

Veli-Matti Halminen

ITSEORGANISOITUVAT VERKOT (SON)

Tietotekniikan koulutusohjelma

2016

ITSEORGANISOITUVAT VERKOT

Halminen, Veli-Matti
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2016
Ohjaaja: Aromaa, Juha DI
Sivumäärä: 45
Liitteitä: -

Asiasanat: Itseorganisoituvat verkot, LTE, Matkapuhelinverkko, Verkonhallinta

Perinteisesti matkapuhelinverkkojen tukiasemien konfigurointi on hoidettu manuaalisesti hallintajärjestelmän työkaluja käyttäen. Operaattorien verkoissa tukiasemien määrä kasvaa kuitenkin suureksi muun muassa 4G:n vaikutuksesta. Konfigurointi on työlästä sekä osittain manuaalista. Muun muassa näistä syistä automaattisia vaiheita on nähty tarpeellisiksi määritellä mahdolliseksi konfigurointiin, sekä jatkossa myös verkon optimointiin.

Verkot muuttuvat itseorganisoituviksi ja kykenevät tietynlaisten reunaehtojen vallitessa hakemaan itse tarvittavat konfiguraatiotiedot, optimoimaan itseään sekä tekemään itsenäistä vianselvitystä.

Työssä tutkittiin ja kuvattiin kyseistä konseptia muun muassa suosituksiin ja kirjallisuuteen perustuen. Työhön liitettiin myös katsaus operaattorin tuotantoverkkoon.

SELF-ORGANIZING NETWORKS (SON)

Halminen, Veli-Matti
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology
November 2016
Supervisor: Aromaa, Juha M.Sc
Number of pages: 45
Appendices: -

Keywords: Cellular network, LTE, Network management, Self-Organizing networks

Traditionally the configuration of mobile network base stations is made manually using management system tools. In the operator's networks the number of base stations however increases, because of the 4G influence. Configuration is laborious and partly manual. Among other things for these reasons it was considered necessary to define the possible configuration, as well as in future also to optimize the network etc. of automated steps.

Networks are changing to self-organizing. They are able to self-configure within a certain boundary conditions. They can also make self-optimization and self-healing.

In this thesis the focus was to research and explain the concept based on the recommendations and the literature. A review of the operator's production network was also included in the thesis.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	MOBIILIVERKKOJEN KEHITYS.....	9
2.1	0G.....	9
2.2	1G.....	10
2.3	2G.....	10
2.4	3G.....	11
3	4G.....	13
3.1	4G-arkkitehtuuri.....	13
3.2	4G kehitys.....	15
4	SON.....	17
4.1	SON-julkaisut.....	18
4.2	SON-arkkitehtuuri.....	19
4.3	SON-ominaisuudet.....	21
4.4	Itsekonfigurointi.....	22
4.5	Itseoptimointi.....	26
4.6	Itsekorjautuvuus.....	32
4.7	SON-ratkaisut.....	34
4.8	Monen tekniikan SON.....	36
4.9	SON 5G-verkossa.....	38
5	OPERAATTORIN TEKNIikkaAN TUTUSTUMINEN.....	40
5.1	Konfigurointi.....	40
5.2	Optimointi.....	41
5.3	Viankorjaus.....	41
6	YHTEENVETO.....	42
	LÄHTEET.....	44
	LIITTEET	

LYHENTEET

0G	Matkapuhelinverkkojen nolla sukupolvi
1G	Matkapuhelinverkkojen ensimmäinen sukupolvi
2G	Matkapuhelinverkkojen toinen sukupolvi
2,5G	General Packet Radio Service
2,75G	Enhanced Data rates for GSM Evolution
3G	Matkapuhelinverkkojen kolmas sukupolvi
3,5G	High-Speed Downlink Packet Access
3,75G	High-Speed Uplink Packet Access
3GPP	3rd Generation Partnership Project
4G	Matkapuhelinverkkojen neljäs sukupolvi
5G	Matkapuhelinverkkojen viides sukupolvi
ANDSF	Access Network Discovery and Selection Function
ANR	Automatic Neighbor Relation
ARP	Autoradiopuhelin
BCCH	Broadcast Control Chanel
CM	Configuration Management
C-RNTI	Cell Radio Network Temporary Identifier
Down-Link	Download Link
ECGI	E-UTAN Cell Global Identifier
ECI	E-UTRAN Cell Identifier
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EPDG	Evolved Packet Data Gateway
EPC	Evolved Packet Core
EPS	Evolved Packet System
Evolved HSPA	High-Speed Packet Access
FM	Fault Management
Gbit/s	Gigabitti / sekunti
GSM	Groupe Spécial Mobile
GSM	Global System for Mobile Communications
GPRS	General Packet Radio Service
GUI	Graafinen käyttöliittymä
HSS	Home Subscriber Server

HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
HSPA+	Evolved High Speed Packet Access
HSUPA	High-Speed Uplink Packet Access
ID	Tunniste
ITU	International Telecommunication Union
IPsec	IP Security Architecture
LTE	Long Term Evolution
MAC	Media Access Control
Mbit/s	Megabitti / sekunti
MHz	Megahertzi
MME	Mobility Management Entity
MLB	Mobility Load Balancing
NAS	Non-access Stratum
NE	Network Element
NEM	Network Element Manager
NGMN	Next Generation Mobile Networks
NMT	Nordic Mobile Telephone
NRT	Neighbor Relation Table
PCH	Paging Channel
PCI	Physical Cell ID
PCID	Physical Cell ID
PCM	Pulse Code Modulation
PDN	Packet Data Network
PGW	PDN Gateway
PM	Performance Management
QoS	Quality of Service
RACH	Random-access Channel
RLF	Radio Link Failure
RRC	Radio Resource Control
RRM	Radio Resource Management
RTT	Round Trip Time
SAE	System Architecture Evolution
SGSN	Serving GPRS Support Node
SGW	Serving Gateway

SON	Self-Organizing Networks
TCI	Target Cell Identifier
Up-Link	Upload Link
VLAN	Virtual Local Area Network
V-SON	Virtual Self-Organizing Networks

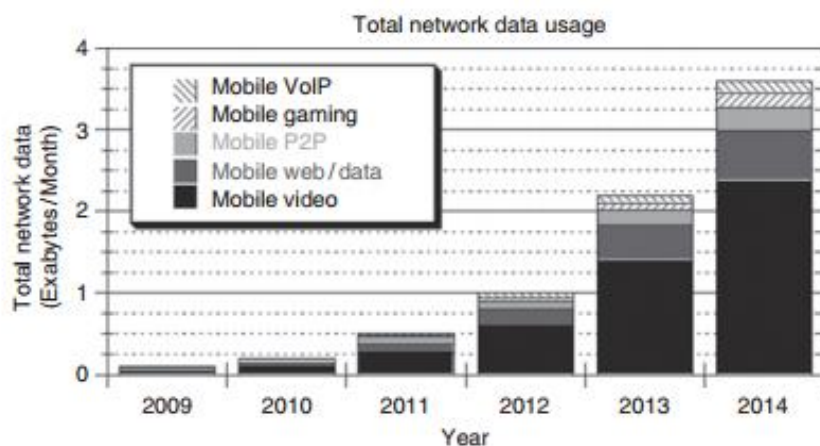
1 JOHDANTO

Mobiiliverkkoa käyttävien laitteiden, kuten älypuhelimien määrän nopea kasvu viime vuosina on painostanut operaattoreita kehittämään mobiiliverkoistaan yhä nopeampia. Mobiiliverkkojen nopeuksien kasvaessa ja päätelaitteiden määrän lisääntyessä verkolta vaaditaan myös koko ajan enemmän. Kattava ja nopea verkko tarvitsee toimiakseen paljon tukiasemia. Tukiasemien suuri määrä taas lisää ylläpito- ja päivitystarvetta. Manuaalisesti tehtävä päivitys, sekä ylläpito on hidasta, virhealtista ja kallista. Tästä syystä on alettu kehittämään itse-organisoiuvia verkkoja. [1]

Tässä opinnäytetyössä keskitytään automaatioteknologiaan, joka on nimeltään SON (Self-Organizing Networks), eli itse-organisoituva verkko. SON on teknologia, joka on kehitetty minimoimaan manuaalisen työn määrää, parantamaan suorituskykyä dynaamisella optimoinnilla, sekä reaaliaikaisella virheenkorojauksella poistamaan verkon ongelmia. Toimiessaan oikein se helpottaa hankalasti hallittavien verkkojen ylläpitoa ja parantaa kustannustehokkuutta. [1]

2 MOBIILIVERKKOJEN KEHITYS

Matkapuhelinverkot voidaan jakaa eri sukupolviin käytössä olevan tekniikan ja ominaisuuksien mukaan. Tällä hetkellä tekniikoissa ollaan neljännessä sukupolvessa, eli 4G:ssä. Kehitys jatkuu koko ajan ja lähitulevaisuudessa odotettavissa on viidennen sukupolven, eli 5G:n markkinoille tuleminen. Sukupolvien vaihtuessa matkapuhelinverkkojen nopeus on kasvanut, myös tekniikat ja ominaisuudet ovat muuttuneet todella paljon. Motiivi matkapuhelinverkkojen nopealle kehitykselle varsinkin viime vuosina on ollut datamäärien nopea kasvu, joka näyttää yhä tulevaisuudessa jatkuvan. Sitä ei tiedetä kuinka kauan datamäärien kasvu jatkuu, mutta suunnitteilla on tekniikoita, jotka pyrkivät vähentämään datamääriä verkossa muun muassa pakkaamalla verkossa kulkevaa dataa. Erityisesti videon pakkaaminen on keskeisessä roolissa kun datamääriä yritetään pienentää. Pakkaaminen ei kuitenkaan yksin riitä, vaan myös verkkojen kapasiteetin pitää nousta koko ajan.



Kuva 1. Mobiiliverkon liikenteen kasvu [1]

2.1 0G

0G (Zeroth generation) on lyhenne nolla sukupolven matkapuhelintekniikoille. Tekniikat olivat analogisia. Rauhanajan rautatieliikenteen synkin päivä, eli 15.3.1957 an-

toi vauhtia langattomien verkkojen ja radiopuhelimien kehittämiseksi. Haluttiin varmistaa, että Hämeessä tapahtunut vakava rautatieonnettomuus ei enää toistu. Autoradiopuhelin, eli ARP oli ensimmäinen kaupallisesti Suomessa toiminut matkapuhelinverkko joka otettiin käyttöön jo vuonna 1971. Autoradiopuhelinverkko oli alkeellinen tekniikka, jossa ei esimerkiksi verkon solujen välillä liikkuminen toiminut vielä automaattisesti, niinpä liikuttaessa puhelut usein katkesivat. Tukiasemia oli myös todella harvassa, sillä niitä oli vain 140 kappaletta koko Suomessa. Tämä hankaloitti verkon toimintaa ja aiheutti katveja. Tekniikan alkeellisuudesta johtuen verkko tuli erittäin ruuhkaiseksi ja tämä johti siihen, että pahoin ruuhkautuneelle verkolle alettiin kehittää korvaajaa. [2]

2.2 1G

1G (First generation) on lyhenne ensimmäisen sukupolven matkapuhelinverkolle. Suuri edistysaskel 1G:ssä oli automaattinen siirtyminen tukiasema solusta toiseen, jolloin puheyhteys säilyi esimerkiksi liikkuvassa autossa. NMT (Nordic Mobile Telephone) on pohjoismaissa käytössä ollut ensimmäisen sukupolven standardi analogisille matkapuhelinteknologioille. NMT:ssä solukoko oli muutettavissa. Solukokoa pienentämällä kapasiteettia saatiin nostettua, mutta kuuluvuusalue pieneni. Kantavuutta saatiin taas lisää, kun solu koko oli suurempi, mutta tämä taas laski kapasiteettia. NMT-verkossa puhelut olivat täysin salaamattomia. Verkon kapasiteetti oli myös rajallinen ja se alkoi ruuhkautua pahasti. Nämä puutteet loivat paineita seuraavan verkotekniikan kehityksen aloittamiselle. [3,4]

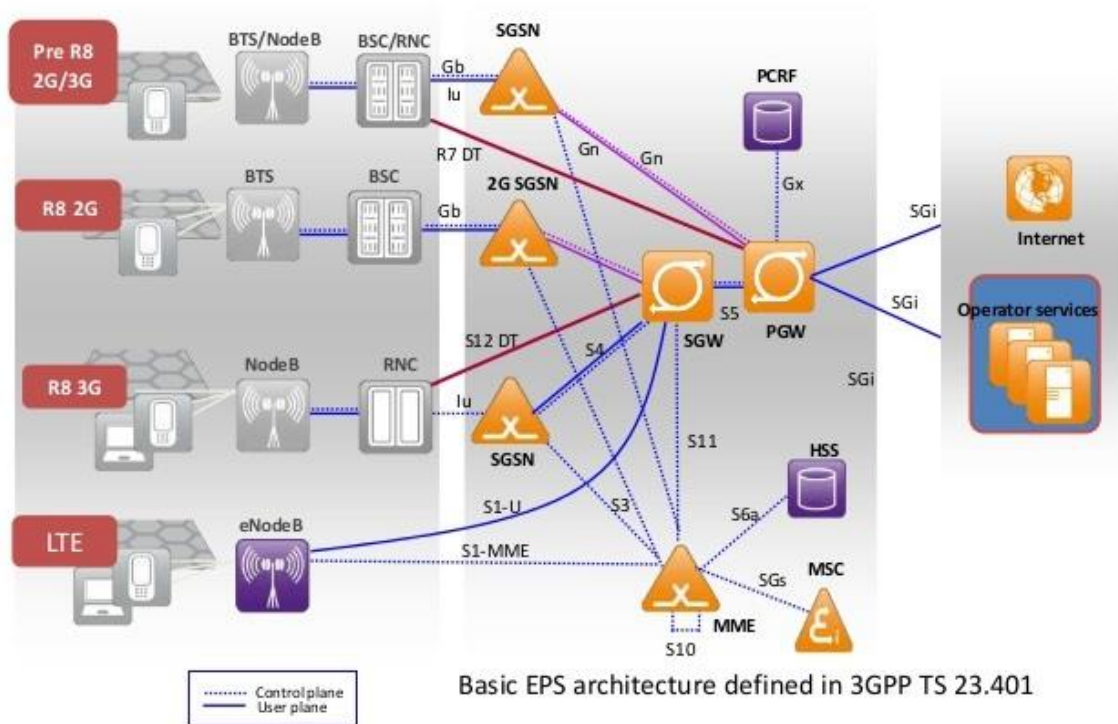
2.3 2G

2G (Second generation) on lyhenne toisen sukupolven matkapuhelintekniikoille, joita on kutsuttu myös nimellä GSM. Vuonna 1992 GSM-verkko aukesi kaupalliseen käyttöön Suomessa. Aluksi GSM-verkko toimi Suomessa 900 MHz:n taajuudella. Käyttäjämäärän lisääntyessä perustettiin myös 1800 MHz:n verkko. Tiedonsiirron tarve kuitenkin lisääntyi koko ajan, joten GSM-verkkoihin alettiin kehittää pakettikytkentäistä ratkaisua datasiirtoa varten. Kehityksen tuloksena syntyi GPRS (General Packet Radio Service), joka tuli kuluttajien saataville vuonna 2000. GPRS-tekniikasta käytetään

myös nimitystä 2,5G. Mobiiliverkoissa datan siirtomäärän jatkaessa kovaa kasvua ja kysyntä nopeammille verkoille johtivat siihen, että GPRS ei enää riittänyt, vaan GPRS:n korvasi lopulta EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution). Uusi tekniikka, joka teoriassa lupasi noin kolme kertaa nopeamman tiedonsiirron, otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 2003. EDGE:stä käytetään myös lyhennettä 2,75G ja EGPRS. Nykyisin vanhanaikaisia 2G-verkkoja ollaan ajamassa alas monissa maissa. [5,6]

2.4 3G

3G (Third generation) on lyhenne kolmannen sukupolven matkapuhelintekniikoille. 3G on GSM:n seuraajaksi suunniteltu matkapuhelinteknologia. Kuten 2G:ssä myös 3G:hen on tullut laajennuksia, jotka ovat tuoneet lisää ominaisuuksia ja nostaneet nopeuksia. 2G:hen verrattuna 3G on todella paljon nopeampi. 3G nosti verkon nopeuden lähelle laajakaistojen nopeutta, joka oli aikanaan suuri edistysaskel. Aikaisempien sukupolvien tapaan myös 3G:hen on tullut laajennuksia. HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) on tekniikka joka nostaa latausnopeutta. HSDPA-laajennusta on kutsuttu myös lyhenteellä 3,5G. HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) taas on tekniikka joka nostaa lähetysnopeutta. HSUPA-tekniikkaa on kutsuttu myös 3,75G lyhenteellä ja usein sillä tarkoitetaan näitä molempia tekniikoita. Nämä tekniikat parantavat modulaatiota ja nopeuttavat hukkuneen paketin uudelleen lähetystä. Nopeuden noston lisäksi nämä tekniikat laskevat RTT:n (Round Trip Time) murto-osaan siitä, mitä se on Rel99-yhteyksissä, eli ensimmäisen julkaisun tekniikassa. Evolved HSPA (High-Speed Packet Access) on päivitys, jota kutsutaan myös nimellä HSPA+. Se on tekniikka, joka nostaa latausnopeuden 42 Mbit/s ja lähetysnopeuden 11 Mbit/s. [7,8]



Kuva 2. Pakettirunkoverkon arkkitehtuuri. [9]

3 4G

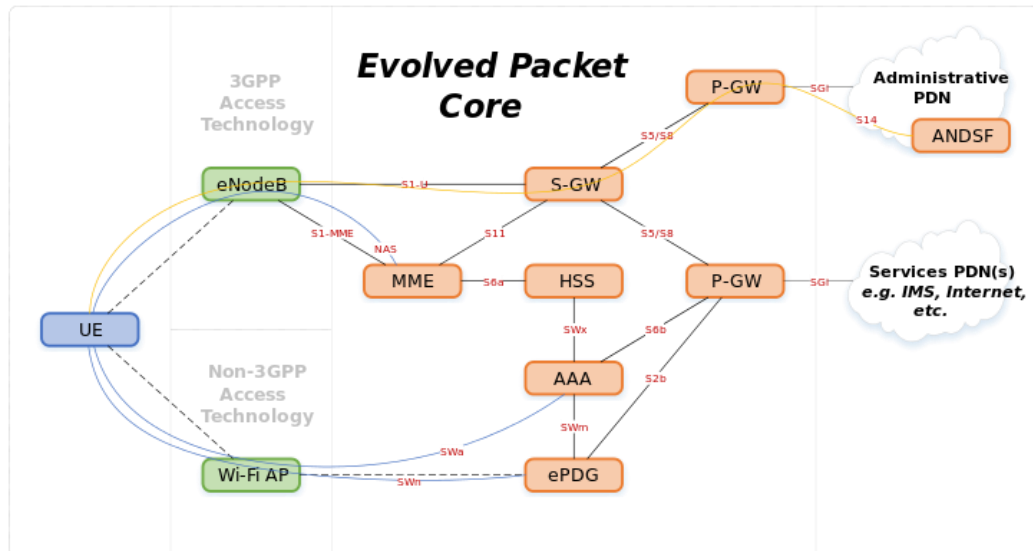
4G (Fourth generation) on lyhenne neljännen sukupolven langattomille mobiiliverkotekniikoille. Euroopassa verkot toimivat 1800 MHz ja 2600 MHz taajuuksilla. ITU (International Telecommunication Union) eli kansainvälinen televiestinliitto on määritellyt nopeusvaatimukset 4G-tekniikalle. Huippunopeus päätelaitteelta mitattaessa pitäisi olla hitaassa liikkeessä 1Gbit/s ja nopeassa liikkeessä 100Mbit/s. Käytännössä ollaan vastaanottonopeudessa tasolla 10-100Mbit/s ja lähetysnopeudessa 5-20Mbit/s. Usein 4G-tekniikasta puhuttaessa käytetään myös lyhennettä LTE (Long Term Evolution) joka viittaa 4G:n radioverkkoon ja radiorajapintaan.

Nopeus, kustannusten laskeminen ja vanhojen järjestelmien monimutkaisuus olivat keskeisiä tekijöitä, miksi LTE-tekniikkaa lähdettiin kehittämään. Suunnittelun lähtökohdaksi oli myös se, että uusi järjestelmä toimii vanhojen järjestelmien rinnalla ilman, että se lisää käyttökustannuksia. [10]

3.1 4G-arkkitehtuuri

4G-verkon arkkitehtuuri voidaan jakaa kahteen osaan. SAE (System Architecture Evolution) on verkon osa, johon kuuluu niin sanottu runkoverkko. LTE (Long Term Evolution) on verkon osa, johon kuuluu päätelaite, radiorajapinta ja radioverkko.

Neljännen sukupolven runkoverkko, eli SAE on GPRS-runkoverkon seuraaja, johon on tehty joitain muutoksia. Siinä on esimerkiksi yksinkertaistettu arkkitehtuuri ja se käyttää ip-tekniikkaa (Internet Protocol). EPC (Evolved Packet Core) on SAE:n ydin ja tärkein osa. EPC voidaan jakaa vielä pienempiin osiin, joista kerrotaan seuraavaksi. [11]



Kuva 3. 4G arkkitehtuuri. [11]

ANDSF (Access Network Discovery and Selection Function) on verkon osa, joka auttaa päätelaitetta löytämään lähellä olevat liittymät. Se hallitsee ja huolehtii yhteyksistä näihin verkkoihin. ANDSF antaa tietoa päätelaitteelle yhteyksistä 3GPP-standardin (3rd Generation Partnership Project) verkkoihin ja verkkoihin, jotka eivät ole 3GPP-standardin verkkoja. [11]

EPDG (Evolved Packet Data Gateway) on verkon osa, jonka tarkoitus on tiedonsiirron turvaaminen. Sen päätehtävänä on tarjota turvallisia menetelmiä epäluotettaville yhteyksille, jotka eivät käytä 3GPP-teknologiaa. Tiedonsiirron turvaamiseen käytetään esimerkiksi IPsec (IP Security Architecture) tunnelointia. EPDG toimii päätesolmuna päätelaitteen kanssa luoduille IPsec-tunneleille. [11]

HSS (Home Subscriber Server) on tietokanta, johon tallentuu käyttäjään ja käyttäjän profiiliin liittyviä tietoja. Se sisältää erilaisia toimintoja, kuten käyttäjän tunnistaminen, käyttöoikeudet, liikkuvuuden hallinta, sekä puhelun ja istuntojen muodostamisen tuki. [11]

MME (Mobility Management Entity) on hallintayksikkö, joka vastaa kaikista hallinnan tasolla tapahtuvista operaatioista. MME hoitaa myös päätelaitteiden autentikoinnin vuorovaikutuksessa HSS:n kanssa. Siihen päättyy myös kaikki NAS-signaali

(Non-access stratum). Se toimii myös 2G- sekä 3G-verkkojen ensimmäisenä rajapintana ja se vastaa SGSN:n (serving GPRS support node) valinnasta. [11]

PGW (PDN Gateway) on lähtevän ja saapuvan liikenteen yhdyskäytävä. Se tarjoaa päätelaitteelle yhteydet ulkoisiin pakettidataverkkoihin. Päätelaite voi olla yhteydessä useaan PGW:hen samaan aikaan avatakseen useita PDN-yhdyskäytäviä. PGW suorittaa laillista telekuuntelua ja pakettien seulontaa. Se suorittaa myös pakettisuodatusta, latauksen tukea sekä politiikkojen asettamista. [11]

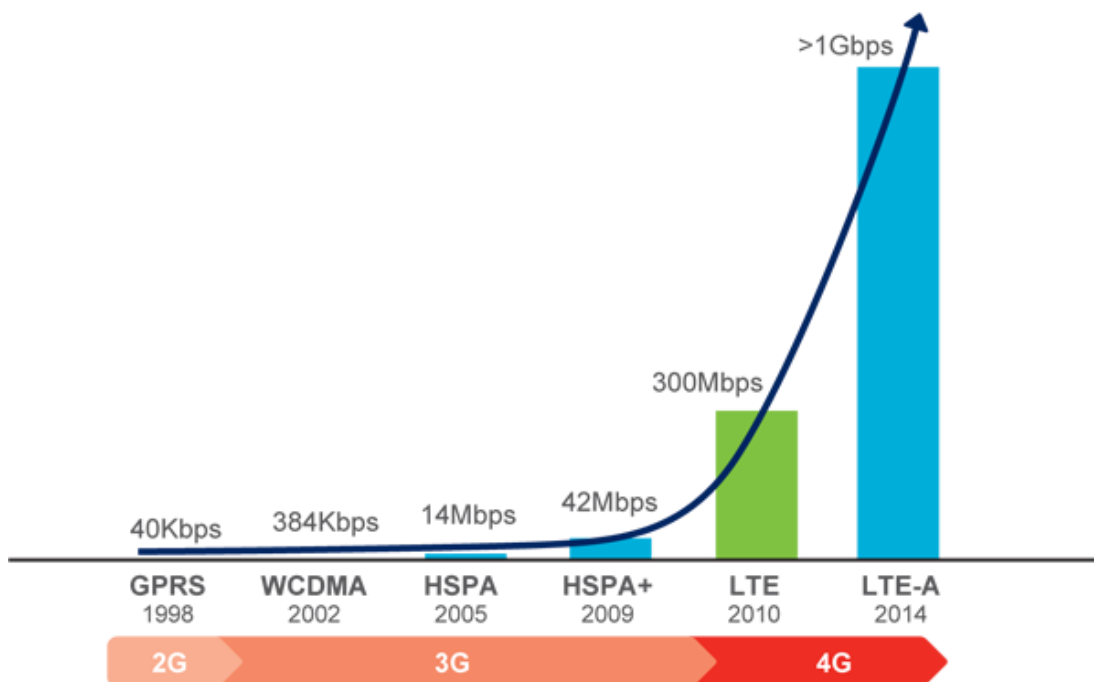
SGW (Serving Gateway) toimii muun muassa datapakettien reitittäjänä ja välittäjänä. Se toimii liikkuvuuden ankkurina eri tukiasemaan vaihdettaessa. SGW toimii myös LTE- ja muiden 3GPP-tekniikoiden välisenä ankkurina. SGW lopettaa latauslinkin, kun päätelaite on lepotilassa ja käynnistää laitehaun, kun päätelaitteelle saapuu dataa. SGW hallinnoi ja tallentaa päätelaitteen yhteyksien reititystietoja ja verkkopalveluiden parametreja. [11]

Neljännän sukupolven radioverkko koostuu pelkästään LTE-tukiasemista, joita kutsutaan nimellä e-NodeB (Evolved NodeB). Nämä ovat syntyneet evoluution tuloksena UMTS-verkoissa käytetyistä NodeB-tukiasemista ja ne eivät tarvitse erillistä ohjainta, kuten NodeB-tukiasema. LTE-tukiasema kommunikoi suoraan päätelaitteiden kanssa kuten GSM-verkkojen tukiasema, jota kutsutaan nimellä BTS (Base Transceiver Station) GSM-verkoissa. LTE on ensimmäinen mobiiliverkkotekniikka, jossa lähetykseen ja lataamiseen käytetään eri tekniikkaa.[11]

3.2 4G kehitys

LTE-tekniikkoihin on tullut laajennus, joka on nimeltään LTE Advanced (Long Term Evolution Advanced). Kyseessä ei ole uusi tekniikka, vaan päivitys alkuperäiseen LTE-tekniikkaan. LTE-Advanced tekniikassa nopeudet pitäisivät olla latauksessa 1 Gbit/s ja lähetyksessä 500 Mbit/s. Se tarjoaa merkittävästi nopeammat yhteydet kuin perus LTE-tekniikka. LTE-Advanced tekniikka täyttää vaatimukset, jotka oikeuttavat

4G-nimitykseen. Tulevaisuudessa 4G-tekniikoihin on varmasti tulossa lisää päivityksiä ja seuraavan sukupolven kehitys on jo aloitettu. Kuten 4G:n, myös 5G:n yhtenä lähtökohtana on, että se toimii vanhojen järjestelmien rinnalla. [12,13]

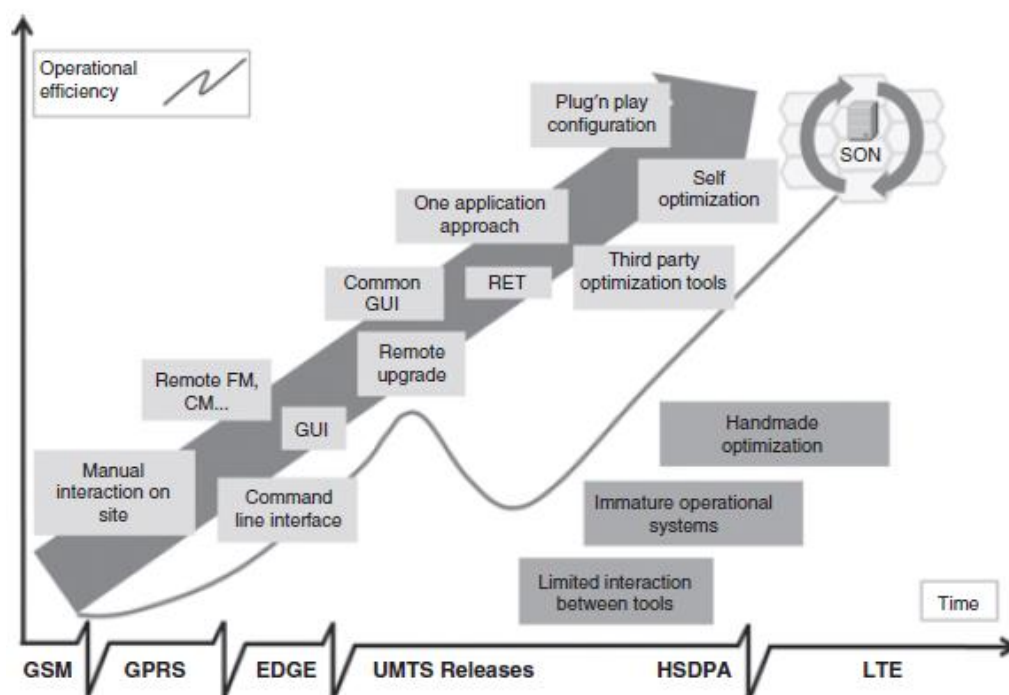


Kuva 4. Mobiiliverkkojen nopeuden kehitys. [14]

4 SON

LTE-järjestelmiä suunniteltaessa lähtökohtana oli aikaisempia nopeampi, yksinkertaisempi ja kustannustehokkaampi järjestelmä. Kustannustehokkuuden kannalta on erityisen tärkeää, että kaikki mahdollinen manuaalinen työ on minimoitu. Verkon suorituskyvyn dynaaminen optimointi on myös tärkeässä roolissa kustannussäästöjä ajatellen. Tähän tarkoitukseen on kehitetty LTE-tekniikoita varten SON-tekniikka, joka hoitaa tämän ennen suurimmaksi osaksi manuaalisesti tehdyn työn. SON eli itseorganisoituvaa verkko on automaatiojärjestelmä, jonka toimintoihin kuuluu hallinta, konfigurointi, optimointi, suunnittelu ja vianselvitys. SON-tekniikka nopeuttaa verkkoja ja yksinkertaistaa verkkojen hallintaa. [1]

Aluksi matkapuhelinverkot vaativat paljon manuaalista työtä ja niiden suorituskyky oli pieni. Verkkojen kehittyessä myös niiden hallintaa ja ylläpitoa on pitänyt kehittää. Matkapuhelinverkkojen automaation ja suorituskyvyn kasvu on ollut yhdensuuntaista.

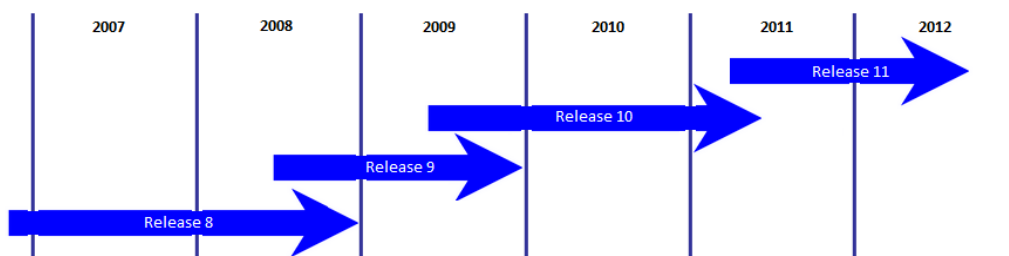


Kuva

5. Mobiiliverkkojen automaation kehitys. [1]

SON-järjestelmää kehittämässä mukana on ollut NGMN (Next Generation Mobile Networks), joka on useiden johtavien mobiilioperaattoreiden liitto. Sen tarkoituksena on tukea ja täydentää mobiiliverkkojen standardointia. Vuonna 2006 se aloitti projektin, jonka pääpaino oli itseohjautuvat verkot ja tarkoituksena oli ottaa operaattorien tarpeet huomioon sitä kehittäessä. NGMN:n lisäksi SON-tekniikan spesifioinnissa on ollut mukana 3GPP (3rd Generation Partnership Project), joka on usean standardointijärjestön muodostama yhteistyöorganisaatio. 3GPP:n julkaisuissa on spesifioitu matkapuhelinverkkojen teknisiä määrittelyjä 3G-verkkojen alusta lähtien. [1,15]

4.1 SON-julkaisut



Kuva 6. 3GPP julkaisut [16]

Ensimmäisen kerran SON on mainittu 3GPP:n kahdeksannessa julkaisussa, jossa itsekonfigurointi on pääasiassa spesifioitu. Kahdeksanteen julkaisuun kuuluu:

- Automaattinen inventaario
- Automaattinen ohjelmiston lataus
- Automaattiset naapurisuhteet
- Automaattinen fyysisen solun ID:n määrittäminen

Yhdeksännessä julkaisu liittyy lähinnä itseoptimointiin ja siihen kuuluu:

- Automatisoitujen parametrien ja solun vaihdon optimointi
- Jaetun kanavan optimointi
- Kuormantasauksen optimointi
- Solujen välisten häiriöiden koordinointi

Kymmenennessä julkaisussa on spesifioitu itsekorjaavia ominaisuuksia kuten:

- Energiansäästö
- Itsekorjaavat toiminnot
- Kattavuuden ja kapasiteetin optimointi
- Soluvikojen havaitseminen ja korjaus
- Solujen välisten häiriöiden koordinointi
- Testien minimointi

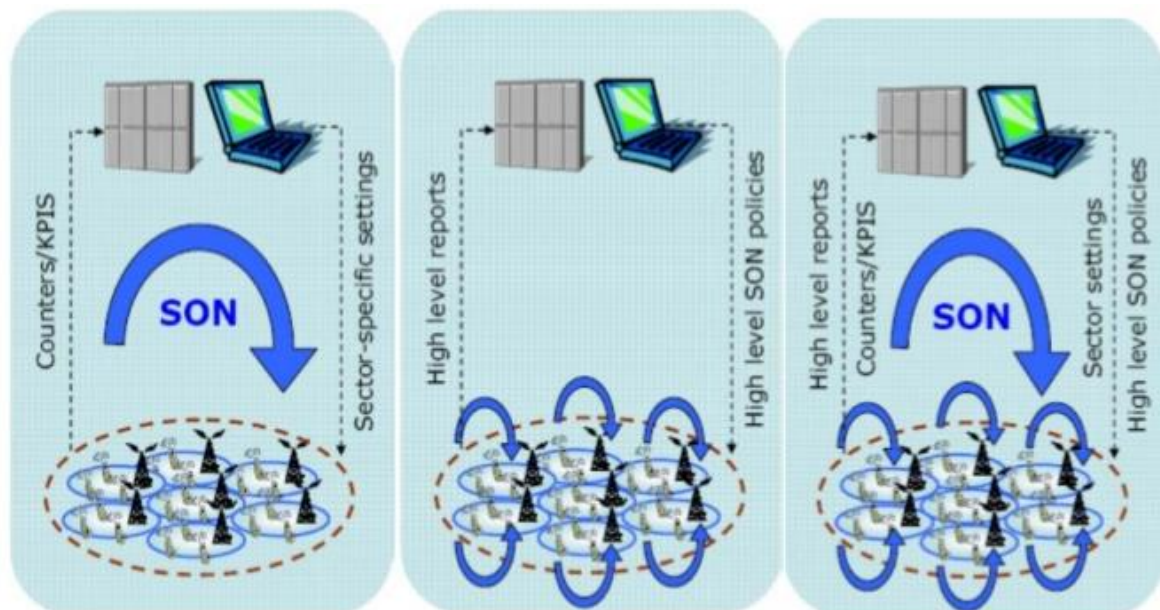
11 julkaisu pitää sisällään ominaisuuksia kuten:

- Automaattiset naapurisuhteet
- Energiansäästö
- Solun vaihdon optimointi
- Kattavuuden ja kapasiteetin optimointi
- Koordinointi eri SON-funktioiden välillä
- Kuormantasauksen optimointi
- Testien minimointi

[17]

4.2 SON-arkkitehtuuri

SON-tekniikan arkkitehtuuri voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin; hajautettu, keskitetty ja hybridi. Arkkitehtuurin tyyppi vaikuttaa olennaisesti SON-järjestelmän rakentamiseen ja sen ominaisuuksiin, kuten viansietokykyyn ja siihen, miten koko järjestelmää hallitaan. [1]



Kuva 7. Keskitetty-, hajautettu-, ja hybridijärjestelmä. [17]

4.2.1 Hajautettu järjestelmä

Hajautetussa SON-järjestelmässä kaikki algoritmit ja toiminnot ovat NE-tasolla (Network Element). Toiminnot sijaitsevat siis esimerkiksi tukiasemassa. Tämän arkkitehtuurin toiminnot on hajautettu moneen paikkaan ja ne toimivat matalan hierarkian tasolla. Hajautettu SON-järjestelmä pystyy reagoimaan nopeisiin paikallisiin verkon muutoksiin. Hajautettu arkkitehtuuri mahdollistaa reaaliaikaisen suorittamisen. Tämä arkkitehtuuri ei vaadi suurta kaistanleveyttä, tai suurien datamäärien vaihtoa, sillä tiedot kerätään paikallisesti ja vaihdetaan naapureiden kanssa. Hajautetulle SON-järjestelmälle on ominaista hyvä häiriöiden sietokyky. Vikatilanne ilmenee SON-funktiossa vain paikallisesti, joten se vaikuttaa vaan muutamien verkon laitteiden toimintaan. [1]

4.2.2 Keskitetty järjestelmä

Keskitetyssä SON-arkkitehtuurissa kaikki algoritmit ja funktiot sijaitsevat O & M-järjestelmässä (Operation And Maintenance), eli käytönohjausjärjestelmässä. Tässä arkkitehtuurissa toiminnot on hajautettu vain muutama paikkaan ja ne ovat korkean

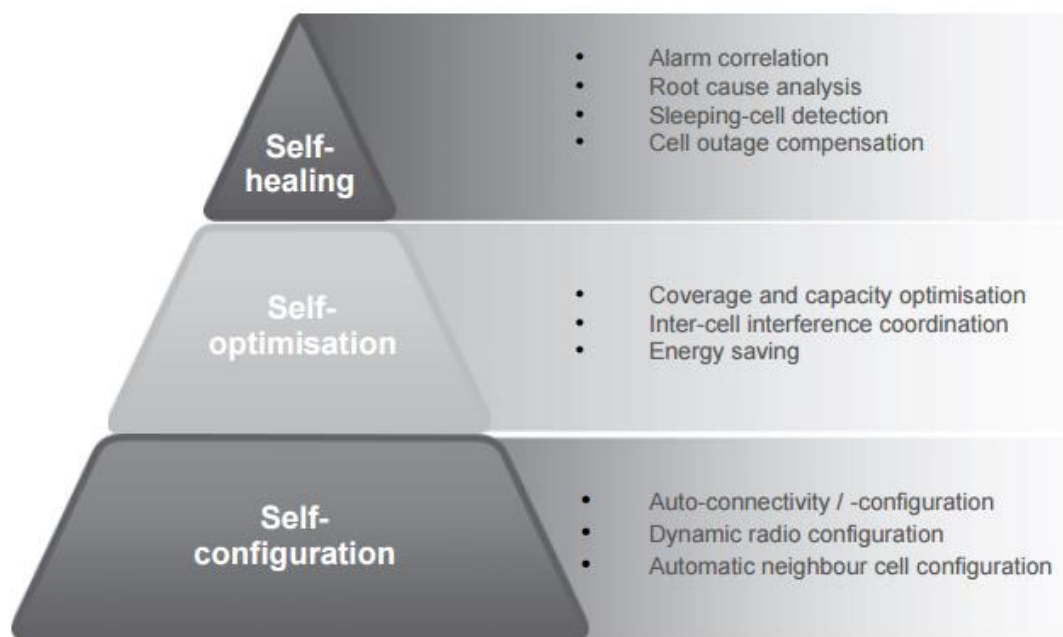
hierarkian tasolla. Koko verkkoa voidaan hallita keskitetysti vain muutamasta paikasta, jolloin ylläpito helpottuu. Keskitetyssä arkkitehtuurissa parametrien ristikorrelaatiota ja tulosindikaattoreita kerätään globaalisti eri soluista. Mikäli solun parametreja muutetaan, niin otetaan huomioon globaalisti kerätty tieto, eikä vain naapurisolujen tietoja, kuten hajautetussa järjestelmässä. [1]

4.2.3 Hybrid järjestelmä

SON-tekniikka voi olla myös hybridijärjestelmä, johon on valittu parhaiten tarpeet täyttävät ominaisuudet hajautetusta ja keskitetystä järjestelmästä. Hybridijärjestelmässä algoritmit ja toiminnot voivat sijaita joko hajautetun järjestelmän tapaan NE-tasolla, tai kuten keskitetyssä järjestelmässä O & M-järjestelmässä. Esimerkiksi yksinkertaiset toiminnot voidaan suorittaa NE-tasolla ja vaativat toiminnot O & M-järjestelmässä. [1]

4.3 SON-ominaisuudet

SON-tekniikan toiminnot voidaan jakaa karkeasti kolmeen alueeseen. Näitä ovat Itsekonfigurointi, itseoptimointi ja itsekorjaus.



Kuva 8. SON-tekniikan ominaisuudet [1]

4.4 Itsekonfigurointi

Itsekonfigurointi voidaan jakaa kahteen luokkaan: Itsesuunnittelu ja itsekäyttöönotto. Itsesuunnittelu sisältää muun muassa uuden solmun, eli tukiaseman asetusten suunnittelun. Käyttöönotto sisältää esimerkiksi uuden solmun asennuksen ja todentamisen. Itsenäisen konfiguroinnin tarkoituksena on minimoida manuaalisen työn määrä uuden tukiaseman käyttöönotossa. Tavoitteena on, että tukiasemat tarvitsevat vain fyysisen asennuksen ja kytkemisen operaattorin IP-verkkoon. Asentajalta ei tällöin vaadita mitään erityistä laitekohtaista osaamista. Käytännössä täysin automaattinen konfigurointi vaatisi laajaa standardointia, koska operaattorikohtaisia eroja on paljon. [1]

4.4.1 Tukiaseman sijainnin suunnittelu.

Uuden tukiaseman sijoituspaikan suunnitteluun kuuluu laiteominaisuudet, resurssit ja erilaiset parametrit, kuten antenni- ja tehoasetukset. Sijainnin suunnittelun pohjana voidaan käyttää esimerkiksi liikennemäärien ennustuksia, sekä kapasiteetti- ja peittotavoitteita. Käytettävissä olevat tilat ja budjetti otetaan myös huomioon kun sijaintia suunnitellaan. [1]

4.4.2 Tukiaseman radio- ja liikenne-parametrien suunnittelu

Tukiaseman radio parametrien suunnitteluun kuuluu muun muassa solu ID:n suunnittelu, solun tunnus, naapurilista, Paging Channel (PCH), eli hakukanavan resurssien asetukset, RACH-parametrit (Random-access Channel), tehoasetukset, RRM-parametrit (Radio Resource Management). Tämä on vain alustava suunnittelu ja osa parametreista tulevat selville vasta, kun tukiasema on toiminnassa.

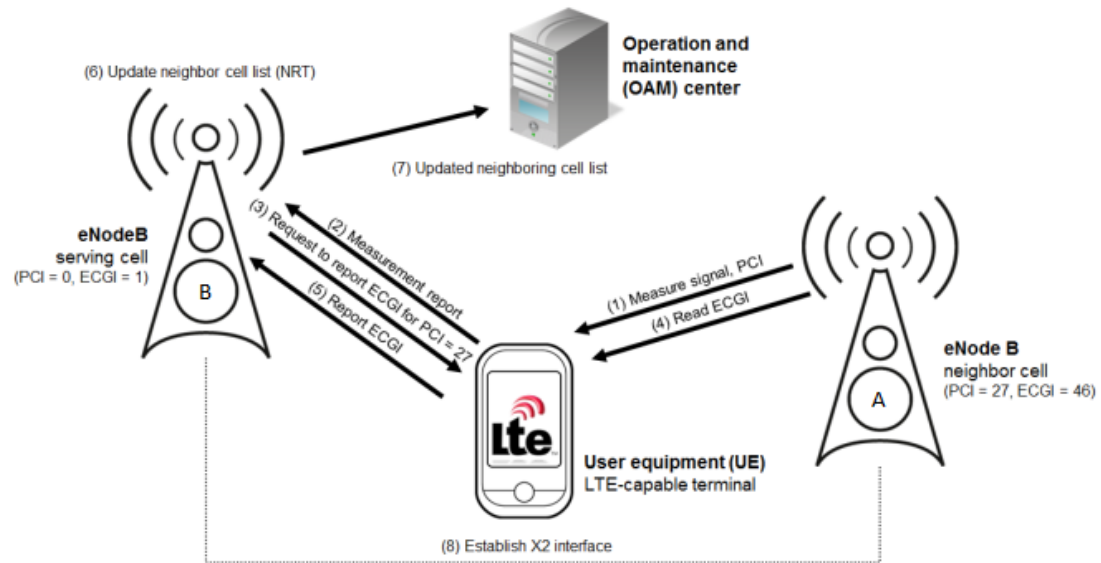
Liikenneparametrien suunnittelulla järjestelmä varmistaa, että tarvittavat tiedot on saatavilla ennen kuin uusi tukiasema aloittaa asentamisen ja toimintansa. Nämä tarvittavat tiedot ovat esimerkiksi IP-osoitteet, VLAN-tunniste (Virtual Local Area Network) ja QoS-asetukset (Quality of Service). [1]

4.4.3 Naapureiden yhteensovitus

Järjestelmä ilmoittaa uudesta tukiasemasta kaikille naapuritukiasemille. Tämän ominaisuuden vastuulla on myös uuden tukiaseman ja sen naapureiden tietokantojen yhdenmukaistaminen. Tietokannasta löytyy mahdollisesti suuri määrä määriä. Mikäli ANR (Automatic Neighbour Relation) on käytössä, niin listat voivat olla myös tyhjiä, jolloin järjestelmä kerää ne itse.

ANR eli automaattiset naapurisuhteet on SON-järjestelmän tärkeimpiä ominaisuuksia ja yksi ensimmäisistä standardoiduista toiminnoista. Järjestelmän pitää tukea erilaisia ja eri valmistajien laitteita, jotta naapurisuhteet toimisivat parhaimmalla mahdollisella tavalla. Yhdellä operaattorilla voi olla satoja tuhansia naapurisuhteita, joten manuaalisesti tehtynä se vaatii paljon resursseja. Verkkojen toiminnan ja työmäärän kannalta ANR on tärkeä ominaisuus. ANR hallinnoi NRT:tä (Neighbor Relation Table), eli naapurisuhdetaulua. Taulussa olevat naapurisuhteet määrittävät TCI:n, eli kohdesolun tunnisteiden, joka koostuu kohdesolun ECGI:stä (E-UTRAN Cell Global Identifier) ja PCI:stä (Physical Cell ID).

LTE-verkossa olevat päätelaitteet eivät vaadi naapurilistaa tuntemattomista soluista. Solusta toiseen siirryttäessä tuntemattomasta solusta raportointi on riittävän nopea tapa siirron valmisteluun. [1]



Kuva 9. Automaattiset naapurisuhteet. [18]

Oheisessa kuvassa on esitetty ANR:n toiminta. Käytettäessä ANR-ominaisuutta tukiasema pyytää päätelaitetta tekemään määräajoin niin sanottuja laatumittauksia naapurisolusta. ANR-ominaisuus päivittää naapurilistan, mikäli uusi tukiasema löytyy laatumittauksessa. Päivitys tapahtuu seuraavalla tavalla; (1) Tehdessään mittauksen, päätelaite voi havaita PCI:n, eli fyysisen solu tunnuksen, jota ei ole naapuriluettelossa. (2) Lähettäessään laatumittauksen raporttia päätelaite käyttää PCI-tunnusta ilmoittamaan minkä tukiaseman se on havainnut. (3) Tunnettu tukiasema vastaanottaa mittausraportin. Se pyytää päätelaitetta raportoimaan LTE-solun globaalinn tunnisteen, eli ECGI (E-UTRAN Cell Global Identifier). (4) Uusi tukiasema raportoi ECGI-tunnuksen päätelaitteelle. (5) Päätelaite raportoi ECGIn tunnetulle tukiasemalle. (6) Tunnettu tukiasema päivittää naapurilistan. (7) Tukiasema lähettää päivitetyn naapuruuslistan O&M-keskukseen. (8) Luodaan X2-yhteys, joka on tukiasemien välinen linkki, jonka avulla ne kommunikoivat ja vaihtavat tietoja keskenään. [19]

4.4.4 Laitteiston asentaminen

SON-tekniikan tarkoituksena on ollut se, että käyttöönotto ja asentaminen pitäisi olla niin pitkälle automatisoitu kuin mahdollista. Laitteiston asentaminen ja käyttöönotto pitäisi sujua asentajalta nopeasti. Laitteet sekä laitteiden komponentit, kuten antennit ja kortit pitäisivät olla plug- and play-tyyppisiä. [1]

4.4.5 Tukiaseman tiedonsiirto ja todentaminen

Tukiasema perustaa tietoturvallisen tunnelin asennuspalvelimeen. Palvelin lähettää kaikki tarvittavat asetukset, joita tukiasema tarvitsee täydellisen tunnelin luontiin O&M-järjestelmään ja muihin järjestelmiin. [1]

Tukiasema vastaanottaa tietoja, joita tarvitaan turvallisen yhdyskäytävän luomiseen. Onnistuneen todentamisen, eli autentikoinnin jälkeen tukiasema on oikeutettu liittymään sisäverkkoon ja muihin verkon yksiköihin, kuten verkkoelementtien hallinta, eli NEM (Network Element Manager). [1]

Autentikoinnin jälkeen tukiasema muodostaa tunnelin O&M-järjestelmään. Tukiaseman ja O&M-järjestelmän välisen tunnelin pitää olla kaksisuuntainen. Tunnelin pitää toimia vakaasti ja sen on oltava tietoturvallinen. Tätä yhteyttä kutsutaan S1-linkiksi. [1]

4.4.6 Automaattinen inventointi

Tämä ominaisuus toimittaa itsenäisesti kaikki asetukset ja tilat jokaisesta asennetusta laiteyksiköstä automaattiseen inventaariojärjestelmään, jotta järjestelmä pysyy ajan tasalla. [1]

4.4.7 Tukiaseman automaattinen ohjelmistojen lataus ja testaus

Automaattinen ohjelmistopakettien lataus voi tapahtua pull- tai push-tilassa ja siihen voidaan sisällyttää järjestelmän palautus, jos jokin menee vikaan päivityksen aikana. Automaattinen lataus ei ole pelkästään uusien tukiasemien käyttöönottoa varten, vaan sitä voidaan käyttää myös jo käytössä olevien tukiasemien päivitykseen. [1]

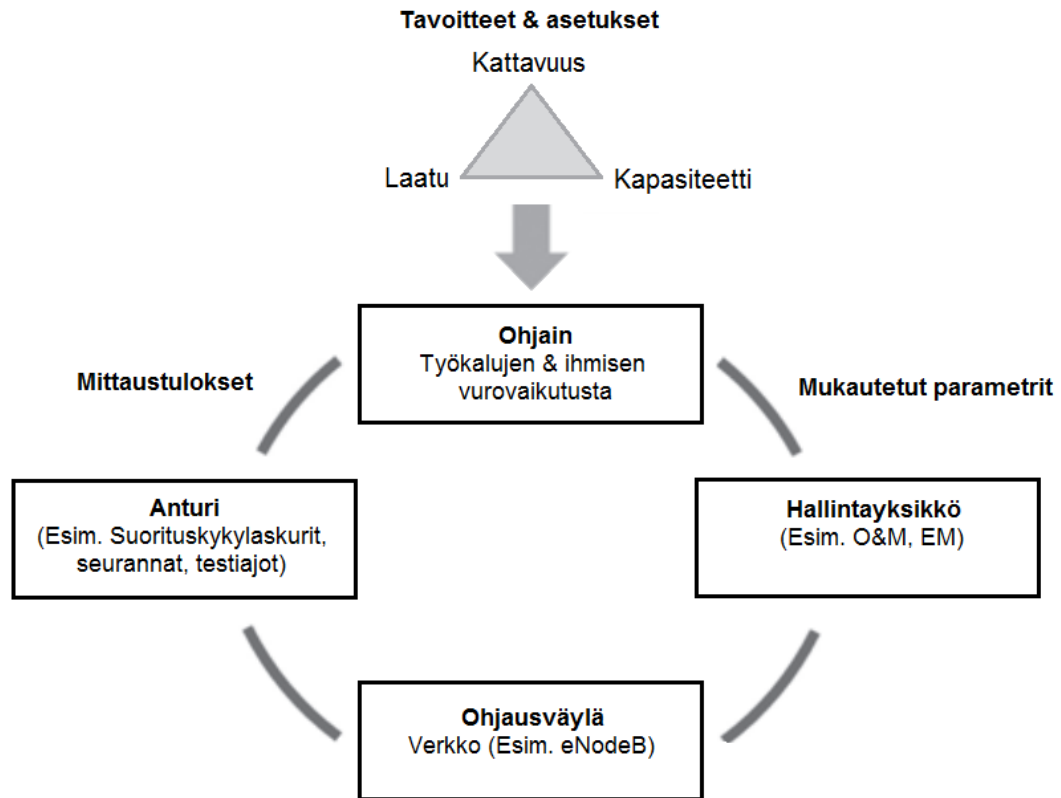
Itsenäisessä testauksessa laitteisto ja ohjelmisto tarkistavat, onko tukiasema toimintavalmis. Mikäli kaikki ei ole kunnossa, niin ongelmasta luodaan raportti, jossa on ongelman tiedot. Tämä itsenäinen testi voidaan tehdä myös tukiasemaan, joka on jo toiminnassa, mikäli järjestelmällä on aiheutta epäillä, että toiminnassa on ongelmia. [1]

4.4.8 Tukiaseman konfigurointi

Kuten aikaisemmin kävi ilmi, SON-järjestelmässä asennuksen pitäisi olla dynaaminen plug- and play-tyyppinen kokoonpano. Tukiasema määrittelee mm. fyysisen solun identiteetin, lähetystaajuuden ja lähetystehon. Tämä nopeuttaa käyttöönottoa. Tukiaseman pitäisi itse hoitaa konfigurointi siitä hetkestä eteenpäin, kun se on kytketty päälle. [1]

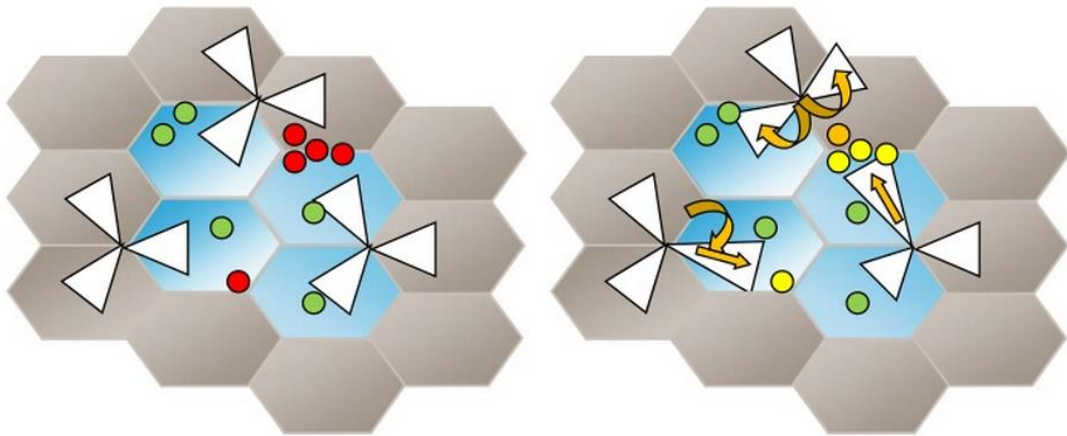
4.5 Itseoptimointi

Itseoptimointi ominaisuus pitää huolen siitä, että jokaisen solun hyötysuhde on korkea. Mobiiliverkko on dynaaminen järjestelmä, jolloin optimointi on erityisen tärkeää, jotta järjestelmä toimisi parhaalla mahdollisella tavalla. Päätelaitteiden määrä ja sijainti vaihtelee koko ajan, joten tästä syystä on erityisen tärkeää, että verkko on valmis muuttamaan nopeasti muuttuvaan tarpeeseen. SON-järjestelmä tekee tämän mahdolliseksi, kun tukiaseman parametrit optimoidaan dynaamisesti liikenteen ja ympäristön olosuhteiden mukaan. [1]



Kuva 10. Suljetun silmukan optimointiprosessi. [1]

Kuvassa 10 on kuvattu verkon optimointi, joka on suljetun silmukan prosessi. Verkolla on kapasiteetti-, kattavuus- ja laatuavoitteet. Verkon jatkuvasti muuttuessa näiden kolmen muuttujan pysyminen tavoitteissa vaatii jatkuvaa optimointia. Optimoinnilla saadaan tulos, joka on kompromissi näiden kolmen muuttujan välillä. Verkon optimointi on jatkuva prosessi, jossa määräajoin suoritetaan suorituskyvyn arviointi, parametrioptimointi ja uudelleen sijoitetaan optimoidut parametriarvot verkkoon. Optimointipäätökset voi tehdä ihminen tai järjestelmä. Optimointiprosessiin tarvittava data kootaan eri tekniikoilla useista lähteistä. Näitä ovat esimerkiksi O&M-suorituskyky-mittaukset, O&M-hälytykset ja erilaiset ilmarajapinnan testiajot sijaintitietojen kanssa. Kaikki tietolähteet, kuten sensoridata ja nykyiset järjestelmätiedot yhdistämällä saadaan optimointialgoritmi, jonka avulla saadaan uudet sopivimmat parametriarvot. O&M välittää nämä parametrit ohjausväylää pitkin verkon eri laitteille, jolloin ne vaikuttavat verkon toimintaan. Verkko ottaa uudet parametrit käyttöön ja seuraavat mittaukset tullaan tekemään uusilla parametreilla. Muuttuneet arvot tekevät optimoinnista dynaamista.



Kuva 11. Antennien optimointi. [20]

Verkon laitteiden optimointi on todella tärkeää suorituskyvyn kannalta, mutta se on myös erityisen haastavaa, koska monilla operaattoreilla laitekanta vaihtelee ja on erikikäistä. Eri valmistajien laitteet voivat käyttää erilaisia suorituskykylaskureita ja mittauksia O & M -järjestelmässä. Jotta näitä eri tavalla mitattuja tietoja voidaan käyttää, tarvitaan niin sanottu adapterikerros, jossa nämä tiedot voidaan yhdenmukaistaa SON-järjestelmän käyttöä varten. [1]

4.5.1 ANR-optimointi

Automaattisten naapurisuhteiden itseoptimointi lisää solun vaihtojen onnistumisprosenttia, jolloin verkon suorituskyky paranee ja päätelaitteen solusta toiseen vaihto onnistuu vähemmällä häiriöllä.[1]

4.5.2 Kattavuuden ja kapasiteetin optimointi

Tällä osa-alueella itseoptimoinnin tarkoituksena on säätää parametreja, kuten antennin kallistuskulma, sekä lähettimen tehotaso. Optimoinnilla saavutetaan mahdollisimman hyvä kattavuus, samalla pitäen huoli siitä, että eri solujen väliset häiriötasot on minimoitu. [1]

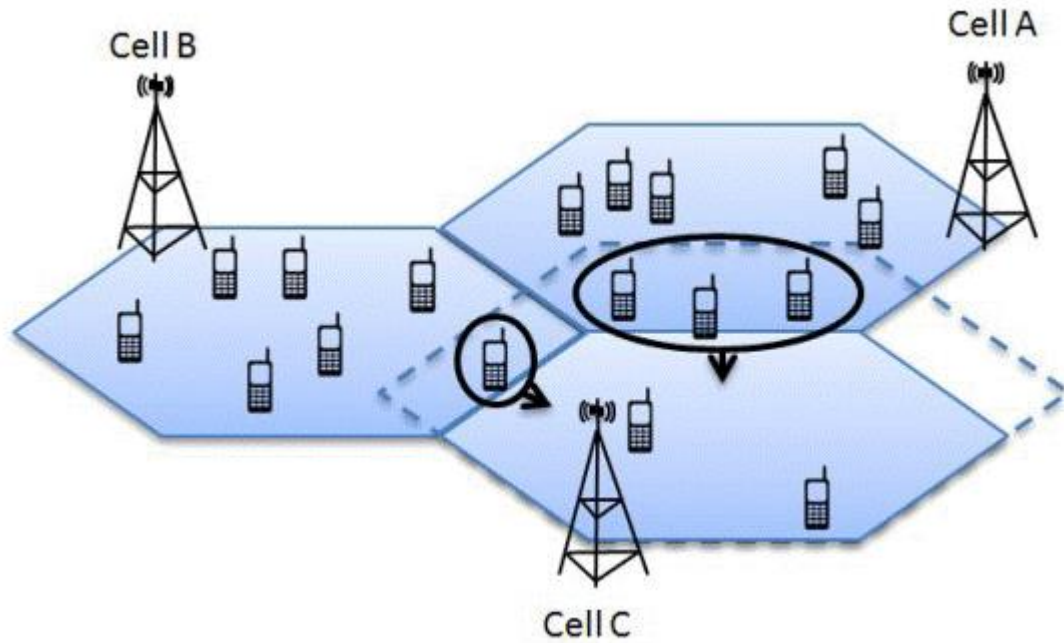
4.5.3 Energiansäästö

Nykyisin kaikessa pyritään vähentämään energiankulutusta, niin myös mobiiliverkoissa. Pienempi energiankulutus säästää luontoa, mutta lisää myös kustannustehokkuutta. Suunniteltaessa päätelaitteita ja tukiasemia pyritään niiden energiankulutus saamaan mahdollisimman pieneksi. Tämän lisäksi myös optimoinnilla voidaan laskea energiankulutusta.

Energiansäästöstä on tullut tärkeä osa SON-tekniikkaa, jotta operaattorien mobiiliverkot säilyvät kilpailukykyisinä. SON-optimoinnilla voidaan saavuttaa suuri energiansäästö. Säästöä saadaan aikaan koko verkossa, mutta tärkeimmässä roolissa ovat tukiasemat mobiiliverkkojen energiankulutuksen vähentämisessä. Energiansäästöä voidaan saavuttaa monella tavalla, esimerkiksi yöaikaan mobiiliverkkojen käyttö vähenee erityisen paljon, jolloin vähäisellä käytöllä oleva tukiaseman tehoja voidaan laskea. Vähäisellä käytöllä oleva tukiasema voidaan laittaa myös lepotilaan ja lisätä muiden kapasiteettia niin, että ne kattavat lepotilassa olevan tukiaseman. Verkon kuormituksen kausivaihtelut voivat olla myös suuria, joten niitä hyödyntämällä voidaan saavuttaa suuria säästöjä. [1]

4.5.4 Kuormituksen tasaus

MLB (Mobility Load Balancing) on toiminto, joka siirtää ruuhkautuneen solun kuormaa muiden solujen hoidettavaksi. Toiminnon avulla verkko pysyy toimintakykyisenä myös silloin, kun päätelaitteiden määrä kasvaa solussa liian suureksi. MLB sisältää raportointia tukiasemien välillä. Raportointi kertoo tukiaseman kuormituksen ja käytävissä olevien resurssien tiedot. Kuormittuneen solun huomatessaan muut solut ottavat osan sen kuormasta. Raportissa voi olla eriteltyä esimerkiksi Down-Link, Up-Link ja laitteiston kuormitus. MLB:tä voidaan käyttää myös muissa radiotekniikoissa. [1]



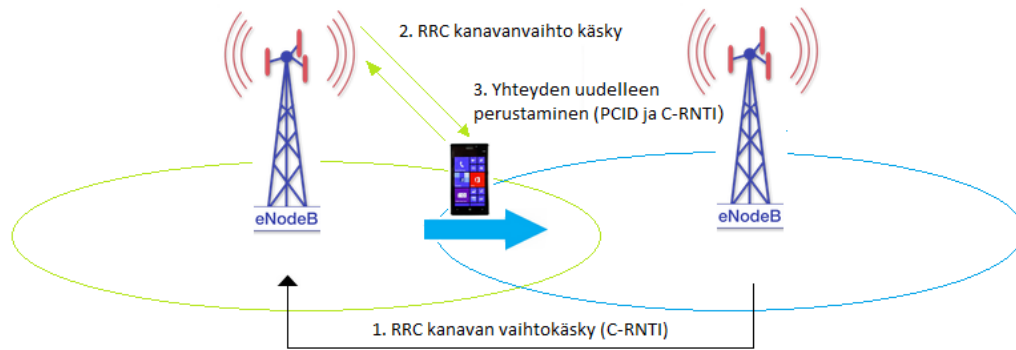
Kuva 12. Kuormituksen tasaus. [21]

4.5.5 Liikkuvuuden optimointi

MRO (Mobility Robustness Optimization) on ominaisuus, joka automaattisesti havaitsee ja korjaa liikkuvan kokoonpanon toimintaa häiritseviä ongelmia. Sen pääpaino on radiolinkki vioissa eli RLF (Radio Link Failure). Nämä viat johtuvat päätelaitteen liian aikaisesta ja myöhäisestä siirrosta toiseen soluun, tai siirrosta väärään soluun. [1]



Kuva 13. Liian myöhäinen solun vaihto



Kuva 14. Liian aikainen solun vaihto.

4.5.6 Naapurilistan optimointi

Naapurilista voidaan myös optimoida, jolloin tavoitteena on konfiguroinnin tarpeen minimointi, tai kokonaan poistaa se. Tämä optimointi koskee uusia, sekä toiminnassa olevia naapureita ja niiden välisiä suhteita. [1]

4.5.7 Yhteisten kanavien optimointi

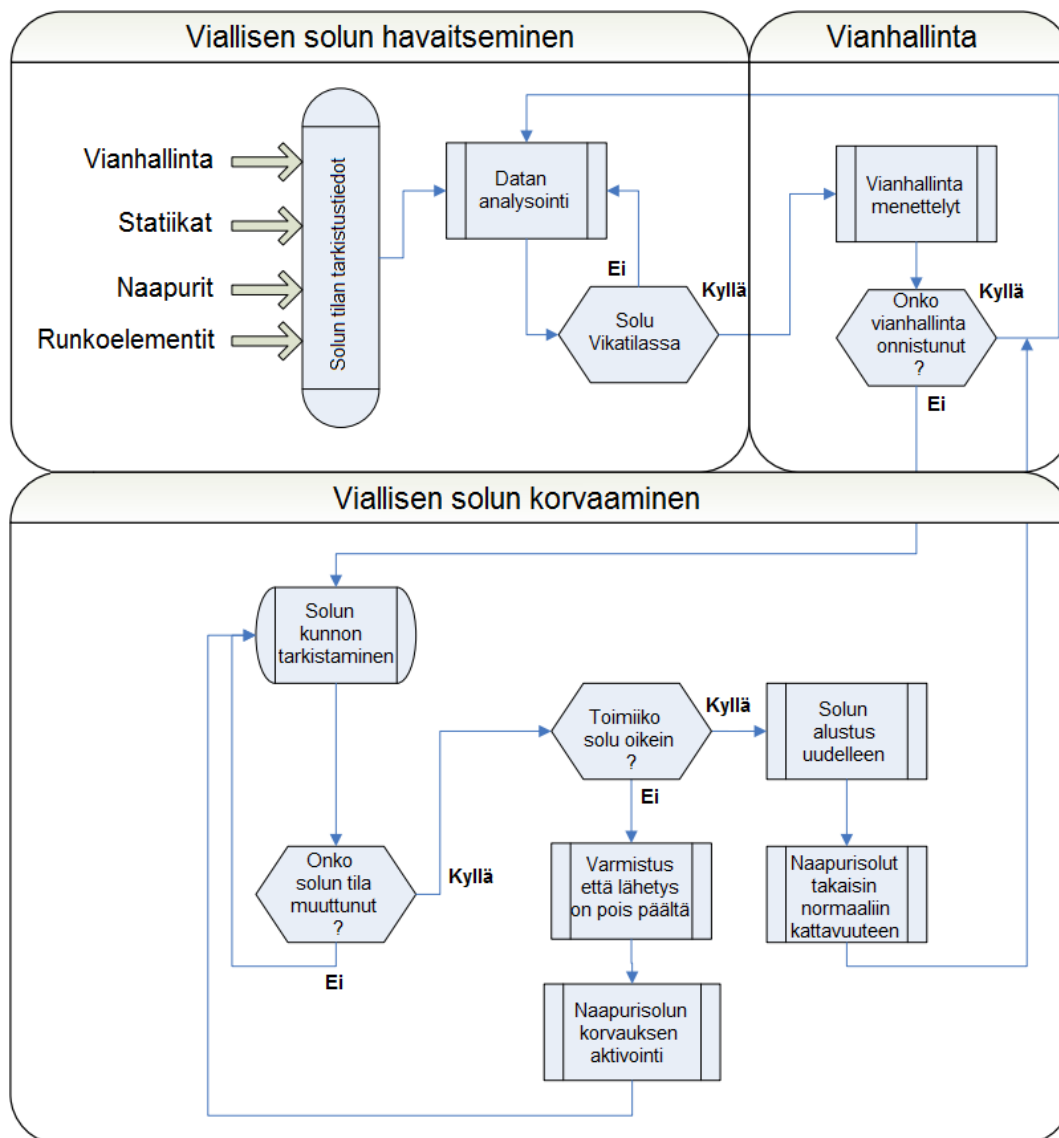
RACH (Random-access Chanel) eli jaettu kanava on kanava, jota päätelaitteet käyttävät yhteisesti. Mitä enemmän resursseja jaetulle kanavalle annetaan, niin sitä vähemmän tulee yhteentörmäyksiä, eli onnistumisprosentti nousee. Optimoimalla RACH saavutetaan haluttu kompromissi onnistumisprosentin ja suorituskyvyn suhteen. Jaetun kanavan optimointi on tärkeä, jotta resursseja ei anneta liikaa jaetulle kanavalle tarpeeseen nähden. Automatisoitu jaettu kanava vaatii jatkuvaa optimointia, jotta muuttuva verkko toimii parhaalla mahdollisella tavalla. Optimoinnin tukena käytetään päätelaitteiden raportointia ja tukiasemien välistä tiedonvaihtoa. Päätelaitteet raportoi MAC-referenssisignaalien määrän, jotka on myönnetty ennen kuin RACH-yhteys saadaan onnistuneesti päätökseen. Tukiasemien välistä tiedonsiirtoa tarvitaan RACH-optimoinnissa, koska yhden solun asetukset voivat vaikuttaa toisten solujen toimintaan. [1]

4.5.8 Reitityksen ja parametrien optimointi

Radioverkko sisältää suuren määrän parametreja, jotka asetetaan tukiasemiin. Näillä parametreilla on suuri merkitys koko verkon toimintaan. Parametrien optimointi voidaan tehdä jokaiseen tukiasemaan erikseen, jolloin verkosta saadaan suorituskykyisempi ja palvelun laatu pysyy korkeana. Optimoimalla tukiaseman parametrit, voi suorituskyky merkittävästi parantua alueellisesti, koska jokainen tukiasema sijaitsee erilaisessa ympäristössä. Itseoptimoinnin avulla järjestelmä pyrkii löytämään jokaiselle tukiasemalle parhaat parametrit käytössä olevien tietojen ja laskukaavojen avulla. Liikenneparametrit ja datan reititys voidaan myös optimoida automaattisesti. [1]

4.6 Itsekorjautuvuus

Vikoja kehittyä ajoittain mihin tahansa järjestelmään. Itsekorjaus pyrkii poistamaan näitä vikoja. Mikäli järjestelmä ei pystytä poistamaan vikaa vianhallinta menettelyllä, niin järjestelmä pyrkii ainakin minimoimaan vian verkkoon aiheuttamat ongelmat. SON-järjestelmässä viallisen tukiaseman viereiset tukiasemat voivat nostaa kantavuuttaan, jolloin ne ottavat viallisen tukiaseman peittoalueen osittain tai kokonaan hoidettavakseen. Tämä pitää verkon toimintakuntoisena siihen asti, kunnes ongelmaan saadaan jokin pysyvä korjaus, esimerkiksi vaihtamalla viallinen verkkolaite. Järjestelmä osaa korjata myös kapasiteetista johtuvia ongelmia, joita voi aiheuttaa vaikka kausivaihtelu. [1]



Kuva 15. Solun itsekorjautuvuus [20]

4.6.1 Järjestelmän hälytykset

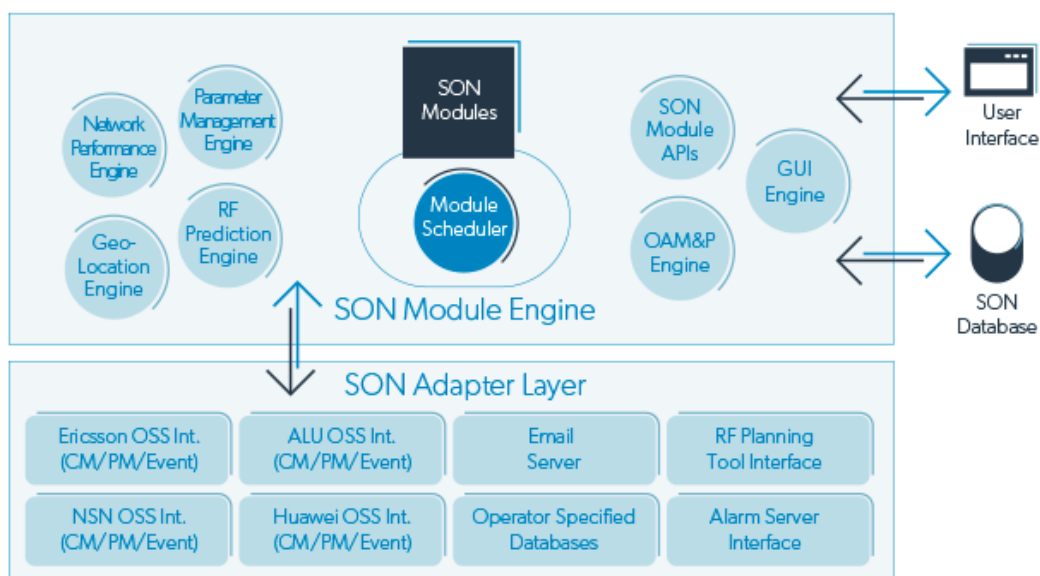
Hälytykset koostuvat eri elementeistä ja ne voivat raportoida monenlaisista ongelmista. Ne sisältävät tärkeää tietoa siitä, mikä aiheutti hälytyksen. Hälytyksen syynä voi olla esimerkiksi PCM-linkki ongelma, korkea lämpötila, liian korkea tai matala jännite tai komponentti vika. Nämä tiedot ovat järjestelmän itsekorjautuvan osion perusta ja todella tärkeitä, jotta järjestelmä voi tehdä toimivaa itsenäistä vianselvitystä ja korjausta. [1]

4.6.2 Päivitys

Kuten aikaisemmin mainittiin, niin laitteiston asentaminen pitäisi olla plug- and play-tyyppinen. Samoin pitäisi olla myös laitteiston päivityksen, laajentamisen ja elementtien korvaamisen kohdalla. Tukiasema, jossa on SON-tekniikan automaattinen päivitys käytössä huomaa, kun saatavilla on uusi ohjelmisto, tai päivitys siihen. Se aloittaa automaattisesti uuden ohjelmiston lataamisen ja asentamisen. Automaattiseen päivitykseen voidaan lisätä myös palautustoiminto. Mikäli asennus, tai ohjelmiston lataus epäonnistuu, niin tukiasema palautetaan päivitystä edeltäneeseen tilaan. [1]

4.7 SON-ratkaisut

SON-ratkaisuja tarjoavat nykyisin niin laitevalmistajat kuin kolmannet osapuolet. SON-järjestelmä on usein räätälöity asiakkaan tarpeiden mukaan, koska tarpeet ja verkossa olevat laitteet vaihtelevat paljon. SON-järjestelmät koostuvat usein moduuleista, joita voidaan lisätä tai poistaa tarpeen mukaan. Tämä helpottaa ohjelman muokattavuutta ja se saadaan helpommin vastaamaan asiakkaan tarpeita. Lisäksi on adapterikerros jolla SON-tekniikka saadaan integroitua erilaisiin järjestelmiin.

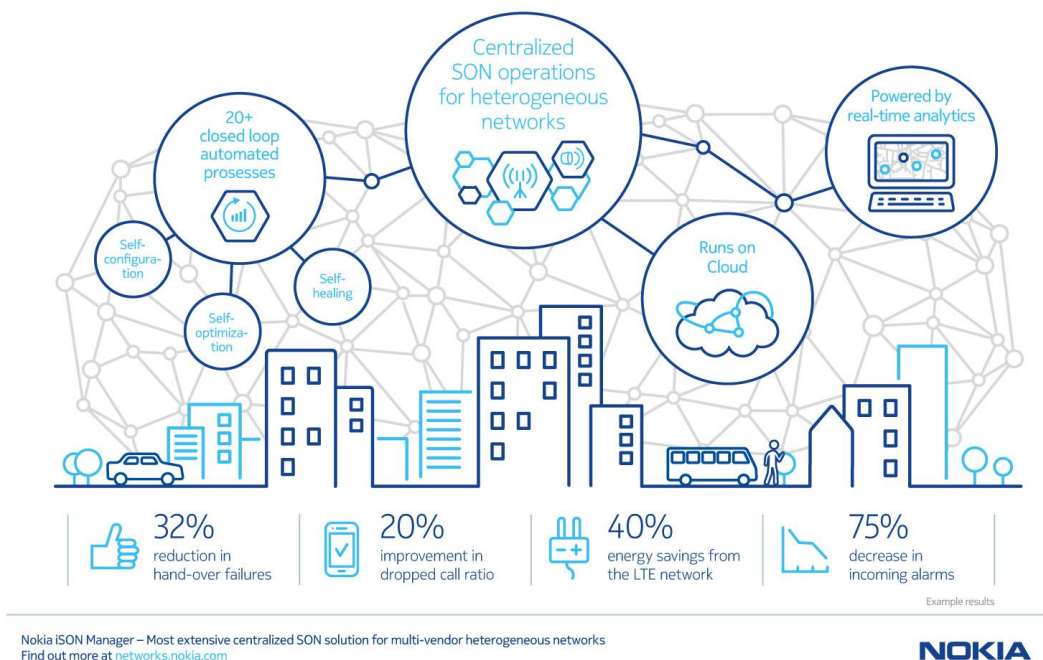


Kuva 16. SON Eden-NET Framework. [22]

SON-järjestelmässä toiminnot voidaan toteuttaa automaattisesti tai autonomisesti. Automaattinen toiminta on prosessi, jossa suurin osa toiminnasta on automatisoitu, mutta ihmisen vuorovaikutusta tarvitaan silti. Esimerkiksi laki velvoittaa operaattoreita käyttämään manuaalisia vaiheita joissain toiminnoissa. Autonominen toiminta on prosessi, joka on täysin automatisoitu, eli se ei vaadi lainkaan manuaalisia vaiheita tai tarkistuksia. [1]

Itse organisoituvien verkkojen kehittämisessä keskeisiä yrityksiä ovat muun muassa Amdocs, Cellwize, Cisco, Eden Rock, Ericsson, Huawei, NSN ja Reverb. Jokaisella yrityksellä on omanlainen SON-ratkaisu ja omat lupaukset kustannusten alenemisesta ja mobiiliverkon suorituskyvyn paranemisesta. Ohessa on Nokian iSON-järjestelmän mainoskuva, jossa luvataan 32% vähemmän epäonnistuneita tukiasemasta toiseen siirtymisiä, myös katkeavien puheluiden määrän luvataan vähentyvän 20%. Tavalliseen LTE-järjestelmään verrattuna energiakulutuksen luvataan laskevan 40% ja järjestelmähälytysten määrän luvataan vähenevän 75%. [23,24]

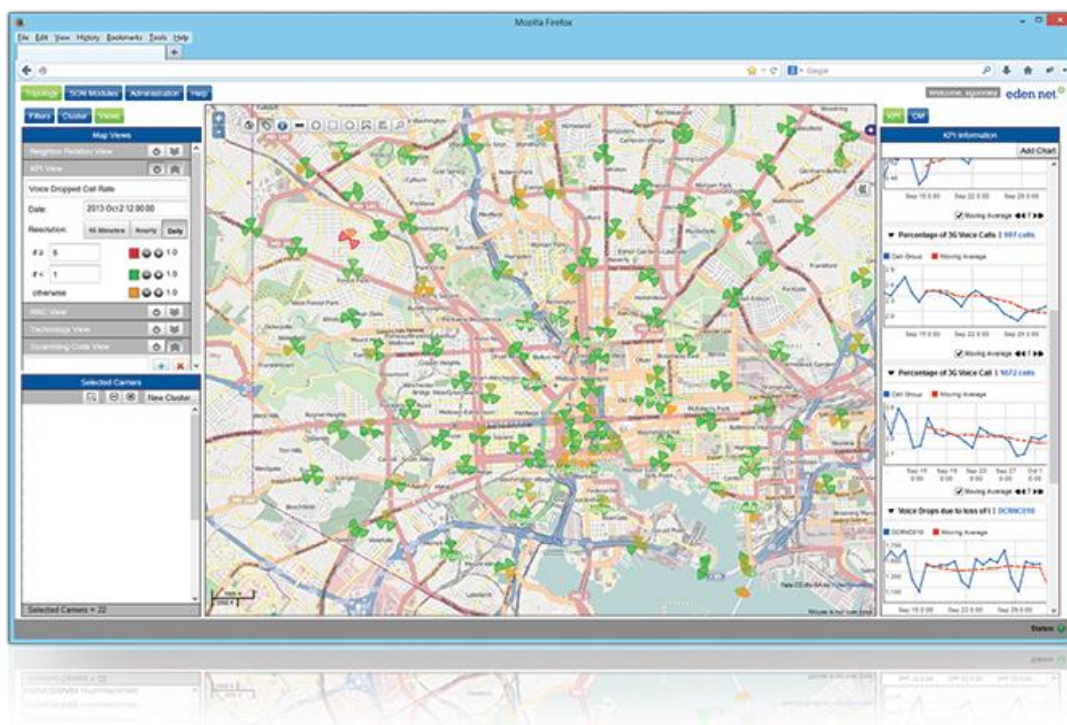
Nokia iSON Manager - Automate network operations and make networks self-aware



Kuva 17. Nokia iSON mainoskuva. [24]

4.7.1 SON-käyttöliittymä

SON-käyttöliittymän avulla verkon ylläpitäjät voivat hallita SON-järjestelmän koko verkkoa. Graafinen käyttöliittymä (GUI) mahdollistaa turvallisen etäyhteyden käyttäjille esimerkiksi selainpohjaisen käyttöliittymän kautta. Käyttäjä voi asettaa politiikkoja, strategioita ja parametreja kaikkiin SON-toimintoihin, sekä ottaa käyttöön tai poistaa käytöstä SON-toimintoja, lisäksi se sisältää tukitoimia, kuten käyttäjien ja käyttöoikeuksien hallintaa, sekä raportointia. Toimintojen alkaminen ja loppuminen voidaan myös määrittää, sekä missä toiminnot alkavat tai loppuvat. Järjestelmä näyttää reaaliajassa kaikki aktiiviset SON-toiminnot ja niiden tilat. Mikäli jokin on verkossa vialla, niin järjestelmä ilmoittaa sen. Ominaisuuksiin kuuluu myös reaaliaikainen tai lähes reaaliaikainen SON-funktioiden seuranta. [1]



Kuva 18. Eden-NET SON-järjestelmän käyttöliittymästä kuvakaappaus. [25]

4.8 Monen tekniikan SON

Suunniteltaessa ja spesifioitaessa LTE-tekniikkaa, siihen sisällytettiin automaattisia vaiheita. LTE-verkon rakenteen erilaisuudesta johtuen, nämä ominaisuudet eivät ole suoraan yhteensopivia 2G- ja 3G-verkkojen kanssa. Tämä johtuu siitä, että 2G- ja 3G-

verkkojen arkkitehtuuri on erilainen. Verkon arkkitehtuurissa olevien erojen takia tarvitaan niin sanottu adapterikerros. Tämän avulla SON-tekniikka voidaan viedä 2G- ja 3G-verkkoihin. Vanhempien verkkojen erilaisesta arkkitehtuurista johtuen esimerkiksi analysointi pitää tehdä eri tasolla 2G-järjestelmissä, kuin 3G- ja 4G-järjestelmissä. [1]

LTE-verkkojen lisäksi operaattorilla on mahdollisuus automatisoida myös vanhemmat tekniikat. Monen tekniikan SON-järjestelmän avulla myös 2G- ja 3G-verkkojen hallintaa ja ylläpitoa voidaan automatisoida, jolloin manuaalisen työn määrä vähenee myös vanhemmissa tekniikoissa, joissa sitä on paljon. [1]

Monen tekniikan SON-järjestelmän avulla operaattorit voivat virtaviivaistaa heidän koko verkkotekniikan eikä vain pelkästään LTE-verkkotekniikoita. Operaattorin yhtenäisemmäksi ja automatisoiduksi muuttunut verkko voi muuttaa koko yrityksen toimintatavat, koska tällöin manuaalisen työn määrä voidaan tiputtaa minimiin ja verkot hoitavat suurimman osan itse. Vaikka itse SON-järjestelmän käyttöönotto on haastava ja kallis, niin siitä saadut hyödyt voivat olla mittavat, mikäli järjestelmästä saadaan kaikki hyöty irti. SON-tekniikka on myös tärkeässä roolissa, jotta operaattorien verkkotoiminta pysyy kannattavana. [1]

Monen tekniikan SON-järjestelmän avulla operaattorit voivat parantaa kustannustehokkuutta myös vanhoissa järjestelmissä, joissa automatisointi ja energiankulutuksen vähentäminen on myös mahdollista. Järjestelmän avulla operaattorit pystyvät tarjoamaan myös vanhoihin järjestelmiin parempaa palvelun laatua. Tämä onnistuu älykkään verkon optimoinnin avulla ja reaaliaikaisen ongelmien ratkomisen ansiosta. SON-järjestelmän sovittaminen vanhoihin järjestelmiin ei kuitenkaan ole helppoa ja täysin ongelmaton. Kaikkia ominaisuuksia ei saada hyödynnettyä vanhoissa järjestelmissä, tästä hyvänä esimerkkinä tukiasemien kuormituksen tasaus. Antennitehojen optimoinneissa joudutaan tekemään myös kompromisseja.

4.9 SON 5G-verkossa

5G-järjestelmissä SON on oletuksena osana verkon toimintaa. SON tulee olemaan paljon laajemmin käytössä, kuin aikaisemmissa verkkotekniikoissa. Vanhoissa järjestelmissä vianhaku vie aikaa ja vaatii manuaalista työtä. Tämän pitäisi poistua 5G:n myötä, jossa järjestelmät havaitsevat itse ongelmia ja korjaavat niitä. Verkkojen pitäisi hoitaa tämä itsenäisesti, niin ettei verkon luotettavuus kärsi. [26]

5G-verkoille ominaista odotetaan olevan pieni solukoko ja solujen ryhmittely. Solujen määrän kasvaessa, SON on yhä tärkeämmässä roolissa ja keskeinen osa verkkoa. Lähes 80 % dataliikenteestä syntyy sisätiloissa. Suuret nopeudet ja datamäärät edellyttävät, että kodeissa ja työpaikoilla otetaan käyttöön pieniä soluja, jotka jakavat tämän suuren datamäärän. Nämä pienet solut eivät useimmiten ole operaattoreiden hallinnassa. Tämä korostaa SON-järjestelmän tarpeellisuutta. 5G-verkossa pieni solu voi itsenäisesti synkronoitua verkkoon ja sovittaa oman radiopeiton verkkoon sopivaksi, jotta solujen väliset häiriöt on minimoitu. 5G-verkko on hajautetumpi kuin 4G-verkko. Hajautettu rakenne antaa mahdollisuuden ajaa algoritmeja käyttäjän näkökulmasta. [26, 27]

Pilvipalveluiden suosio kasvaa koko ajan. Mediasisältö kuormittaa verkkoja yhä enemmän, samoin liikenne- ja kotiautomaatio. Tästä syystä verkon kapasiteettia pitää edelleen nostaa. 5G-radioverkossa kapasiteettia ja laatua voidaan nostaa lisäämällä taajuuksia. Tämä tapahtuu solujen uudelleenkäytöllä, eli tekniikalla, jossa naapurisolut käyttävät eri taajuutta. 5G-tekniikassa solujen uudelleenkäyttö tulee olemaan paljon aggressiivisempaa kuin 4G-verkoissa. Kapasiteettia ja laatua voidaan nostaa myös parantamalla spektritehokkuutta ja radioresurssien hallintaa. Modulaatiossa on vielä hienon parannettavaa, vaikka se LTE-tekniikassa on jo hyvin optimoitu. 5G-radioverkko edellyttää parempaa integrointia runkoverkkoon, internet-sisältöön ja sovelluspalvelimiin. 5G-verkon suuremmista laatuvaatimuksista johtuen automaattinen häiriöiden poisto ja kuormituksen taseus ovat välttämättömiä. Niiden pitää toimia myös nopeammin, kuin 4G-verkoissa. 5G-tekniikassa SON on verkon osa, jolta vaaditaan dynaamista aistia, koska verkon kapasiteetti on valtava ja sen tarkoitus on tarjota saumaton ja rajaton käyttäjäkokemus. Huippunopea verkko vaatii monimutkaisemman SON-järjestelmän. Suurta määrää pieniä soluja pitää optimoida koordinoitusti. Laitteista

saatuja optimointitietoja voidaan käyttää 5G-verkon optimointiin. Tämän lisäksi tietojen avulla laitteita voidaan sovittaa nopeammin verkon olosuhteisiin. LTE-verkossa tämä suoritetaan laitteissa, mutta 5G-verkossa tarvittaessa SON-tekniikka voi ajaa laitteisiin tarvittavat asetukset, jolloin verkko muuttuu nopeammin olosuhteiden mukaan. Paikallisen suunnittelun ja kerätyn tiedon avulla SON tekee 5G-verkosta paremmin laitteen tarpeita vastaavan. Tulevaisuudessa SON pitäisi olla käsite verkosta, joka on energiatehokas, itseorganisoituva, vakaa ja sen kuormitus pitäisi olla tasapainossa. [26,27]

5G-verkossa voidaan ottaa käyttöön myös V-SON, eli virtuaalinen SON-järjestelmä, jossa pieniä soluja yhdistellään ja ne näkyvät verkkoon ryhmänä. Tämä yksinkertaistaa erityisesti solurajojen ongelmia. Pienistä soluista syntyvän ryhmän käyttäytymistä muutetaan, kun palveltava laite siirtyy ryhmästä toiseen, jolloin ryhmät vastaavat kysynnän muutoksiin. V-SON helpottaa verkon hallintaa merkittävästi. Virtuaalinen SON-arkkitehtuuri optimoi ja organisoii rajapinnat avoimesti käytettävissä olevien radioresurssien kesken. [27]

5 OPERAATTORIN TEKNIikkaAN TUTUSTUMINEN

Opinnäytetyötä tehdessä olin tutustumassa mobiilioperaattorin toimintaan. Olin käytännössä tutustumassa radioverkko-operointiin. Pääsin osaksi operointitiimiä, jossa tehtäviin kuului verkon ylläpitotehtävät, kuten vianhaku ja verkon päivitys. Pääsin myös ottamaan tukiasemia käyttöön. 2G, 3G ja 4G-tekniikat tulivat tutuksi.

5.1 Konfigurointi

Uusi tukiasema suunnitellaan käyttäen hyväksi kuuluvuuskarttoja, liikennemääriä ja vikailmoituksia. Uuden tukiaseman asennuksessa asentaja asentaa fyysisesti tukiasemalaitteet ja asentaa niihin tarvittavat tiedostot. Tämän jälkeen niihin otetaan etänä yhteys. Riippuen siitä onko kyseessä 2G-, 3G- vai 4G-tukiasema niihin tehdään erilaisia valmisteluita. Uuden tukiaseman käyttöönotossa 2G- ja 3G-verkoissa on vielä paljon manuaalisia vaiheita. 2G-tukiaseman käyttöönotto on melko nopeaa, johtuen sen yksinkertaisuudesta. Verkkotekniikoista 3G-tukiaseman käyttöönotto vie eniten aikaa. 4G-tukiasema tekee jo jonkin verran itse, jolloin käyttöönotossa ei ole niin paljon manuaalisia vaiheita.

Tukiasemien välisissä naapurisuhteissa tulee helposti päällekkäisyyksiä. Ne johtuvat samoista nimistä ja ID:stä. Verkosta poistuneet solunimet ja ID:t voivat myös aiheuttaa virheitä. Nämä virheelliset naapurisuhteet pitää manuaalisesti poistaa, jotta naapuruuDET saadaan ajettua.

Operaattorilla on omaa tuotantoa olevia ohjelmia, jotka muokkaavat suunnitteluparametrit sellaisiksi tiedostoiksi, että niiden ajaminen onnistuu tukiasemaohjaimen ja tukiasemaan. Parametritiedostojen ajo tukiasemaan onnistuu siihen käyttöön luotujen työkalujen avulla. Nämä työkalut olivat laitevalmistajan, mutta kyseessä ei ollut niin sanottu SON-järjestelmä. Mikäli jokin menee vikaan, niin se pitää manuaalisesti korjata. Operaattorilla oli myös omaa tuotantoa olevia ohjelmia, jotka tekivät toistuvia

komentoja ja muuttivat dataa helpommin luettavaan muotoon. Nämä nopeuttivat kyllä manuaalisen työn tekemistä jonkin verran, mutta eivät poistaneet manuaalisia vaiheita.

5G-verkkojen tulemiseen tulevaisuudessa on varauduttu ja asiaan liittyen laitevalmistajat ovat esitelleet tulevaa 5G-tekniikkaa operaattorille.

5.2 Optimointi

Uuden tukiaseman suunnittelussa luodaan parametritiedostot. Näiden avulla uusi tukiasema optimoidaan käyttöönoton yhteydessä. Tukiasemaa voidaan myöhemminkin optimoida manuaalisesti muuttamalla kyseisiä arvoja, mutta se on hidasta. 4G-tukiasemissa on ainakin joitain itseoptimoinnin osa-alueita ja ne luovat itse muun muassa naapurisuhteita.

Antennien optimointiin operaattori on ottamassa testiin säädettäviä antenneja, joiden sektorin suuntaa voidaan tarvittaessa muuttaa. Nämä eivät kuitenkaan vielä ole automaattisesti säätyviä antenneja, vaan niitä voidaan kääntää etänä.

5.3 Viankorjaus

Operaattorin verkoissa viankorjausta tehdään manuaalisesti erilaisia työkaluja apuna käyttäen. Nämä työkalut keräävät tietoja tukiasemista ja listaavat tukiasemien hälytykset, joissa on kuvaus hälytyksen aiheuttavasta viasta tai ongelmasta. Vikalistalla olevaan tukiasemaan otetaan etänä yhteys ja uudelleen käynnistämällä, tai asetuksia muuttamalla pyritään poistamaan ongelma. Mikäli tämä ei auta, lähetetään asentaja paikalle tutkimaan ja korjaamaan vika.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tutustuin teoriassa SON-tekniikkaan ja käytännössä siihen työhön, jonka SON-tekniikka voisi poistaa. Tutustuminen kyseiseen tekniikkaan teki selväksi sen, että se voi parhaimmillaan tarjota todella paljon mahdollisuuksia mobiiliverkkojen parantamiseen. SON-tekniikka mahdollistaa helppokäyttöisemmän ylläpidon ja luotettavuuden paranemisen.

Tulevaisuudessa SON-tekniikat tulevat varmasti olemaan tärkeässä roolissa ja osana mobiiliverkkojen kehitystä ja ylläpitoa. Tiedonsiirron määrän jatkuva kasvu luo tarpeen tämän kaltaisille tekniikoille. Verkkojen hallinta, optimointi ja viankorjaus pitää olla mahdollisimman paljon automatisoitu, jotta operaattorien toiminta pysyy kannattavana ja verkot toimintakykyisinä.

Teoriassa SON tarjoaa valtavasti mahdollisuuksia, mutta käytännössä kaikkea hyötyä siitä ei oteta irti. Tutustuminen operaattorin toimintaan ja verkkoihin osoitti sen, että SON-tekniikka ei ole Suomessa niin laajasti käytössä, kuin se voisi olla. Tähän varmasti suurin syy on kustannukset. Vanhoja järjestelmiä on kallista uusia, päätelaitteita on vähän ja etäisyydet ovat suuria. Operaattoreilla on myös suuri määrä ohjelmistoja, joita käytetään verkon hallinointiin, näiden korvaaminen yhtenäisellä SON-tekniikan ohjelmistolla olisi varmasti haastavaa.

Uskon, että viimeistään 5G:n tullessa markkinoille SON-tekniikka alkaa olla todella yleisesti käytössä. Tällä hetkellä SON on varmasti laajemmin käytössä suurkaupungeissa, joissa päätelaitteiden määrät ovat suuria. SON-tekniikan tarpeellisuus myös korostuu suurkaupungeissa, joissa tukiasemia on enemmän, johtuen katveesta ja päätelaitteiden suuresta määrästä. On myös todennäköistä, että Suomessa 2G- ja 3G-verkoissa SON-tekniikan käyttö jää vähäiseksi.

Toivon, että kyseistä aihetta ei sivuuteta koulussamme, sillä SON-teknologia tulee yleistymään viimeistään, kun 5G-tekniikat tulevat kaupalliseen käyttöön.

LÄHTEET

- [1] Juan Ramiro, Khalid Hamied (eds.). 2011. Self-organizing networks: self-planning, self-optimization and self-healing for GSM, UMTS and LTE. England: John Wiley & Sons.
- [2] Wikipedia. 0G. Viitattu 20.9.2016. <https://fi.wikipedia.org/wiki/0G>
- [3] Wikipedia. 1G. Viitattu 20.9.2016. <https://fi.wikipedia.org/wiki/1G>
- [4] Wikipedia. NMT. Viitattu 20.9.2016. <https://fi.wikipedia.org/wiki/NMT>
- [5] Wikipedia. 2G. Viitattu 20.9.2016. <https://en.wikipedia.org/wiki/2G>
- [6] Wikipedia. GSM. Viitattu 20.9.2016. <https://en.wikipedia.org/wiki/GSM>
- [7] Wikipedia. 3G. Viitattu 20.9.2016. <https://en.wikipedia.org/wiki/3G>
- [8] Wikipedia. HSPA+. Viitattu 20.9.2016. <https://fi.wikipedia.org/wiki/HSPA%2B>
- [9] Slideshare. General LTE Architecture. Viitattu 20.9.2016. <http://www.slideshare.net/yusufd/introduction-to-mobile-core-network-17667704>
- [10] Wikipedia. 4G. Viitattu 20.9.2016. <https://fi.wikipedia.org/wiki/4G>
- [11] Wikipedia. System Architecture Evolution. Viitattu 20.9.2016. https://en.wikipedia.org/wiki/System_Architecture_Evolution
- [12] Wikipedia. LTE Advanced. Viitattu 20.9.2016. https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_Advanced
- [13] Radio-electronics. LTE Advanced. Viitattu 20.9.2016. <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/lte-long-term-evolution/3gpp-4g-imt-lte-advanced-tutorial.php>
- [14] Thefastmode. How LTE advanced differs from regular lte networks. Viitattu 20.9.2016. <http://www.thefastmode.com/expert-opinion/1230-how-lte-advanced-differs-from-regular-lte-networks>
- [15] Wikipedia. Self-Organizing Network. Viitattu 20.9.2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Self-organizing_network
- [16] Slideshare. LTE/LTE-A SON (for femtocells). Viitattu 20.9.2016. <http://www.slideshare.net/zahidtg/lte-lte-a-son-for-femtocells>
- [17] 4gamericas. Self-Optimizing Networks Benefits of SON in LTE. Viitattu 20.9.2016. http://www.4gamericas.org/files/7714/0759/1264/Self-Optimizing_Networks-Benefits_of_SON_in_LTE_10.7.13.pdf
- [18] Rohde-schwarz. SON - Self-Organizing Networks. Viitattu 20.9.2016. https://www.rohde-schwarz.com/en/solutions/wireless-communications/lte/in-focus/self-organizing-networks_229096.html

- [19] Electronicdesign. Test ANR Functionality On Your LTE Devices. Viitattu 20.9.2016. <http://electronicdesign.com/test-amp-measurement/test-anr-functionality-your-lte-devices>
- [20] 4gamericas. Self-Optimizing Networks Benefits of SON in LTE. Viitattu 20.9.2016. http://www.4gamericas.org/files/2914/0759/1358/Self-Optimizing_Networks-Benefits_of_SON_in_LTE-July_2011.pdf
- [21] Net.in.tum. LTE SON-Function Coordination Concept. Viitattu 20.9.2016. http://www.net.in.tum.de/fileadmin/TUM/NET/NET-2013-08-1/NET-2013-08-1_13.pdf
- [22] Edenrockcomm. SON framework. Viitattu 20.9.2016. <http://www.edenrockcomm.com/son-framework.html>
- [23] Whatech. Self-organizing Network market. Viitattu 20.9.2016. <https://www.whatech.com/market-research/it/40961-discover-self-organizing-network-market-by-revenue-source-that-is-projected-to-be-worth-6-419-41-million-by-2020>
- [24] Nokia. Nokia iSON Manager. Viitattu 20.9.2016. <http://networks.nokia.com/sites/default/files/document/nokiaisonmanagerinfographic.jpg>
- [25] Edenrockcomm. Eden-NET SON. Viitattu 20.9.2016. <http://www.edenrockcomm.com/products/>
- [26] Ericsson. 5g what is it. Viitattu 20.9.2016. <http://www.ericsson.com/res/docs/2014/5g-what-is-it.pdf>
- [27] Jonathan Rodriguez. 2015. Fundamentals of 5G Mobile Networks. England: John Wiley & Sons.