**FT8 teoriaa ja hivenen käytäntöä**

10.10.2017 oh3ma

“FT8” (Franke-Taylor design, 8-FSK modulation) on uusi jäsen WSJT-perheessä. Tuo herra Steve Franke, K9AN on sovittanut uuden tavan korjata virheitä sopivasti koodatussa signaalissa. Joe Taylor on taas koko WSJT:n (Weak Signal/Joe Taylor) kehittäjä K1JT, astronomi, physiikan proffa ja Nobel-palkittu. FT8 on suunniteltu nopeammaksi heikkojen signaalien yhteysmuodoksi kuin JT65A. FT8 on neljä kertaa nopeampi kuin JT65A ja sen kaistaleveys on neljäsosa JT65A:n kaistaleveydestä. Samalla sen herkkyys on muutaman dB heikompi kuin JT65A. Tuollaisena se on parhaimmillaan lyhyissä avauksissa ja monen hypyn Es yhteyksissä, joissa halutaan luotettava todennettavissa oleva QSO, mutta ei sitten juuri muuta.

**Lyhyesti FT8:n ominaisuudet**

* Lähetys- ja vastaanottojaksot 15 s
* Sanoman pituus 75 bittiä ja 12 bittiä virheenilmaisuun, 3 bittiä vapaana
* FEC eli virheenkorjausmenetelmä LDPC(174,87) eli ”harva pariteetin tarkistuskoodi”, jossa on 87 bittiä sanomassa ja kaikkiaan siirretään 174 bittiä eli kaksinkertainen määrä
* Modulaatio on 8-tasoinen taajuussiirtoavainnus, jossa symbolinopeus = taajuuksien väli on 5,86 Hz. Tuollainen modulaatio siirtää yhdessä symbolissa kolme bittiä tietoa (eli symboleja on 58)
* Modulaation taajuus muuttuu siten, että vaiheessa ei ole hyppyjä ja amplitudi on vakio
* Käytetty kaistaleveys on 47 Hz eli 8 x 5,86 Hz tai oikeastaan vähän enemmän
* Synkronisointi: kolme 7 x 7 Costas taulukkoa alussa, keskellä ja lopussa, siitä 3x7=21 lisäsymbolia eli yhteensä 79 symbolia.
* Lähetyksen kestoaika 79 x 2048 / 12000 = 13,48 s
* Ilmaisun raja-arvo -21 dB puhekaistaleveydellä
* versiossa 1.8 kahdenkertainen ilmaisu eli samalla taajuudella ilmaistaan kaksi signaalia tai ainakin yritetään
* Moni-ilmaisu: yritetään ilmaista kaikki vastaanottokaistaleveydellä olevat FT8 signaalit
* Rakentaa yhteyden automaattisesti käsin tehdyn käynnistyksen jälkeen

Tarkemmin joitakin ominaisuuksia eli kysymyksiä, joita et ole koskaan halunnut kysyä

**Lähetys-/vastaanottojaksot**

Lähetys/vastaanottojaksot on määritelty alkavaksi neljä kertaa minuutissa ja aikavirhe saa olla korkeintaan luokkaa +/-2,5 s eli oman kellon tulisi olla yhden sekunnin tarkkuudella kohdallaan. Windowsin kellosynkkaus ei aina ole tarpeeksi tarkka, joten vaikka [**ntp-4.2.8p10-win32-setup.exe** (4.15 MB)](https://www.meinbergglobal.com/download/ntp/windows/ntp-4.2.8p10-win32-setup.exe) tai [Download Dimension 4 v5.31 now...](http://www.thinkman.com/dimension4/d4time531.msi) hoitaa homman kotiin. Itselläni oli aluksi kello sen verran pielessä, että osa voimakkaista signaaleista ei tullut perille.

Tuo 15 s vastaanottojakson pituus on haaste, koska itse vastaanotto kestää 13,5 s ja vasta sen jälkeen signaali voidaan ilmaista. Ilmaisuun voi kulua lähes koko aika tilanteesta ja tietokoneesta riippuen. Sen takia protokolla on automatisoitu vasta-aseman valinnan jälkeen. Aika tuppaa jäämään vähäiseksi CQ-kutsuun vastanneista valintaan. Toisaalta synkronointi ja virheenkorjaus on sen verran tehokasta, että voimakkaista signaaleista saa jäädä alusta pois yllättävän paljon ennen kuin sitä ei voi ilmaista.

**Sanoman pituus**

Sanomassa olevien 72 (+3) bitin ja siirrettävän sanoman koodauksella saadaan sanoman pituudeksi 18 - 22 merkkiä mukaan lukien välilyönnit. Se on tuplasti kuin mitä koodaamattomana voisi lähettää. Koodauksesta johtuen protokollaan on jouduttu rakentamaan rajoituksia sanomien sisällön suhteen. Perussanomissa voi olla kolme välilyönnillä tai kauttamerkillä erotettua osiota. Ensimmäinen voi olla CQ, QRZ, DE tai kutsumerkki (tai kutsumerkin osa ennen kauttamerkkiä). Toinen osio on kutsumerkki tai osa sitä. Kolmas osio voi olla lähettävän aseman lokaattori (neljä merkkiä), signaaliraportti, R ja signaaliraportti, RRR tai 73. Ohjelma huolehtii lähettävän sanoman oikeasta muodosta ja käyttäjä voi vaikuttaa vain varsinaisen QSOn jälkeen mahdollisesti lähettävän vapaamuotoisen sanoman sisältöön.

Vapaamuotoista tekstiä voi olla 13 merkkiä välilyönnit huomioiden.

**Sanomanvaihtoprotokolla**

Protokollan tarkoituksena on toteuttaa kahteen suuntaan kuitattu yhteys, jossa vaihdetaan lokaattori ja signaalin voimakkuus. Lokaattori annetaan ensimäisessä sanomassa ja raportti seuraavassa. Saatu raportti kuitataan oman raportin annon yhteydessä (R+raportti) tai koko yhteyden kuittauksena RRR. Tuo RRR kuitataan 73 kuittauksella. Moni käyttäjistä lähettää vielä tuon 73 kuittauksen jälkeen oman 73 kuittauksen tai vapaamuotoisen sanoman, johon voi vielä vastata vapaamuotoisella sanomalla. Huomasin, että osa käyttäjistä ei hyväksykään 73 kuittausta, vaan haluavat saada RRR-kuittaukseen 73 tilalla RRR.

Kauttamerkkiä ei pidä käyttää vapaamuotoisessa sanomassa, koska protokolla voi tulkita sen kutsumerkin osaksi ja putoaa kärryiltä. Tyypilliseen yhteyteen menee kuusi sanomaa CQ mukaan lukien ja siten aikaa puolitoista minuuttia.

Ohjelma huolehtii sanomien vaihdosta itsekseen kaiken mennessä niin kuin Strömsöössä. Käyttäjä voi itse muuttaa sanomien lähetysjärjestystä, jos jokin näyttää menevän pieleen.

Tuon vapaamuotoisen sanoman kohdalla havaitsin, että sitä ei voi käyttää 73 kuittauksen tilalla, vaan ainoastaan itse lähetetyn RRR tai 73 kuittauksen jälkeen. Jos vapaamuotoista sanomaan tarjoaa RRR-kuittaukseen, niin toinen pää lähettää normaalisti uudelleen RRR-kuittauksen. Tosin käyttäjä voi tuossa tapauksessa toiston tilalla lähettää vapaamuotoisen sanoman, mutta vasta-asema joutuu tallettamaan yhteyden lokiin käsin.

**Virheenkorjaus**

Käyttäjän ei oikeastaan tarvitse tietää mitään virheenkorjauksesta. Virheellisen sanoman havaitsemisesta kuitenkin on hyvä tietää, että ohjelma pystyy suurella todennäköisyydellä havaitsemaan virheellisesti tulkitun sanoman ja ei näytä sitä käyttäjälle. Tuo tulee parhaisen esiin, kun monta asemaa vastaa kutsuun ja signaalin voimakkuus on hyvä, mutta kuitenkaan ei sanoma tule näyttöön. Silloin on vastaanotin ei ole pystynyt kaivamaan esiin yhtään noista yleiseen kutsuun vastanneista asemista. Yksi tapa saada oma vastaus paremmin perille on lähettää se eri taajuudella kuin millä CQ oli; vastaanotinhan dekoodaa kaikki kuuntelukaistalla olevat asemat.

Virheenkorjaus on paljon hankalampaa kuin virheiden havaitseminen. FT8 virheenkorjaus on toteutettu varsin uutta 60-luvulla keksittyä menetelmää käyttäen, jonka käyttö tuli mahdolliseksi vasta tietotekniikan kehityttyä 80-luvulla. FT8-protokollassa virheenkorjausbitit lisäävät sanoman pituuden kaksinkertaiseksi eli siirrettävää on 174 bittiä, joka vastaa 58 symbolia. Tässä yhteydessä en yritä selostaa miten virheenkorjaus tehdään.

**Kahdeksantasoinen FSK**

Kahdeksantasoinen taajuussiirtoavainnus on tehty spektrin kannalta siistiksi juohean vaihesiirron takia ja vakioamplitudi mahdollistaa C-luokan asteen käytön. Myös taajuuksien välien ja modulaationopeuden ollessa sama 5,86 Hz spektri pysyy nättinä. Spetrin kokonaisleveys on noin 50 Hz eli huomattavasti kapeampi kuin JT65A tapauksessa.

**Vastaanottimen bitti- ja sanomatahdistus**

FT8-protokollassa taajuus- ja bittitahdistus sekä sanoman aikasijainnin osoitus on hajautettu vähemmän kuin muissa WSJT-protokollissa ja on sijoitettu kolmeen seitsemän symbolin pätkään. Tahdistus lisää lähetteen kokonaispituudeksi 79 symbolia vastaten 237 bittiä, joista varsinaista tietoa on 75 bittiä. Itse tahdistusmenetelmää ei ole kuvattu tarkemmin, lienee jokin korrelaatiotyyppinen.

**Kaksinkertainen ilmaisu**

Käytetty virheenkorjausmenetelmä on sen verran raju, että yleensä kahdesta tai useammasta päällekkäisestä signaalista voidaan kaivaa esiin yksi sanoma, yleensä voimakkain. Silloin voidaan muodostaa vastaanottimessa vasta-aseman lähettämä signaali ja vähentää se vastaanotetusta puurosta. Jäljelle jää lähinnä heikommat signaalit ja sille tehdään uusi sanoman ilmaisu, joka varsin usein onnistuu.

**Koko kaistan signaalien ilmaisu**

Ohjelma tutkii koko vastaanotettua kaistaa ja bitti/sanomatahdistussymbolien perusteella jakaa kaistan niin moneen pätkään kuin tahdistussignaaleja löytyy. Kukin pätkä ilmaistaan erikseen tarvittaessa kahteen kertaan. Ohjelma pystyy käsittelemään 5 kHz kaistan eli teoriassa se voi ilmaista kerrallaan noin 2 x 5000 / 50 = 200 sanomaa! Ainakin minun läppärin näyttö rajoittaa näkyvien sanomien määrää paljon ennen tuota. Parhaimmillaan olen nähnyt vajaa parikymmentä sanomaa kerrallaan.

**Ohjelman asennus ja käyttöönotto**

Tuo FT8 on pieni osa laajaa kokoelmaa heikkojen signaalien prokollia, jotka on kerätty yhteen WSJT-X ohjelmaksi. Siitä on tällä hetkellä saatavissa versio 1.8 rc2, jota olen käyttänyt menestyksellä.

Ohjelma löytyy sivulta <https://www.physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/wsjtx.html>. Ohjelman liitäntä minimissään radion ja tietokoneen välillä on audio molempiin suuntiin ja PTT. Ohjelma tukee CAT-ohjausta eli bandin ja taajuuden asetus onnistuu tietokoneella tai rigillä. Liitäntään tarvitaan jokin sovituspurkki esim. SignalLink tai USB-liitäntä rigissä, jolloin audio siirtyy digitaalisena tietokoneen liitännässä. Myös audioliitäntäinen ratkaisu toimii yhtä hyvin, jolloin PTT kulkee RS-232 tai vastaavan liitännän RST- tai DTR-signaalilla. Sinänsä liitäntä on ihan sama kuin RTTY-käytössä, kun RTTY-audiosignaali tehdään tietokoneella.

Ahvenanmaalla totesimme, että tietokoneen on ohjattava lähettimen käynnistymistä, koska ihminen on liian hidas ja epäluotettava toimimaan ajoittimena. Lähettimen ohjaus voidaan jättää myös rigin VOX:n varaan

Itselläni on FTDX3000, johon saa läppärin kiinni USB-johdolla. Tuo yksinkertaistaa huomattavasti rigin ja läppärin liittämistä toisiinsa. Liittämisessä on huomioitava, että ennen USB-piuhan kytkentää on syytä asentaa läppäriin sopivat USB-ajurit.

Ohjelma ensikäynnistämisen yhteydessä tehdään joukko asematietojen ja rigiliitännän asetuksia. Ne yllättäen löytyvät File -> Settings – täpän takaa; Configurations on nimensä mukaisesti talletetuja asetuksia erilaisia laitekokoonpanoja varten.

**General**-kohdassa asetetaan aseman kutsumerkki ja lokaattori. Loput asetukset on mielen mukaan. Itselläni on Display-alueella TX messages to RX frequency window –täppä klikattuna, jolloin voi olla helpompi pysyä kärryillä missä mennään yhteyden aikana. Jos haluaa pysyä kärryillä mitä on tullut työskenneltyä, niin Show DXCC entity and worked before status –täppä kannattaa klikata.

**Radio**-kohdan asetukset riippuvat rigistä ja miten sitä halutaan ohjata. Yksinkertaisimmillaan Rig: None ja PPT Method VOX. Itselläni Rig-valinta vaati arvaamista, koska taustalla oleva Hamlib ei tunne FTDX3000-radiota ja otin seuraanvan suuremman FTDX5000; tosin kaikki USB-liitännäiset Yeasut taitavat käyttää riittävän samanlaista CAT-komentosarjaa. CAT Control alueen asetuksissa Serial Port ei ole suinkaan USB, vaikka niin luulisi, vaan Silicon Labsin Enhanced COM –portti. PTT Method valitsin CAT.

**Audio**-kohdassa valitaan radioon liittyvät muuntimet. Save Directory –kohdassa voisi valita jonkin hakemistopolun, johon on itsellä helpompi pääsy kuin tuohon oletusarvoiseen Windowsin kätkemä polku. Tosin sinne pääsee ohjelman sisältä helposti File -> Open log directory –täpällä.

Muut asetukset voi aluksi jättää oletusarvoihin, ellei halua esim. verkkopalveluja.

Seuraavaksi valitaan **Mode**-lehdeltä FT8.

Voipi olla hyödyllistä antaa ohjelman tallettaa kaikki mitä kusoilun aikana tapahtuu valitsemalla Save-lehdeltä Save all. Olisin tuota tarvinnut selvittääkseni somuun menneen DX-kuson todellisen tilanteen se kun jäi laittamatta lokiin.

Jos ei käytä ”täyttä” CAT-ohjausta, niin on hyvä muistaa, että FT8-modella radio tulee aina asettaa käyttämään ylempää sivukaistaa (USB) taajuusalueesta riippumatta.

Loput kikat voi olla helpompi selvittää rigin ääressä. Eli sen kun vaan workkimaan.

**Työskentelytaajuus**

FTDX3000 audiokaistaleveys on huomattavasti alle 5 kHz, joka olisi WSJT-ohjelmiston käsittelykyvyn yläraja. Ohjelmistossa on kullekin bandille suositeltu toimintataajuus, johon rigi menee CAT-ohjauksella automaattisesti. Olen huomannut, että asemia on usein enemmän rigin äänitaajuusalueen yläpuolella kuin alle 500 Hz taajuuksilla. Noita toimintataajuuksia voi käydä muuttamassa File -> Settings -> Frequencies –kohdassa. Itse laitoin 500 Hz lisää ja vesiputoukseen tuli enemmän asemia. FTDX3000 äänikaistaa voi aavistuksen lisätä SHIFT-nappulalla kääntämällä sitä oikealle, jolloin taajuusalue kasvaa yläreunasta enemmän kuin pienenee alareunasta tai ainakin siltä näytti.

**Lokiohjelma**

WSJT sisältää lokinpito-ohjelman, joka saadaan toimimaan lähes automaattisesti QSO:n edistyesssä protokollan mukaan. Ohjelma tuottaa teksti- ja Adi-tiedostot eli tiedot on helppo siirtää vaikka QSL-kirjoitusohjelmaan. Lokinpidon ja radion ohjaamisen voi hoitaa myös muilla ehkäpä paremmilla tavoilla.

**Workkiminen**

Jotta vastaanotto toimisi hyvin, pitää signaalin tason olla sopiva. Jos voimakas signaali aiheuttaa leikkaantumista ja sitä kautta haitallisiä särötuloksia. Kahdenkertaisessa ilmaisussa tehtävässä ensimmäisen ilmaistun signaalin vähentämisen jälkeen signaali sisältää särötuloksia, jotka saattavat pilata jäljellä olevan toisen signaalin ilmaisun. Signaalitason seurantaa varten on ohjelmaikkunassa vasemmalla tasomittari, jonka tulisi pysyä vihreänä. Ohjelmassa ei ole vastaanottotason säätöä ja se on tehtävä Windowsin asetuksilla ja/tai rigin tai sovittimen säädöllä.

Ohjelmaikkussa oikealla on lähetystehon säätö, jolla rigiin lähtevä äänitaajuustaso voidaan säätää sopivaksi. Lähetystehoksi riittää yleensä muutama kymmenen wattia tai vähemmän. Joissakin rigeissä lähettimen ALC tulee levottomaksi liian isolla teholla huonontaen lähettävän signaalin hyvyyttä jopa niin paljon ettei sittä pysty ilmaisemaan.

Omassa ikkunassaan näkyvä vesiputousnäyttöä voi säätää mielensä mukaan. Bins/Pixel määrää kuinka leveä spektrialue näkyy. N Avg määrää kuinka pitkän ajan spektristä tehdään keskiarvoa eli samalla kuinka nopeasti vesiputous laskee. Harvan rigin pientaajuus alkaa nollasta ja Start-valinnalla voi 100 Hz portain valita alkutaajuuden, jolloin näyttöön voi sopia paremmin rigin pientaajuusalue riippuen Bins/Pixel arvosta. Flatten-täpällä kompensoidaan äänitien eri taajuuksien vahvistuseroja, jolloin signaalit on helpompi erottaa kohinasta.

Vastaanotto käynnistyy ohjausikkunan puolivälissä olevalla Monitor-nappulalla, ellei se ole valmiiksi vihreä. Lyhyesti eri toimintoja:

* Vasemman puolen Band Activity -ikkunaan tulee 15 s välein ilmaistujen asemien sanomat
* Oikean puolen RX Frequency –ikkunaan tulee vastaanottotaajuuden kohdalla olevien asemien sanomat
* Vastaanottotaajuuden voi valita vesiputousta klikkaamalla, klikkaus asettaa vihreän kaistan vasemman reunan taajuuden
* Lock TX = RX asettaa lähetintaajuudeksi vastaanottotaajuuden
* Auto Seq –täppä antaa ohjelmalle oikeuden hoitaa QSO kotiin
* CQ kutsussa Call 1st –täppä antaa luvan automaattisesti vastata ensimmäiseksi ilmaistulle asemalle
* Log QSO avaa QSOn tallennusikkunan
* Stop keskeyttää vastaanoton
* Monitor aloittaa vastaanoton
* Erase pyhkii vastaanottoikkunat
* Decode ilmaisee vastaanottotaajuuden signaalin
* Enable TX aktivoi lähettimen
* Halt TX lopettaa lähetyksen
* Tune käynnistää lähettimen kantoaallon, ei modulaatiota

Ohjausikkunan oikeassa alareunassa on kaksi sanomalehteä:

1. GenerateStd Messages eli Muodostetaan vakiosanomat
2. Calling CQ / Answering CQ eli CQ lähetys ja siihen vastaaminen

Ensimmäistä käytetään lähes automaattiseen kusoiluun:

* Sanoma nro 6 sisältää valmiin CQ-sanoman, täppä valitaan ja käynnistetään lähetin
* Vastanneista valitaan klikkaamalla haluttu ja kone hoitaa loput
  + Klikkaamisessa on kova kiire
  + Call 1st täppä tekee oman valinnan eli riittää QSOn etenemisen seuraaminen

Seuraavan lähetyksen sisällön voi muuttaa valitsemalla mielestään sopivamman sanoman.

Calling CQ / Answering CQ antaa työkalut ohjata itse QSOn etenemistä

* Vasemmalla puolella on CQ-kutsujan sanomat
  + CQ nimensä mukaan lähettää yleiskutsun
  + dB lähettää signaalivoimakkuusraportin valitulle asemalle
  + RRR lähettää kuittauksen saatuun raporttiin
  + Gen msg näyttää seuraavaksi lähetettävän sanoman
  + Free msg lähettää valitun vapaamuotoisen viestin, kun muuta ei ole valittu
* Oikealla puolella on CQ-kutsuun vastaajan sanomat
  + Grid lähettää valitulle asemalle lokaattorin
  + R+dB lähettää kuittauksen saatuun raporttiin ja signaalivoimakkuusraportin
  + 73 lähettää kuittauksen saatuun RRR raporttiin
  + Gen msg näyttää seuraavaksi lähetettävän sanoman
  + Free msg lähettää valitun vapaamuotoisen viestin, kun muuta ei ole valittu
* Muunneltu käyttö
  + Gen msg ja Free msg –kenttä ovat vapaasti muokattavia eli niihen voi kirjoittaa mitä lähetetään seuraavaksi
  + Kentän sisältö koodataan lähettämistä varten koodaussääntöjen mukaan
    - Ohjelma yrittää koodata sanoman mahdollisimman tehokkaasti
    - Jos tunnistetaan yhdistetty kutsumerkki, niin se koodataan siihen sopivan tyypin mukaan
    - Jos sanomassa on liikaa kenttiä tai se on liian pitkä, niin se pätkäistään
  + Siispä jompaankumpaan kenttää voi kirjoittaa vaikka

OH3AD OH3MA ja valita kyseinen kenttä ja Enable TX

Tuo on vain lista toiminteista. Itse workkimiseen pääsee helpommin sisälle jonkun jo osaavat avulla.