoisina. Matkaviestimet eivät voi lähettää signaaleja käyttämällä kiinteitä tehotasoja johtuen siitä, että etäisyydet tukiaseman ja päätelaitteen välillä ovat erilaiset. Matkaviestimet, jotka ovat kaukana tukiasemasta, joutuvat lähettämään suuremmalla teholla verrattuna niihin matkaviestimiin, jotka ovat lähellä tukiasemaa. [1.]

Downlink-kanavan suunnassa tilanne on toisenlainen. Downlink-kanavat lähettävät signaaleja yhden tukiaseman kautta. Signaalit ovat keskenään ortogonaalisia, eivätkä ne häiritse toisiaan. Signaalit, jotka lähetetään muilta tukiasemilta ja eivät ole ortogonaalisia, lisäävät häiriötasoa järjestelmässä. Tehonsäätöä näin ollen tarvitaan myös downlink-kanavassa. Signaalit tulisi lähettää mahdollisimman pienellä tehotasolla. [1.]

5 3G-verkon toiminta

Matkapuhelimet säilyttävät yhteyden matkapuhelinverkkoon, kun ne liikkuvat solusta toiseen. Kanavanvaihto kytkee yhteyden tukiasemalta toiseen. Kanavanvaihto tunnetaan nimellä Handover (HO). [1.]

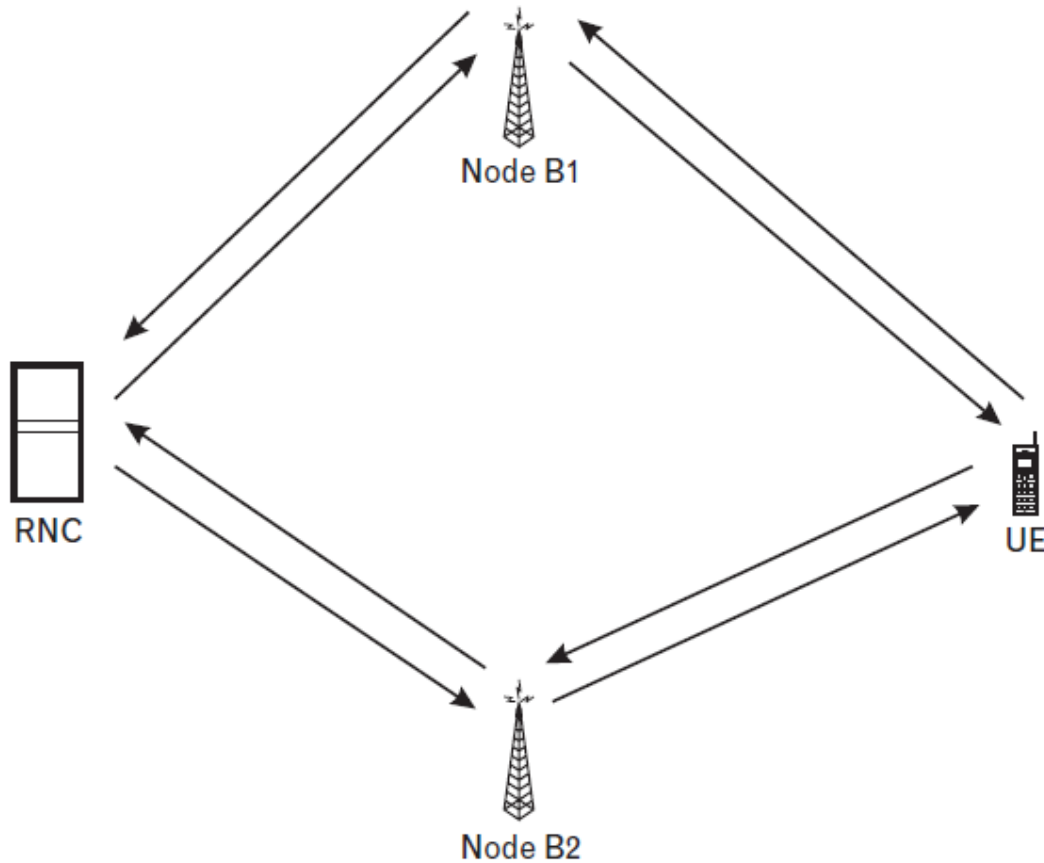
5.1 Pehmeä kanavanvaihto

Pehmeän kanavanvaihdon lyhenne on SHO, joka tulee sanoista Soft Handover. Pehmeässä kanavanvaihdossa käyttäjälaite on yhteydessä samanaikaisesti useamman kuin yhden tukiaseman kanssa. Käyttäjälaite vastaanottaa downlink-kanavan lähetyksen kahdelta tai useammalta tukiasemalta. RAKE-vastaanotin vastaanottaa usean tukiaseman signaalin samanaikaisesti. Yhteyksiä eri tukiasemilta kutsutaan pehmeän kanavanvaihdon haaraksi. Käyttäjälaite vastaanottaa myös useita monitiekomponentteja samalla signaalilla käyttämällä RAKE-vastaanotinta. Kaikki tukiasemat käyttävät samaa taajuutta pehmeässä kanavanvaihdossa, ja käyttäjälaite voi käyttää niiden signaaleja, kuten monitiekomponentteja. Pehmeän kanavanvaihdon ero monitiekomponenttiin on, että kukin pehmeän kanavanvaihdon haara on koodattu eri hajotuskoodilla. Monitiekomponentit ovat viivästyneitä versioita samasta signaalista. [1.]

Pehmeää kanavanvaihtoa käytetään tyypillisesti solun raja-alueilla, jossa solut ovat päällekkäin. Siitä syystä tässä menettelyssä on monia toivottuja ominaisuuksia. Solujen reu-nassa käyttäjälaite voi kerätä enemmän signaalin energiaa pehmeän kanavanvaihdon avulla. Ilman pehmeää kanavanvaihtoa viestivä tukiasema joutuisi lähettämään suurem-malla teholla signaaleja päästäkseen käyttäjälaitteelle, ja se lisäisi häiriötason todennä-köisyyttä koko järjestelmässä. Jos käyttäjälaite on pehmeässä kanavanvaihdossa, yh-teys ei ole menetetty kokonaan, jos yksi haaroista joutuu häipymään. [1.]

Pehmeää kanavanvaihtoa ei tulisi käyttää ilman rajoituksia. Mikäli signaaleja lähetetään erittäin paljon, häiriöiden määrä radioympäristössä kasvaa downlink-kanavan suun-nassa. Pehmeän kanavanvaihdon haaroja on lisättävä vain siinä tilanteessa, kun niiden arvioitu häiriötaso on pienempi, kuin mitä se olisi ilman pehmeää kanavanvaihtoa. [1.]

Kuvassa 10 esitetään pehmeän kanavanvaihdon toimintaa. RNC on UTRAN-verkon tukiasemaohjain. Node B1 ja Node B2 ovat UTRAN-verkon tukiasemia. [1.]



Kuva 10. Pehmeä kanavanvaihto [1].

Verkko mittaa uplink-kanavien signaalitasot ja vastaanottaa käyttäjälaitteelta downlink-kanavien yhteyksien mittaustuloksia. Mitattavat solut jaetaan kolmeen ryhmään: active, monitored ja detected. Kaikilla solun ryhmillä on omat vaatimuksensa siitä, miten mitaukset tehdään solussa. [1.]

Active-solujen ryhmä sisältää kaikki pehmeän kanavanvaihdon tukiasemat, johon liikenne on kytketty. Kun tukiaseman signaalin voimakkuus ylittää käyttäjälaitteelle asetetun kynnsarvon, tukiasema lisätään aktiiviseen ryhmään. Tämän raja-arvon kynnsarvon lisäksi on muita tärkeitä verkon suorituskykyä mittaavia parametreja, ja verkko asettaa niitä dynaamisesti. Käyttäjälaitte ei voi omasta aloitteestaan lisätä tai poistaa tukiasemia aktiivisesta ryhmästä. Näistä muutoksista vastaa verkko. [1.]

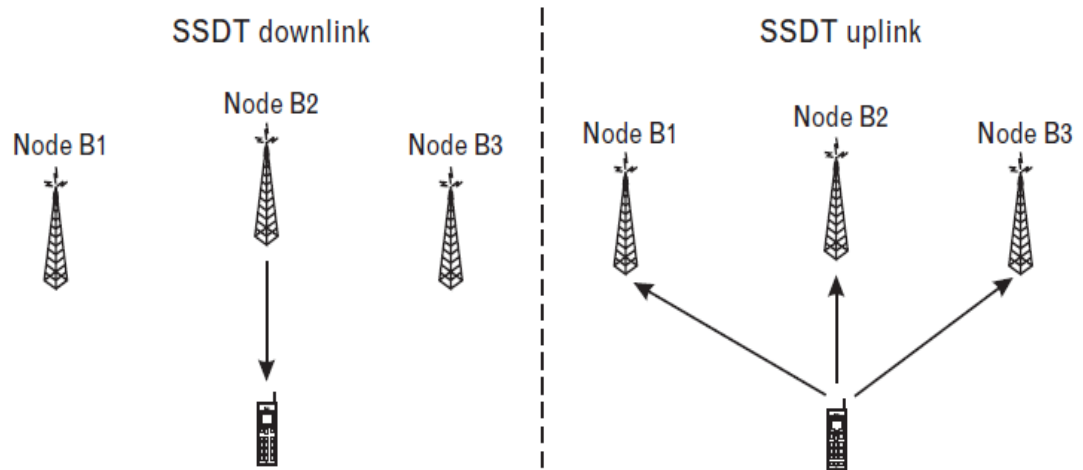
Verkon asettama kynnyksparametri on drop, joka estää aktiivisen joukon ennenaikaisen poistumisen tukiasemalta. Drop-kynnyksen arvon on oltava aina pienempi kuin add-arvon kynnyks. Kun signaalin voimakkuus laskee asetetusta kynnyksarvosta, ajastin käynnistetään verkossa. Jos signaalin arvo pysyy alle drop-kynnyksen arvon ajastimen umpeutumiseen saakka, kyseessä oleva tukiasema poistetaan lopullisesti aktiivisesta ryhmästä. Ajastimen tulisi olla riittävän pitkä, ja sen tulisi estää ping-pong-vaikutus. Käytännössä samaa tukiasemaa ei saisi toistuvasti lisätä ja poistaa aktiivisesta joukosta. Ajastimen tulisi olla myös riittävän lyhyt, jotta käyttökelvottomia tukiasemia ei käytettäisi viestintään tarpeettomasti. [1.]

Seurattava joukko sisältää soluja, jotka ovat kanavanvaihdon potentiaalisia ehdokkaita, joita ei ole vielä lisätty aktiiviseen joukkoon. Nämä on merkitty käyttäjälaitteelle UTRAN-verkon naapurisolun listalta. Käyttäjälaitte tarkkailee näitä soluja. Jos seurattavaan sarjaan kuuluva solu ylittää add-raja-arvon mittausraportteja aletaan lähettää. Havaittuun joukkoon kuuluvat kaikki muut solut, joita käyttäjälaitte on löytänyt ja joita ei löydy naapurisolun listalta. UTRAN voi pyytää käyttäjälaitteen ilmoittamaan listaamattomia soluja, joita käyttäjälaitte on havainnut. [1.]

Site Selection Diversity Transmit Power Control (SSDT) on tehonohjausjärjestelmä, jonka tarkoituksena on vähentää downlink-yhteyden häiriötä, kun käyttäjälaitte on pehmeässä kanavanvaihdossa. SSDT:ssä käyttäjälaitteella on downlink-yhteys yhteen tukiasemaan kerrallaan. Kukin downlink-radioyhteys nostaa järjestelmän häiriön tasoa. SSDT-järjestelmässä aktiivisen solun paras solu on dynaamisesti valittu lähetyspaikaksi. DPCCCH lähetetään normaaliin tapaan kaikkien tukiasemien kautta aktiivisessa joukossa. [1.]

Käyttäjälaitte valitsee ensisijaisen solun aktiivisesta joukosta. Tavoitteena on, että downlink-kanavassa lähetykset tehtäisiin ensisijaisen solun kautta. Näin ollen lähetyksistä aiheutuva häiriö vähenisi pehmeässä kanavanvaihdon tilassa. [1.]

Kuvassa 11 on havainnollistettu SSDT:n toiminta. Käyttäjälaitte on downlink-yhteydessä kerrallaan vain yhteen tukiasemaan, mutta uplink-yhteydessä useaan tukiasemaan.



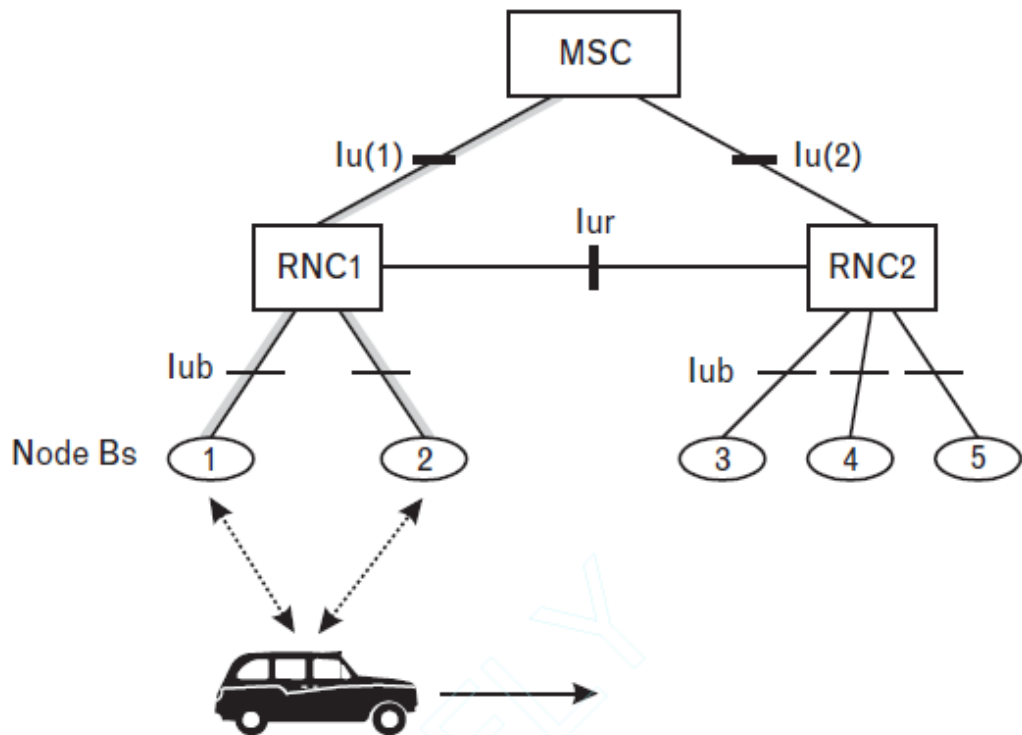
Kuva 11. SSDT-tehonoajausjärjestelmän toiminta [1].

5.2 SRNS-radioverkko

Serving radio network subsystem (SRNS) on radioverkon osa, jonka kautta yhteys on kytkettynä. Se on palvelevan radioverkon alijärjestelmä. Siinä käyttäjälaitteen reitityksen yhteydet UTRAN-verkossa muuttuvat. [1.]

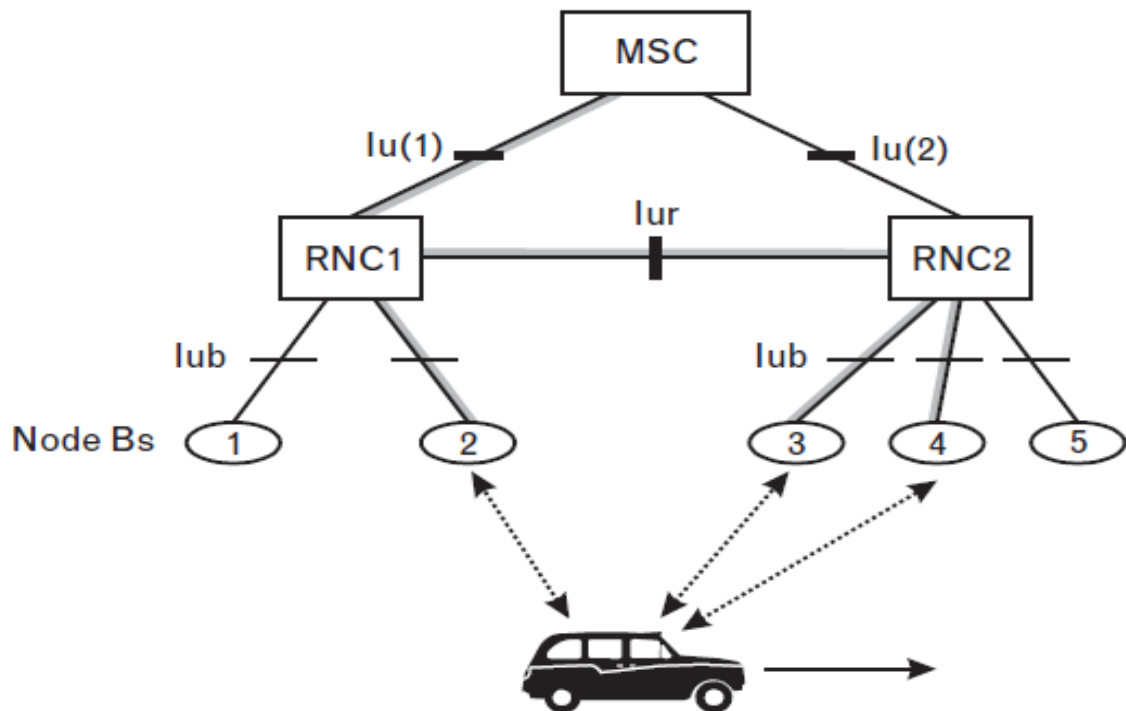
Kun käyttäjälaite on pehmeässä kanavanvaihdossa ja kaikki osallistuvat tukiasemat (Node B:t) kuuluvat samaan radioverkko-ohjaimeen (RNC) signaalit yhdistetään radioverkko-ohjaimeen ja ne lähetetään edelleen matkapuhelinkeskukseen (MSC). [1.]

Kuvassa 12 tapahtuu siirtymisen ensimmäinen vaihe. Siinä tukiasemat 1 ja 2 kuuluvat radioverkko-ohjaimeen RNC1. Radioverkko-ohjaimelta on yhteys matkapuhelinkeskukseen.



Kuva 12. Signaalin siirtymisen 1. vaihe [1].

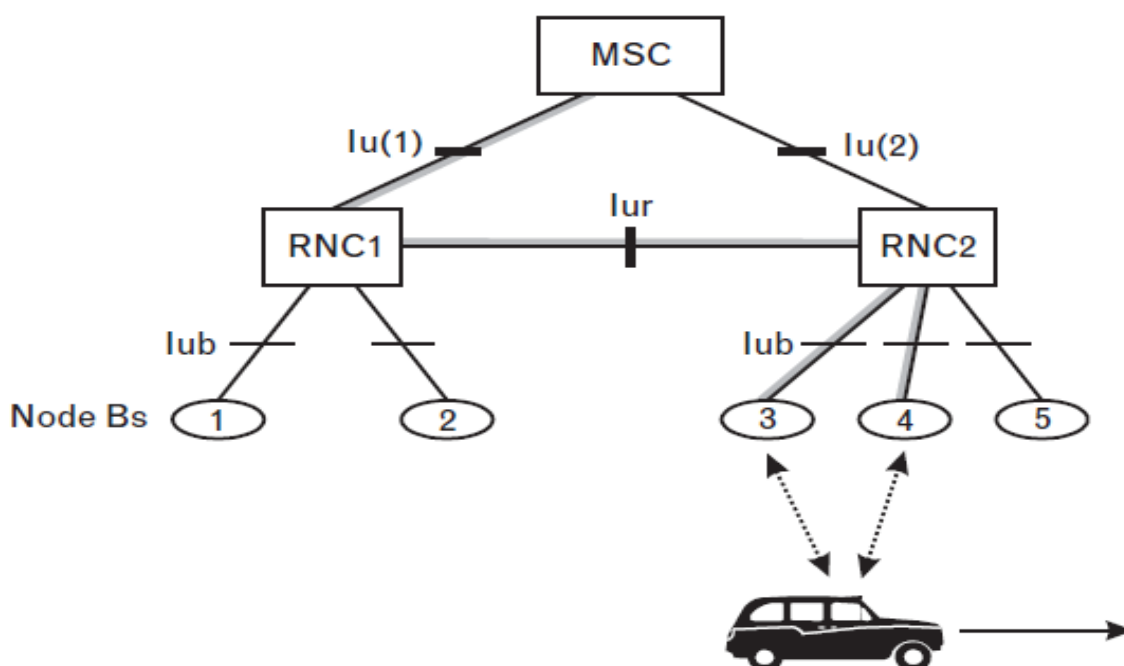
Tukiasemat (Node B:t) kuuluvat eri radioverkko-ohjaimen ja signaalit välitetään radioverkko-ohjaimen kautta matkapuhelinkeskukseen. Serving RNC (SRNC) on radioverkko-ohjain, jonka kautta yhteys on luotu. Kuvassa 13 tämä radioverkko-ohjain on RNC1. Kullekin käyttäjälaitteelle, joka on yhteydessä UTRAN-verkkoon, on vain yksi palveleva SRNC. SRNC:n tehtävä on ylläpitää RRC-yhteys käyttäjälaitteen ja UTRAN-verkon välillä. [1.] Kuvassa 13 havainnollistetaan siirtymisen toinen vaihe.



Kuva 13. Signaalien siirtymisen 2. vaihe [1].

Radioverkko-ohjainta (RNC), johon siirtyminen tapahtuu, kutsutaan nimityksellä drift RNC (DRNC). Kuvassa 13 siirtyminen tapahtuu RNC2:een. [1.]

Kun käyttäjälaite jatkaa etenemistään, niin soluja ohjaa RNC1. Se palvelee edelleen, ja kaikki liikenne runkoverkon ja käyttäjälaitteen välillä kulkee sen läpi. Kuvassa 14 tämä selvästi näkyy. Siirtyminen on tapahtunut radioverkko-ohjainten RNC1 ja RNC2 välillä. [1.]



Kuva 14. Signaalin siirtymisen 3. vaihe [1].

5.3 Kova kanavanvaihto

Kova kanavanvaihto tunnetaan nimityksellä hard handover (HHO). Kovan kanavanvaihdon tapahtuessa käyttäjälaitteen käyttämä radiotaajuus (RF) muuttuu. Käyttäjälaitteen on lopetettava lähetys yhdellä taajuudella, ennen kuin se voi siirtyä toiselle taajuudelle ja jatkaa lähetystä. [1.]

Kovan kanavanvaihdon toteuttaminen on vaikea CDMA-järjestelmässä, koska se vastaanottaa ja lähettää jatkuvasti ja vapaita aikavälejä ei ole taajuuksien mittauksille. Yleisesti alustavia mittauksia on tarpeellista tehdä ennen kanavanvaihtoa. Verkon on saatava nämä tulokset, jotta se voi arvioida, mikä taajuus olisi sopivin vaihtoehto käyttäjälaitteelle. UTRA:ssa ongelma on ratkaistu pakatun tilan avulla. Pakatussa tilassa kaikkia downlink-kanavan aikavälejä ei käytetä tiedonsiirtoon. [1.]

Pakatun tilan käyttö on pakollinen käyttäjälaitteille, joissa ei ole kaksoisvastaanotinta. Se tekee muiden taajuuksien mittaukset. Pakatussa tilassa suorituskyky on huonompi ja datanopeus laskee. [1.]

5.4 Järjestelmien välinen kanavanvaihto

Järjestelmien välistä kanavanvaihtoa tapahtuu kahden eri matkaviestinverkon välillä. 3GPP on määritellyt järjestelmien välisen kanavanvaihdon GSM- ja UTRAN-verkon välillä. Järjestelmien välinen kanavanvaihto on yleisesti vaikea toteuttaa. Edellytyksenä on, että puhelimessa on dual-järjestelmä 3G-GSM ja kommunikointi molempiin järjestelmin on mahdollista. Ensimmäinen ratkaistava ongelma käsittelee mittauksia. Käyttäjälaitteen on mitattava uutta solua, kun kanavanvaihtoa on mahdollista toteuttaa. Käyttäjälaitte on vielä yhteydessä vanhaan kanavaan, ja uusien mittauksien tekeminen toisesta järjestelmästä on hieman ongelmallinen.

Käyttäjälaitteen on ensimmäiseksi tiedettävä toisen järjestelmän taajuudet. Jos kanavanvaihtoa tapahtuu UTRAN-verkkoon, käyttäjälaitteen on tiedettävä taajuuden lisäksi myös hajotuskoodi. Kanavanvaihto on vaikeaa, kun muutos tapahtuu UTRAN:sta GSM:ään. UTRAN-verkossa käyttäjälaitte vastaanottaa koko ajan ja vapaita aikavälejä ei ole otta-
maan mittauksia toiselta taajuudelta. Ongelmaa pystytään ratkaisemaan kahdella tavalla: dual-vastaanottimen tai pakatun tilan avulla. Kun käyttäjälaitteessa on kaksi vastaanotinta, yksi vastaanottimista suorittaa taajuusmittaukset ja toinen vastaanottimista vastaanottaa UTRAN-verkon lähetyksiä. Kun päätelaitteessa on vain yksi vastaanotin, käytetään pakattua tilaa järjestelmien välisiin mittauksiin. Pakattu tila luo lähetyksille aukkoja, jotta käyttäjälaitte voi mitata muita järjestelmiä. Kun tarvittavat mittaukset on tehty, ne raportoidaan verkkoon, minkä jälkeen voidaan suorittaa järjestelmien välinen kanavanvaihto. [1.]

Kun muutos tapahtuu GSM:stä UTRAN-suuntaan, kanavanvaihdon menettely on teknisesti helpompaa. GSM:llä on vapaita aikavälejä, joiden avulla voidaan mitata muita taajuuksia. [1.]

6 Mobiilimaksaminen

Mobiilimaksaminen on toiminto, joka suoritetaan mobiililaitteella. Käteisellä maksamisen sijasta kuluttaja voi käyttää mobiililaitetta maksuvälineenä monenlaisiin digitaalisiin palveluihin. Mobiilimaksaminen on hyväksytty kaikkialla maailmassa. Sen markkinaosuus oli vuonna 2013 yli 600 miljardia dollaria. Kehitysmaissa mobiilimaksaminen on tuonut mahdollisuuksia laajentaa rahoituspalveluja. [10.]

Mobiilimaksuille on olemassa neljä mallia. Ensimmäinen niistä on SMS-maksu. Toinen malli on suoraveloituskassa. Kolmas malli on mobiiliverkkomaksu, kuten esimerkiksi PayPal tai Google Wallet. Neljäs olemassa oleva malli on Near Field Communication (NFC)-tekniikan lähimaksupalvelu. Monet älypuhelimet on varustettu NFC-ominaisuudella ja siihen vastaavalla ohjelmalla. [10.]

6.1 SMS-maksu

Kaupalliset maksut tekstiviestillä ovat olleet kauan suosittuja Aasiassa ja Euroopassa. Kuluttaja lähettää maksun tekstiviestin avulla, minkä jälkeen kauppias saa ilmoituksen onnistuneesta kaupasta ja kuluttaja saa ostamansa tavarat. Kuluttajan laskutus tapahtuu liittämösopimuksen mukaisesti puhelinlaskulla. Esimerkkejä SMS-maksun palveluista ovat muun muassa soittoäännet, näytönsäästäjät, pelit, elokuvat ja musiikki. [10.]

6.2 Suoraveloituskassa

Suoraveloituksessa kuluttaja maksaa tuotteesta omalla tilillään matkapuhelimessa esimerkiksi uhkapelisivustoilla. Kuluttaja luo esimerkiksi tilin uhkapelisivustolla. Tilille voidaan siirtää rahaa, jota voidaan käyttää rahapelien pelaamiseen. Rahaa siirretään omalle tilille tilisiirron kautta. Luottokorttia ei voida käyttää suoraveloituskassa, vaan rahaa on siirrettävä tilille. Kun kuluttaja käyttää uhkapelisivuston palveluja, suoritetaan kaksivaiheinen tunnistautuminen. Kaksivaiheista tunnistautumista käytetään kaikissa suoraveloituskassa. Sen avulla suojellaan henkilön identiteettiä ja estetään käyttäjätilin luvaton käyttö. Tunnistautumisen muoto voi olla PIN-koodi ja jokaisella kirjautumiskerralla vaihtuva matemaattinen numerosarja. Esimerkkejä suoraveloituskassa palveluista ovat muun muassa interaktiiviset pelit. Tämä maksutapa on turvallinen, ja se estää petoksien syntymisen. Suoraveloituskassa suorittamiseen ei tarvita erillistä ohjelmaa.

Kun kaksivaiheinen tunnistautuminen on suoritettu, kuluttajan tililtä peritään maksu. Muita perittäviä maksuja voivat olla mahdolliset verot ja joissakin tapauksessa käsittelymaksu. Suoraveloitusmaksu on saavuttanut paljon suosiota Euroopassa ja Aasiassa. [10.]

6.3 Mobiiliverkkomaksu

Kuluttaja käyttää verkkosivua tai lataa ja asentaa lisäsovelluksen matkapuhelimeen, jotta maksun suorittaminen olisi mahdollista. Tämänkaltainen maksutapa on helppokäyttöinen, ja asiakastyytyväisyys on korkea nopeuden maksujen ansiosta. Laskutus sisällytetään puhelinlaskuun, tai veloitus tapahtuu online-maksuna, kuten esimerkiksi PayPal. Esimerkkejä mobiiliverkkomaksun palveluista ovat useimmiten verkkokaupat. Verkkokaupassa suosittuja maksutapoja ovat muun muassa PayPal ja luottokortti. [10.]

Mobiilisovelluksien ostossa hyödynnetään suoran operaattorilaskutuksen maksuvaihtoehtoa. Yhdellä napautuksella kuluttaja voi maksaa sovelluksesta. Kuluttaja voi myös syöttää luottokortin tiedot ja tehdä ostoksia. Online-yritykset kuten Google Wallet, PayPal ja Amazon Payments ovat myös vaihtoehtoisia maksupalveluita. PayPal-tilille voidaan siirtää rahaa ja tehdä ostoksia. PayPalin käyttö on myös turvallista. [10.]

6.4 NFC-lähimaksaminen

NFC:n lähimaksua käytetään lähinnä ostoksien maksuun myymälöissä ja kuljetuspalveluissa. Maksu tapahtuu fyysisesti, ja monet älypuhelimet on varustettu NFC-ominaisuudella. Kuluttaja asettaa matkapuhelimen lukijan viereen ja lukija hyväksyy lähimaksun. Yhteys syntyy laitteiden välille, kun laitteet koskettavat toisiaan tai ovat muutaman senttimetrin päässä toisistaan. Useimmat lähimaksut eivät vaadi todennusta, mutta jotkut lähimaksut vaativat todennusta käyttäen PIN-koodia. Maksu veloitetaan ennalta maksetulta tililtä tai se veloitetaan suoraan matkapuhelinliittymästä tai pankkitililtä suoraan. Alle 25 euron ostoksia voidaan maksaa NFC-lähimaksun avulla. Ilman tunnuslukua voi tehdä vain tietyn määrän ostoksia, ja ostoksien yhteissumma on rajattu turvallisuussyistä. [12.]

Kuvassa 15 näkyy NFC-lähimaksaminen. Matkapuhelin on asetettu lähelle lukijaa ja lukija hyväksyy maksun.



Kuva 15. NFC-lähimaksaminen [14].

7 Mobiiliverkon teknologia Afrikassa

Innovaatiota tapahtuu kaikkialla Afrikassa eri sektoreilla, esimerkiksi koulutuksessa, maataloudessa, energiantuotannossa ja teknologiassa. Monet innovaatiot ovat syntyneet erilaisten ongelmien ratkaisuna. Afrikassa populaatio kasvaa koko ajan, ja siellä on väestöä 1,1 miljardia. Maanosa koostuu 54 valtiosta. [6.]

Mobiiliteknologia on Afrikassa tärkeässä asemassa, ja useat innovaatiomenestystarinat liittyvät mobiililaitteisiin ja langattomaan teknologiaan. Useat mobiilipalvelut perustuvat SMS-viestien alustalle. Siihen on monia syitä. Perinteisen televiestinnän infrastruktuurin asentaminen vaikeaan maastoon tai harvaan asutulle alueelle on taloudellisesti haasteellista. Mantereella sähkön saatavuus on myös hajanaista erityisesti taajamien ulkopuolella. Akkua ja energiaa säästävät sovellukset ovat myös keskeisessä roolissa. Monet mobiilipalvelut toimivat SMS:n avulla myös vanhemmissa puhelinmalleissa. Vanhat puhelinmallit tarjoavat toimivuuden ja pitkäkestoisen akun. [6.]

Tällä hetkellä Afrikassa on yli 35 toiminnassa olevaa operaattoria, joilla on laajat tukiasemaverkot. Kattavuutta parannetaan koko ajan, ja monet ulkomaiset yritykset ovat kiinnostuneita erilaisista mahdollisuuksista ja kaupallisesta tarjonnasta. Monet mobiilipalvelut ovat hyödyttäneet maanviljelijöitä, sairaanhoitajia, lääkäreitä ja potilaita. [6.]

Pankki- ja maksupalvelut ovat siirtyneet mobiiliympäristöön. Palveluiden vaatimustasona on, että käyttäjälaitteella on yhteys 2G:hen ja SMS-verkkoon. Erilaisten sektorien ammattilaiset pääsevät näihin palveluun käsiksi ja se on helpottanut miljoonien ihmisten elämää. Monet yritykset ovat laajentaneet toimintaansa Afrikassa, esimerkiksi M-Pesa, joka aloitti toimintaansa Keniassa. M-Pesa on yksi menestystarinoista, ja se on laajentanut toimintaansa Intiassa, Afganistanissa ja Romaniassa. [6.]

Useat televerkko-operaattorit käynnistävät omia mobiilitekniikkaan perustuvia pankkipalveluita. Palveluiden avulla ihmiset voivat maksaa laskuja ja ostoksia, siirtää ja vastaanottaa rahaa matkapuhelimiin. Tämänkaltaiset maksujärjestelmät ovat osoittautuneet hyödyllisiksi. [6.]

Teknologia tuo mukanaan paljon uusia mahdollisuuksia. Innovaatiota tapahtuu myös muilla aloilla. Esimerkiksi pilvipohjaiset tietokannat auttavat viljelijöitä heidän ammatissaan.

Karjankasvattajan tilat sijaitsevat kaukana taajamien ulkopuolella. [6.] Kuvassa 16 näkyy karjankasvattaja, joka käyttää mobiilimaksun palveluja hyväksi.



Kuva 16. Mobiiliteknologia Afrikassa [7].

8 Telesom ja Telesom ZAAD -palvelu

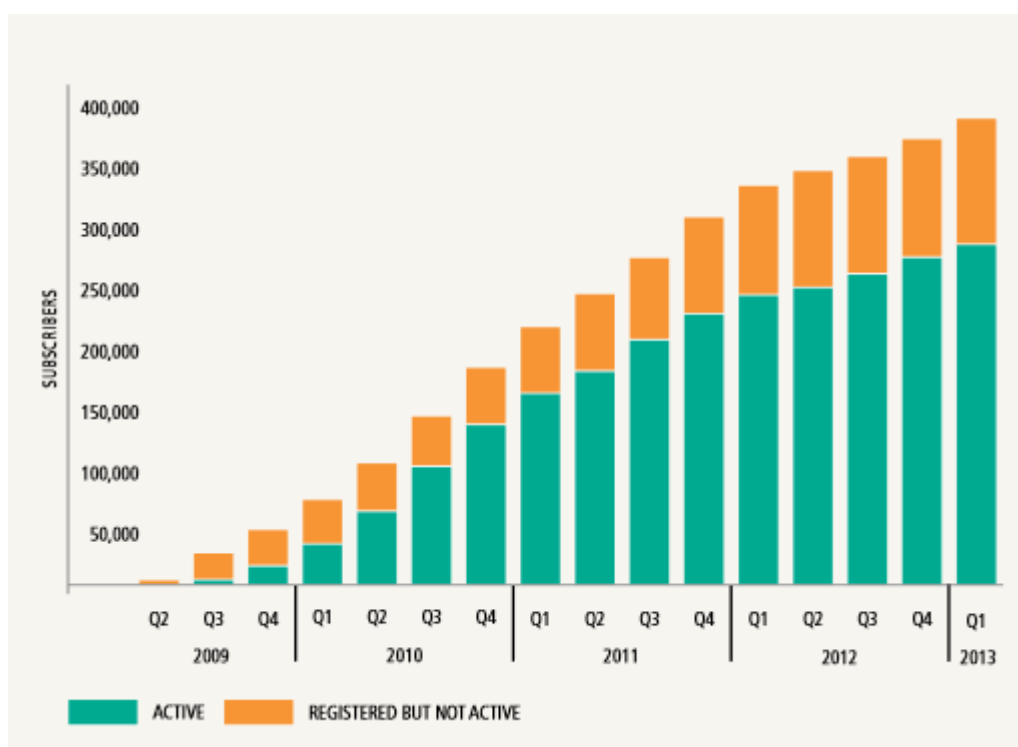
Telesom on yksityinen televiestintäyritys Somalimaassa. Liitteessä 1 on lyhyt esittely Somalimaasta. Paikalliset yrittäjät perustivat Telesomin vuonna 2002, ja pääkonttori sijaitsee Hargeisassa. Telesomista tuli ensimmäinen televiestintäyritys, joka tarjosi GSM-palveluja Somalimaassa. Yhtiöstä tuli televiestintäalan pioneereja kotimaan markkinoilla. Sen palveluihin kuuluvat GSM/GPRS/3G, kiinteä laajakaistayhteys ja Telesom ZAAD -palvelu. [3.]

Kesäkuussa 2009 Telesom esitteli Telesom ZAAD -palvelun, joka oli ensimmäinen mobiili rahapalvelu. Kesäkuussa 2012 lähes 40 % verkon käyttäjistä oli aktiivisia käyttäjiä. Käyttäjät tekivät keskimäärin noin 30 tapahtumaa kuukaudessa, kun maailmanlaajuinen keskiarvo oli paljon pienempi, 8,5 tapahtumaa kuukaudessa. Vuonna 2015 kymmenestä kärkimaasta maailmassa, jotka käyttivät mobiilirahapalveluja, kahdeksan maata oli Saharan eteläpuolisesta Afrikasta. Telesom ZAAD on saanut tunnustusta, ja se on yksi maailman menestyneimpiä mobiilirahapalvelujen tuottajia. [3.]

Telesom ZAAD on onnistunut vakuuttamaan käyttäjät pitämään rahansa nettilompa-koissa. Se on helpottanut palkanmaksajien ja kauppiaiden työtä. Telesom päätti maksaa kaksi kuukautta ennen Telesom ZAAD:n julkaisua, että se maksaisi 1 430 työntekijälleen yksinomaan mobiilisena rahana. Se oli rohkea päätös, ja muut yritykset alkoivat maksaa omille työntekijöilleen palkkaa käyttäen Telesom ZAAD -palvelua. Telesom halusi myös työntekijöidensä olevan palvelun suurlähettiläitä ja alkavan käyttää Telesom ZAAD -palvelua muun muassa vuokran maksamisessa, ostoksissa ja rahan siirrossa. [3.]

Telesom ZAAD -palvelun avulla voi toteuttaa kotimaan rahasiirtoja, ulkomaan rahasiirtoja, P2B-ostoksia, terveystalvumaksuja, erilaisten palveluiden ostoja ja kuukausittaisia laskuja. Yrityksille on oma erillinen P2B-palvelu, johon sisältyvät esimerkiksi ostot, maksut, palkanlaskenta ja muut kulut. Muita palveluita ovat muun muassa puhelu- ja internet-palvelujen laskujen maksaminen. [3.]

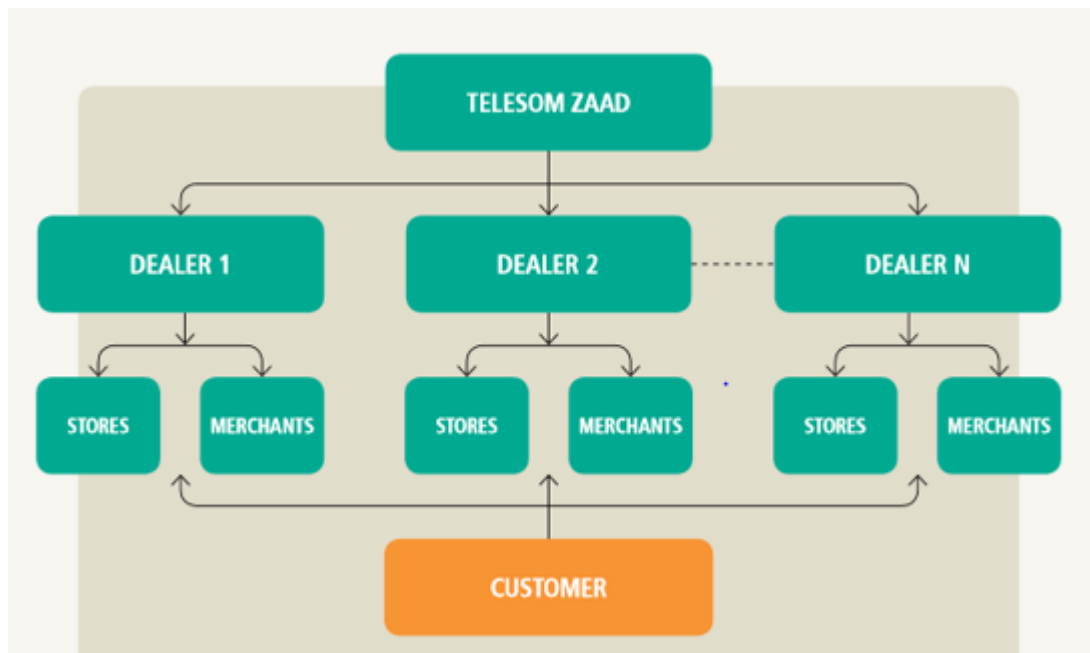
Kuva 17 havainnollistaa Telesom ZAAD -palvelun käyttäjämäärän kasvun. Vuoden 2009 alussa aktiivisia käyttäjiä oli alle 50 000. Vuoden 2013 alussa aktiivisia käyttäjiä oli yli 250 000. [3.]



Kuva 17. Telesom ZAAD-palvelun käyttäjämäärän kasvu [3].

Bill Gates [9]. on hyväntekeväisyysjärjestö Bill ja Melinda Gatesin säätiön osa-omistaja ja entinen Microsoftin puheenjohtaja. Hän piti puheen Bostonissa vuonna 2014, ja siinä hän ylisti Telesom ZAAD -palvelua sen toimivuudesta ja helppokäyttöisyydestä. Tulokset ovat olleet rohkaisevia. Telesom on tuonut markkinoille mobiileille rahajärjestelmille uuden mallin, jossa asiakkaita opastetaan pitämään rahat järjestelmässä sen sijaan, että käytettäisiin rahaa. Telesom ZAAD on selvästi onnistunut tuomaan rahoituspalveluja ihmisille. Sen mobiili rahapalvelu on muuttanut ihmisten liiketoimintaa Somalimaassa tekemällä liiketoiminnasta helpompaa, turvallisempaa ja nopeampaa. [3.]

Telesom ZAAD-palvelun jälleenmyyjät ovat vastuussa ja valvovat kauppvoja. Yrityksen johto sekä jälleenmyyjät ovat suoraan vuorovaikutuksessa asiakkaan kanssa. [3.] Kuvassa 18 nähdään Telesom ZAAD-palvelun toimintamalli.



Kuva 18. Telesom ZAAD:n toimintamalli [3].

9 ZAAD-palvelun käyttö

Ennen kuin halutaan käyttää Telesom ZAAD -palvelua, pitää rekisteröityä käyttäjäksi. Siihen tarvitaan henkilöllisyystodistus, ja rekisteröinti tehdään myyntikonttorissa. Käyttäjälle myönnetään 4-numeroinen avainluku ZAAD-rekisteröinnin jälkeen. Käyttäjä aktivoi tilin saamallaan tiedoilla. Konttori myöntää SIM-kortin, joka sisältää henkilökohtaisen Telesom ZAAD -palvelun. Käyttäjä voi myyntikonttorissa tallettaa rahaa omalle Telesom

ZAAD -tilille. Jos tilillä on valmiiksi rahaa, käyttäjä voi nostaa käteistä myyntikonttorissa omalta Telesom ZAAD -tililtä. [3.]

Aktivoinnissa käyttäjän tarvitsee näppäillä puhelimeen *888#. Sen jälkeen käyttäjä näppäilee 4-numeroisen avainluvun. Tämän jälkeen käyttäjä luo tilille 4-numeroisen PIN-koodin. Käyttäjä voi myös vaihtaa kielen. Aluksi näppäillään *888#. Sen jälkeen näppäillään PIN-koodi, jonka jälkeen päästään valikkoon. Kun halutaan päästä tilin hallintaan, valitaan valikosta numero 7. Sieltä valitaan numero 3, joka on kielen vaihtaminen. Sovellus tarjoaa palvelua somalian tai englannin kielellä. Käyttäjä valitsee jommankumman vaihtoehdon. Yksi yksinkertainen toiminto palvelussa on tilin saldon tarkastaminen. Aluksi näppäillään *888#. Sen jälkeen syötetään PIN-koodi ja valitaan valikosta vaihtoehto 1, joka näyttää tilin saldon. [8.]

Telesom ZAAD -palveluun pääsy edellyttää käyttäjältä näppäilyä *888#. Se johtaa pääsyn valikkoon, johon sisältyy paljon erilaisia toimintoja. Toimintoja voi olla esimerkiksi kadotetun tilin sulkeminen, käteisen nostaminen, saldon lataaminen puhelimeen, saldon lataaminen toiseen puhelimeen, ostosten hoitaminen, laskujen maksaminen. [8.]

Kuvassa 19 näkyy Telesom ZAAD -palvelun valikko. Valikosta voi valita erilaisia toimintoja, kuten esimerkiksi saldon lataaminen puhelimeen tai käteisen nostaminen. Saldon lataaminen on valikossa numero 6. Käteisen nostaminen on valikossa numero 3.

Kuva 19. Telesom ZAAD -palvelun valikko [8].



10 Yhteenveto

Ensimmäisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmät olivat analogisia datapalveluiltaan. Toisessa sukupolvessa järjestelmää muutettiin digitaaliseksi, ja se toi mukanaan uusia ominaisuuksia, kuten tekstiviestien lähetyksen. 2.5G-järjestelmä oli paranneltu versio 2G-järjestelmästä. 3G-järjestelmä on tuonut mukanaan datasiirtonopeuden kasvun, ja järjestelmä tukee multimediapalveluja. CDMA on yksi radiotekniikka, jota käytetään matkapuhelinjärjestelmissä. Radiolähetykset on koodattu siten, että samaa radiokanavaa käyttävät radiolähetyksen ottavat vastaan saman koodin lähetyksiä vastaanottimessa.

Afrikassa mobiilipalveluiden järjestelmissä tapahtuu paljon innovaatiota. Pankki- ja maksupalvelut ovat yksi menestystarinoista. Telesom on tietoliikenne- ja internetpalvelutarjoaja ja se on tuonut markkinoille oman mobiilirahapalvelun. Telesom ZAAD -palvelun avulla voidaan toteuttaa kotimaan rahasiirrot, ulkomaan rahasiirrot, P2B-ostokset, terveyspalvelumaksut, erilaisten palveluiden maksut ja kuukausittaiset laskutukset.

Insinööriyössä onnistuttiin mielestäni saavuttamaan asetetut tavoitteet. Olen tyytyväinen omaan työtulokseeni. Työssä opin syventymään matkapuhelinjärjestelmiin ja niiden palveluihin. Nykyään markkinoilla ovat 4G-järjestelmät ja tulevaisuudessa on kehitteillä 5G-järjestelmä. Työtä voisi jatkaa tutkimalla, miten nämä järjestelmät tuovat muutoksia Telesom ZAAD -palveluun. Tiedonsiirron tarve jatkaa kasvuaan ja nyt eletään globaalissa murroksessa. Innovaation ja luovuuden avulla voidaan luoda uusia tapoja tehdä asioita.

Lähteet

- 1 Korhonen, Juha. 2003. Introduction to 3G Mobile Communications. Boston: Artech House.
- 2 Richardson, Andrew. 2005. WCDMA Design Handbook. Cambridge University Press.
- 3 Telesom-Somaliland. 2013. Verkkodokumentti. GSMA. <http://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2013/07/Telesom-Somaliland.pdf>. Updated July 2013. Luettu 13.1.2016.
- 4 Somalia in top 10 countries with highest use of mobile money. 2015. Verkkodokumentti. Dutchsom Business. <http://www.dutchsom.com/media/somalia-top-10-countries-highest-use-mobile-money/>. Updated 12.2.2015. Luettu 13.1.2016.
- 5 Telesom. Verkkodokumentti. Telesom Company. <http://telesom.com/about-us/>. Luettu 16.1.2016.
- 6 Africa's mobile boom powers innovation economy. 2014. Verkkodokumentti. BBC. <http://www.bbc.com/news/business-28061813>. Updated 1 July 2014. Luettu 18.1.2016.
- 7 Connected agriculture – mobile technology and small farmers. 2012. Verkkodokumentti. Oxfam. <http://www.oxfamlogs.org/eastafrica/?p=3615>. Updated 10 January 2012. Luettu 19.1.2016.
- 8 ZAAD Service. Verkkosivu. ZAAD. <http://www.zaad.net/>. Luettu 1.2.2016.
- 9 Bill Gates Speak Telesom. 2014. Verkkodokumentti. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=9R5fgGvaOpg>. Updated 26.10.2014. Katsottu 12.2.2016.
- 10 Mobile payment. Verkkodokumentti. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_payment/. Luettu 12.4.2016.
- 11 W-CDMA. Verkkodokumentti. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/W-CDMA/>. Luettu 12.4.2016.
- 12 Mobiilimaksaminen. Verkkodokumentti. NFC-tunniste. <http://nfc-tunniste.weebly.com/maksaminen.html/>. Luettu 12.4.2016.
- 13 Different types of Mobile Pay. Verkkosivu. SlideShare. <http://www.slideshare.net/wiggieinc/ad-gone-viral/>. Luettu 16.4.2016.

- 14 Are NFC payments something that i can use? Verkkodokumentti. Gadget Helpline. <http://www.gadgethelpline.com/nfc-payments/>. Luettu 17.4.2016.

Tietoa Somalimaasta

SOMALILAND FACTS AND FIGURES

Somaliland is a small territory located in the Horn of Africa. In May 1991, after years of civil war, the people of Somaliland declared unilateral independence from Somali Democratic Republic. Although Somaliland is not recognised as a country by the international community, it has developed its own governing institutions and currency and it functions independently from the rest of Somalia. Constitutionally, the Republic of Somaliland is a democratic country with a multi-party system.

Telecommunications in Somaliland

Telecommunications is one of the most dynamic and innovative industry sectors in Somaliland, but it is also very competitive. There are four MNOs operating in Somaliland alone and seven more in the rest of Somalia. Mobile penetration is less than 45% and fierce competition has led MNOs to offer some of the world's cheapest mobile rates.^b The telecommunications industry is investing heavily in this region to improve connectivity; 3G has already been rolled out in some regions and the port city of Berbera will soon be connected to the Eastern Africa Submarine Cable System via Djibouti.



POPULATION IN 2010

3.85m

55% OF SOMALILANDERS
ARE NOMADS

700,000 PEOPLE LIVE IN HARGEISA,
THE CAPITAL CITY.^a

YEARLY PER CAPITA INCOME

\$250-\$350^a

NATIONAL EMPLOYMENT RATE

52.6%^a

GDP

\$1.05b

NOMINAL PRICE

\$2.10b

(PPP)^a

OFFICIAL CURRENCY

SOMALILAND SHILLING. WHILE SOMALILAND SHILLINGS ARE WIDELY USED FOR SMALL VALUE TRANSACTIONS, SOMALILAND IS A DUAL CURRENCY MARKET AND US DOLLARS ARE WIDELY USED AND GENERALLY MORE TRUSTED.