



Radioamatööri liikenne digitalisoituu

Bittejä eetterissä

Radioamatöörin ajatellaan usein olleen nykyisten hakkerien esi-isiä. Harrastus on kuitenkin edelleen voimissaan, ja sillä on myös yhtymäkohtia bitinnypläykseen.

Teksti: Antti "OH2JJR" Ylikoski, Janne "OH2KFU" Sirén

Kuvat: Mikael Heikkanen, Jarno Niklas Alanko, JT65-HF-HB9HQX-Edition, Mw0rkb / Wikimedia Commons

Radiolähetys harrastus on kulkenut käsi kädessä radion syntyhistorian ja leviämisen kanssa. Ensimmäiset harrastelijat tekivät säännöllisiä radiolähetystöitä jo 1800-luvulla – virallisesti radioamatööri toiminta alkoi seuraavan vuosisadan alussa. Amatööriradio oli oman aikansa sosiaalinen media: kuka tahansa pystyi lähettämään eetteriin mitä tahansa. Kun Titanic upposi vuonna 1912, amatööriradisteja syytettiin valeuttisten levittämisestä pelastustoimiin liittyen.

Ajan mittaan radioamatööri toiminnasta kasvoi salonkikelpoinen harrastus, joka noudattaa säntillistä protokollaansa. Sitä mukaa kun radiotaajuuksien käyttö muuttui luvanvaraiseksi, radioamatöörit olivat vakiinnuttaneet asemansa, joka tunnustettiin suuressa osassa maailmaa. Vaikka radioamatööri toiminta on nykyisin luvanvaraista, luvan saaminen ei vaadi juuri muuta kuin maallikolta sujuvan annoksen opiskelua. Suuria rahallisia investointeja ei välttämättä tarvita.

Rahaakin toki saa kulumaan. Olenainen osa radioamatööriharrastusta on radioyhteyksien pitämisen lisäksi radiolaitteistojen (esimerkiksi antennien) rakentaminen. Radioamatöörit ovat siitä erikoisia harrastelijakansalaisia, että heillä on paitsi lupa lähettää radiolähetystöitä säädetyillä taajuuksilla, myös rakentaa itse niitä laitteita, jotka lähettämisen tekevät.

Yhä useammin amatööriradiolähetys koostuu biteistä.

Välineurheilun kantapeikko

Radioamatöörejä kutsutaan yleisesti ham-nimityksellä, *hamsseiksi*. Nimitys sai alkunsa ajalta, jolloin radioliiken-

ne oli pääasiassa sähköysliikennettä – sitä piipitystä tai naksutusta – ja ammattiradistit haukkuivat harrastelijoiden sähköyskäsiä (ham-fisted = kömpelö). Rakkaasta haukkumaniemestä huolimatta radioamatööriys on erittäin tekninen harrastus, jossa monet ovat hyvin taitavia.

Yksi esimerkki tästä on mainittu sähkötyt. Sähkötyt taito ei ole enää vuosien ollut vaatimuksena radioamatööriluvulle – suuri osa amatööriradioliikenteestä on puhetta – eikä sosiaalistaakaan tarvetta ymmärrettävästi enää ole. Kyseessä on silti edelleen sekä fyysinen taidonnäyte että mahdollisuus saavuttaa itse rakentamallaan harrastelija-antenneilla suu-rempiä viestintätäetäisyyksiä.

Itse asiassa sitä mukaa kun amatööriradion sosiaalinen tarve on muiden viestikanavien kasvun myötä vähentynyt, radioamatööri toiminnasta on tullut erilaisten teknisten saavutusten temmellyskenttää. Radioamatööri pääsee soveltamaan elektroniikkaa ja tietotekniikkaa, lähetin- ja antennitekniikkaa, sähkötekniikkaa (tietyin rajoituksin) – jopa satelliittitekniikkaa ja avaruusfysiikkaa.

Nykyaikainen amatööriradio

Radioamatööriharrastuksen keskiössä on edelleen radiolähetinvastaanotin, *ham radio* tai *transceiver*. Itse rakennettuna, kaupasta ostettuna tai vaikka tietokoneelle asennettuna. Muutamat uusimmat amatöörilähetinvastaanottimet ovat nimittäin ohjelmistoradioita (SDR eli *software defined radio*). Tällainen on esimerkiksi amatööripiireissä hyvin tunnettu FlexRadio. SDR:ssä tietokoneohjelma suorittaa melkein kaikki perinteisen radion tehtävät.

Jos samassa laitteessa on sekä lähetin (*transmitter*) että vastaanotin (*receiver*), sitä kutsutaan termillä lähetinvastaanotin eli *transceiver*. Joskus käytetään lyhennettä *xceiver* tai *XCVR*. Nykyaikaiset amatöörilähetinvastaanotinlaitteet ovat yleensä täysin mikroprosessoriohjattuja, ja niissä sovelletaan tietokone- ja digitaalitekniikkaa monin eri tavoin, esimerkiksi radiosignaalin tuottamiseen tai ilmaisuun eli ääni-informaation tuottamiseen radiosignaalista.

Perinteinen radiolähete on pitkään ollut analoginen – analogisia lähetelejä on käytetty jo vuosisadan verran. Tyypillisin on Single Sideband- eli SSB-lähete, joka on hieman muunnettu amplitudimodulaatio. Amerikassa ja Japanissa radioasemien usein käyttämää keskiaaltoaluetta kutsutaan nimellä AM, joka merkitsee juuri amplitudimodulaatiota. Amplitudimodulaatiossa radiosignaalin kantama ääni-informaatio ”laitetaan mukaan” eli moduloidaan radiosignaalin amplitudiin eli signaalin voimakkuuteen.

Vastaavasti taajuusmodulaatiossa, meille tutummassa FM-radiossa, radiosignaalin kantama ääni-informaatio moduloidaan mukaan radio-

signaalin taajuuteen. SSB-lähete, jota amatöörit yleensä käyttävät analogisena lähetelejinä, on muunnettu AM-lähete. Amatööriharrastukseen kuuluva kilvoittelu näkyy tässäkin – SSB:n soti-enjalkeinen menestys omaa kiitoksensa amatöörikokeiluille. Muunnoksella nimittäin saadaan aikaan 6 dB parempi signaali-kohinasuhde (S/N-suhde eli *signal to noise ratio*).

Alussa oli taajuus

Matka radioliikenteen digitalisoitumiseen alkaa kaukaa. Moni elektroniikkaharrastaja oletettavasti tuntee LC- eli värähtelypiirin, joka koostuu kelasta ja kondensaattorista. Sillä voidaan yksinkertaisessa radiovastaanotimessa erottaa tietty taajuus monesta eri taajuudesta, joita vastaanotin poimii. Lähes kaikki nykyiset radiot ovatkin niin sanottuja supervastaanottimia (*superheterodyne*), jotka ohjaavat kuunneltavan aseman niin sanotulle välitaajuudelle.

Supervastaanottimen periaate keksittiin jo 1900-luvun alkupuolella. Siinä antennista tulevat eri taajuudet sekoitetaan vastaanotimessa tuotetun paikallisen oskillaattoritaajuuden kanssa ja saadaan välitaajuus. Välitaajuus suodatetaan ja vahvistetaan, minkä jälkeen siitä tuotetaan alkuperäisen radiosignaalin kantama ääni-informaatio. Välitaajuus on vakio, keskiaalto- ja lyhytaaltovastaanotimissa usein 455 kilohertsiä.

Näin välitaajuuden vahvistimesta on helppo tehdä valikoiva, eli tarkoin halutun aseman erottava, ja vahvistukseltaan suuri. Tämä ei olisi yhtä helppoa muuttu-

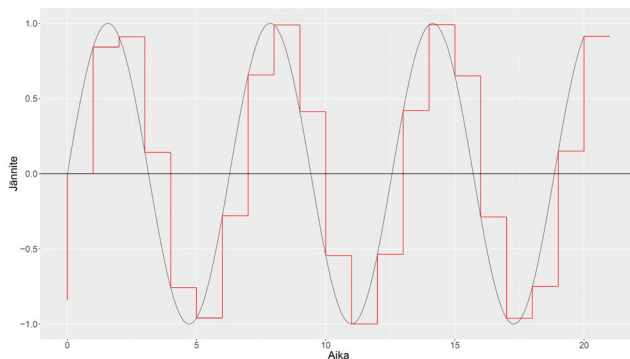
ville taajuuksille. Supervastaanotin taas edellyttää muuttuvataajuuksista paikallisoskillaattoria. Juuri tämän paikallisoskillaattorin signaali oli ensimmäisiä digitalisoinnin kohteita.

Siirtymä digitaaliseen

Radiolähetysten digitalisointi ei siis alkanut sisällöstä, vaan ensin tuli lähetystaajuuden muodostus – tai, jos tarkkoja ollaan, taajuuden seuraaminen. Ensimmäisissä digitaalikäyttöisissä radioissa taajuus nimittäin muodostettiin edelleen analogisesti, ja diginäyttö perustui oskillaattoria käyttävään taajuuslaskimeen. Nykyisin myös itse lähetystaajuus tuotetaan usein digitaalisesti.

On olemassa kaksi tapaa tuottaa tarkoin määrätty taajuus digitaalisesti. Ensimmäinen on DDS (*direct digital synthesis*) eli suomeksi suora digitaalisynteesi: siniaallon arvot katsotaan RAM-muistista, ja arvoista kootaan digitaalinen siniaalto, joka voidaan muuttaa analogiseksi aalloksi käyttämällä sopivaa alipäästösuodinta. Toinen yleinen tapa on PLL (*phase locked loop*), suomeksi vaihelukittu silmukka. Tässä on elektroniikasta koottu oskillaattori, jossa on digitaalipiireillä toteutettu takaisinkytkentä. Takaisinkytkennällä saadaan luotua vakaa signaali tarkoin määritellyllä taajuudella.

Seuraava vaihe on muuttaa analoginen signaali digitaaliseksi virraksi (*stream*) ja päinvastoin. Tämä tapahtuu ottamalla virrasta tasavälein näytteitä ja muuntamalla saadut jännitteet tai virran arvot binääriluvuiksi. Tätä kutsu-



Alipäästösuoitin tasoittaa digitaalisen aallon (punaisella) jatkuvaksi analogiseksi aalloksi.



Radioamatööriasemia on moneksi: kännykän kokoisista käsikoneista suuriin laitepatteristoihin. Kuvassa asema MWORKB Pohjois-Walesissa (mwOrkb.wordpress.com). Aivan oma lukunsa ovat kattojen yllä kohoavat antennit...

taan analogi-digitaalinen eli A/D-muunnokseksi. Näytteenoton taajuus riippuu signaalin taajuudesta. Jos halutaan digitalisoida signaali, jonka taajuus on f hertsiä, näytteenoton taajuuden pitää olla vähintään kaksinkertainen: $2f$. Tätä kutsutaan Nyqvistin teoreemaksi.

Digitaalinen numerovirta muunnetaan analogiseksi signaaliksi muuntamalla binääriluvut vastaaviksi jännitteiksi tai virroiksi. Sen jälkeen syntynyt aaltomuoto pitää vielä alipäästösuo- dattaa. Tätä toimenpidettä kutsutaan luonnollisesti digitaalinen analogi- eli D/A-muunnokseksi. Sovellessa tietokonetekniikkaa radioon nämä kaksi muunnosta ovat keskeisessä asemassa.

Digitaalinen liikenne

Kaikkea edellä mainittua voidaan soveltaa ja sovelletaan myös analogiseen eli puheliliikenteeseen. Radioamatöörit lähettävät kuitenkin puhtaasti digitaal- listakin sisältöä. Nykyaikainen amatöö- riharrastus on hyvin suuressa määrin tietokoneistunut, ja digitaaliset lähete- lajit ovat yhä suosittumia. Digitaalisia lähete- lajeja eli ”digimodeja” on kym- meniä, ja uusia kehitetään koko ajan. Digimodeyhteyksissä näppäimistöllä kirjoitettu teksti välittyy vasta-asemalle radion välityksellä. Suosittuja digimo- deohjelmia löydät artikkelin lopun lin- keistä.

Eräs vanhimmista ja edelleen käytetty digitaalinen lähete- laji on radioteletype (RTTY eli ”rytty”), jossa vielä tänäänkin käytetään vanhoista teletype-laitteista peräisin olevaa viisibittistä teletype- koodia. Toinen on PSK31. Lyhenne tulee sanoista *phase shift keying* – digi- taalisignaali on moduloitu radioaallon vaiheeseen. Numero 31 tulee digitaalisen lähete- moodin sangen verkkaisesta tiedonsiirtonopeudesta (bittinä se- kunnissa). Tällä hetkellä

Nobel-palkitun **Joe Taylorin** kehittämät digimodet, kuten JT65 ja FT8, ovat kuu- minta hottia. JT65:llä signaalia voidaan kaivaa jopa kohinatason alapuolelta, ih- mismikrofon kuulumattomista. FT8 lupaa vielä nopeampia yhteyksiä.

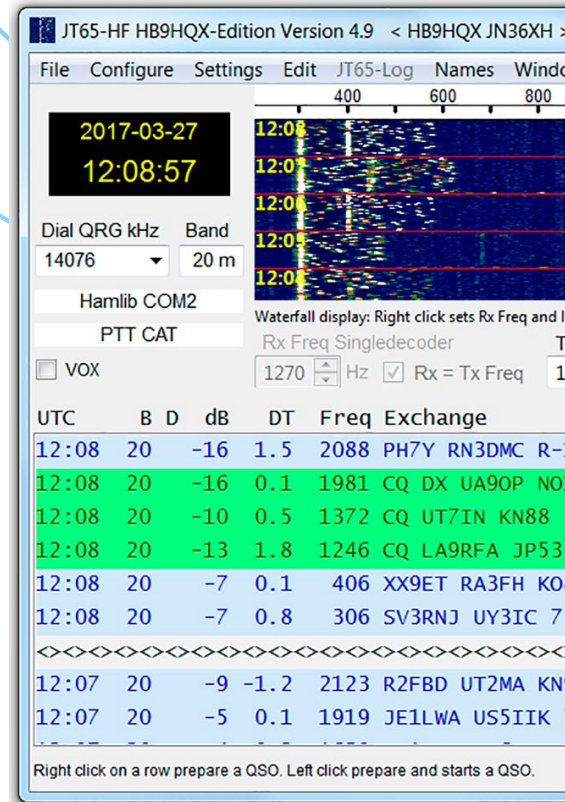
Amatööriradion välityksellä lähete- tään jopa televisiokuvaa, hitaasti. Kapea- kaistatelevision eli *slow scan television* -lähetyksen (SSTV) historia juontaa juu- rensa analogiselle 50-luvulle. Skrollin lu- kijoita kiinnostanee erityisesti, että eräs suosittu SSTV-tekniikka on AVT (Ami- ga Video Transceiver), joka sai alkunsa Amigaan kytketystä radiomodeemista 90-luvulla. AVT-lähetykset sisältävät erillisen digitaalisen pulssin ja lomitetun kuvasignaalin, joka mahdollistaa kuvan rekonstruoinnin, vaikka puolet katoaisi matkalla. Nykyisin myös täysdigitaalinen *digital SSTV* on yleistymässä.

Radioamatööreillä on myös satelliit- teja, joiden rakennustyöhön on osallis- tunut suomalaisiakin. Vaikka radioaal- tojen heijastaminen ionosfääristä (tai jopa kuusta) on amatööreille vanha kik- ka, satelliittien kautta yhteyksiä voidaan pitää vieläkin kauemmaksi.

Ei pelkkä tekniikkalaji

Radioamatööriharrastus on tekninen suorituslaji, josta voi saada onnistu- misia ja elämyksiä, vaikka käytännön hyödyt rajoittuvatkin nykypäivänä ää- rimmäisiin katastrofeihin. Teknisen näp- tertelyn lisäksi harrastus on kuitenkin myös sosiaalinen seura – osalle ra- dio onkin vain syy kokoontua yhteen. Radioamatöörikerhoja on lukuisia, ja niissä toimiminen voi olla harrastuksen parhaita puolia.

Harrastus ei myöskään juuri katso ikää. Suomen Radioamatöörilitolla on nuorisoon kohdistuvia jäsenhankinta- projekteja, ja yhä useammat tekniikan harrastajat ovat kiinnostuneet radio-



amatööriharrastuksesta. Radioamatöö- rin pätevyys hankkiminen on hel- poa. Nuorille riittää viikon mittainen leirikoulu, jossa opiskellaan radio- amatöörimääräyksiä ja radioamatöö- ritekniikkaa.

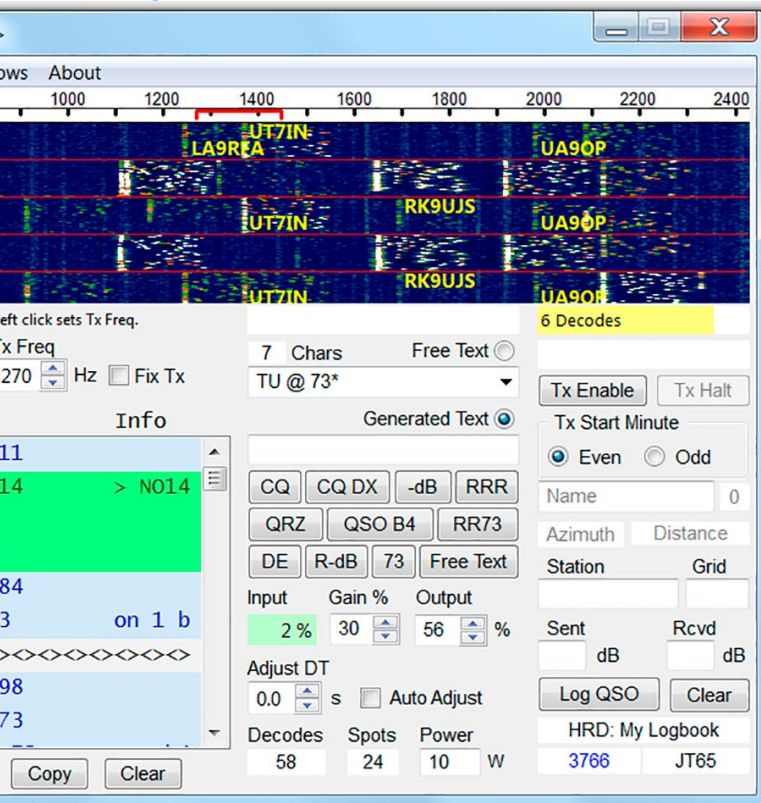
Kuten sosiaalisessa mediassa kuu- luu, myös radioamatöörit laskevat ka- vereitaan. Osalle radioamatööreistä ”workkiminen” eli yhteydet muihin radioamatööreihin, mahdollisimman moniin ja etenkin kaukaisiin sellaisiin, on omanlaistaan kilpaurheilua. Yh- teyksistä lähete- llään todistuksena niin sanottuja QSL-kortteja, nykyisin myös digitaalisia, joita lasketaan ”palkintoja” myönnettäessä. Kaikkein harvinaisin ja vaikeimmin workittava maa lienee Pohjois-Korea, jossa radioamatööritoi- minta on kiellettyä. 🇰🇷

Kännyn esi-isä

USA:n radioamatööriunion ARRL:n Radioamatöörin käsikirjaa (*The ARRL Handbook*) on julkaistu 1920-luvulta lähtien. Kirjaa toimi- tetaan edelleen tänä päivänä, ja se on vakiinnuttanut asemansa arvostettuna perusteoksena radioelektronikasta ja antennitekniikasta. Nykyisin kirja käsittelee perustekniikan lisäksi myös digitaalisia lähetyksimuotoja.

Vuonna 1926 ARRL Handbookissa mainostettiin USA:n armeijan ylijäämätavarana kipinälähettäviä, joiden kantomatka luvattiin noin 45 kilometriä. Nykyisin hyvin monilla amatööreillä on matkapuhelimen näköisiä niin sanottuja käsikoneita eli kädessä pidettäviä pieniä lähete- vastaanottimia. Ne toimivat 2 metrin ja 70 senttimetrin radioamatööritajuusalueilla ja niiden kantama on suurin piirtein sama, noin 40 kilometriä.

Jos yhtälöön lisättäisiin tukiasemasolut ja yhteys puhelinverkkoon, paikallinen käsiradio muuttuisi matkapuhelimeksi. Idea on säännöl- lisesti herätelty radioamatööripiireissä, etenkin joidenkin gsm-patenttien vanhennuttua. Salaus ei ole sallittua harrasteliikenteessä, ja on kyseenalaista, saisivatko amatöörit asemistaan tukiasemaverkostoa, mutta teknisiä esteitä ei sinänsä pitäisi olla.



Digitaalista radioamatööriliikennettä JT65-lähetelajina. Yhteydet näkyvät ylhäällä radiosignaalina ja vasemmassa alakulmassa tekstinä. CQ (seek you) on yleinen yhteyskutsu, jota seuraa kutsujan asematunnus (call sign).

Luettavaa ja kokeiltavaa

Suomen Radioamatööriliitto ja Radioamatööri-lehti

www.sral.info ja www.sral.fi

USA:n radioamatööriliitto ARRL

www.arrl.org, julkaisee ARRL Handbookia, jossa on suuri määrä amatöörilahasteeseen liittyvää tietoa.

Heikki E. Heinonen: Tiimissä hamssiksi

Radioamatööritekniikan perusteita, 1 ja 2, Suomen radioamatööriliitto ry, ISBN 951-97738-0-6 ja 951-97783-4-9

Hilbert transform

Hilbert-muunnos äänitaajuisen informaation talteen ottamiseen radiosignaalista. Tuottaa radiosignaalista kaksi uutta signaalia: I (In Phase) ja Q (Quadrature). I- ja Q- signaaleista saadaan tuotettua radiosignaalin kantama ääni-informaatio.

en.wikipedia.org/wiki/Hilbert_transform

Salattuja purskeita

Skrolli 2013.2. Artikkelin RTL-SDR-vastaanottimessa käytetty mikropiiri on alun perin tarkoitettu digitaalitelevision vastaanottoon. Mikropiiriin I- ja Q- signaaleihin pääsee käsiksi, ja siksi piiriä voi käyttää yleiskäyttöisenä radiovastaanottimena.

skrolli.fi/numerot

FlexRadio, ohjelmistoradio

www.flexradio.com

Digimode-ohjelmia

oh3ne.ham.fi/wiki/index.php/Digimode_ohjelmia

SSTV-ohjelmia

www.amateur-radio-wiki.net/index.php?title=SSTV_software

Tulevaisuus oli täällä, tuolla ja...

AMIGAN käyttäjärjestelmän diaspora

Viimeinen kotimikro Amiga muistetaan paitsi multi-mediakyvyistään, myös vuosikymmenen muita edellä olleesta moniajokäyttäjärjestelmästä. Amiga OS onkin poikunut jo puolen tusinaa perillistä.

Teksti ja kuva: Janne Sirén