

# FT4-protokolla digitaalisiin kilpailuihin

Joe Taylor, K1JT, Steve Franke, K9AN ja Bill Somerville, G4WJS  
22. huhtikuuta 2019

**Johdanto:** FT4 on erityisesti kilpailuihin suunniteltu kokeellinen digitaalinen t mode. FT8: n tavoin se käyttää kiinteän pituisia lähetyksiä, optimoituja viestirakenteita lyhyille QSO:ille ja vahvaa virheenkorjausta. Lähetys/vastaanotto sekvenssit ovat 6 sekuntia pitkiä, joten FT4 on 2,5 x nopeampi kuin FT8 ja suunnilleen samaa nopeusluokkaa kuin RTTY. FT4 voi toimia 10 dB heikommilla signaaleilla kuin RTTY: ja käyttää paljon vähemmän kaistanleveyttä.

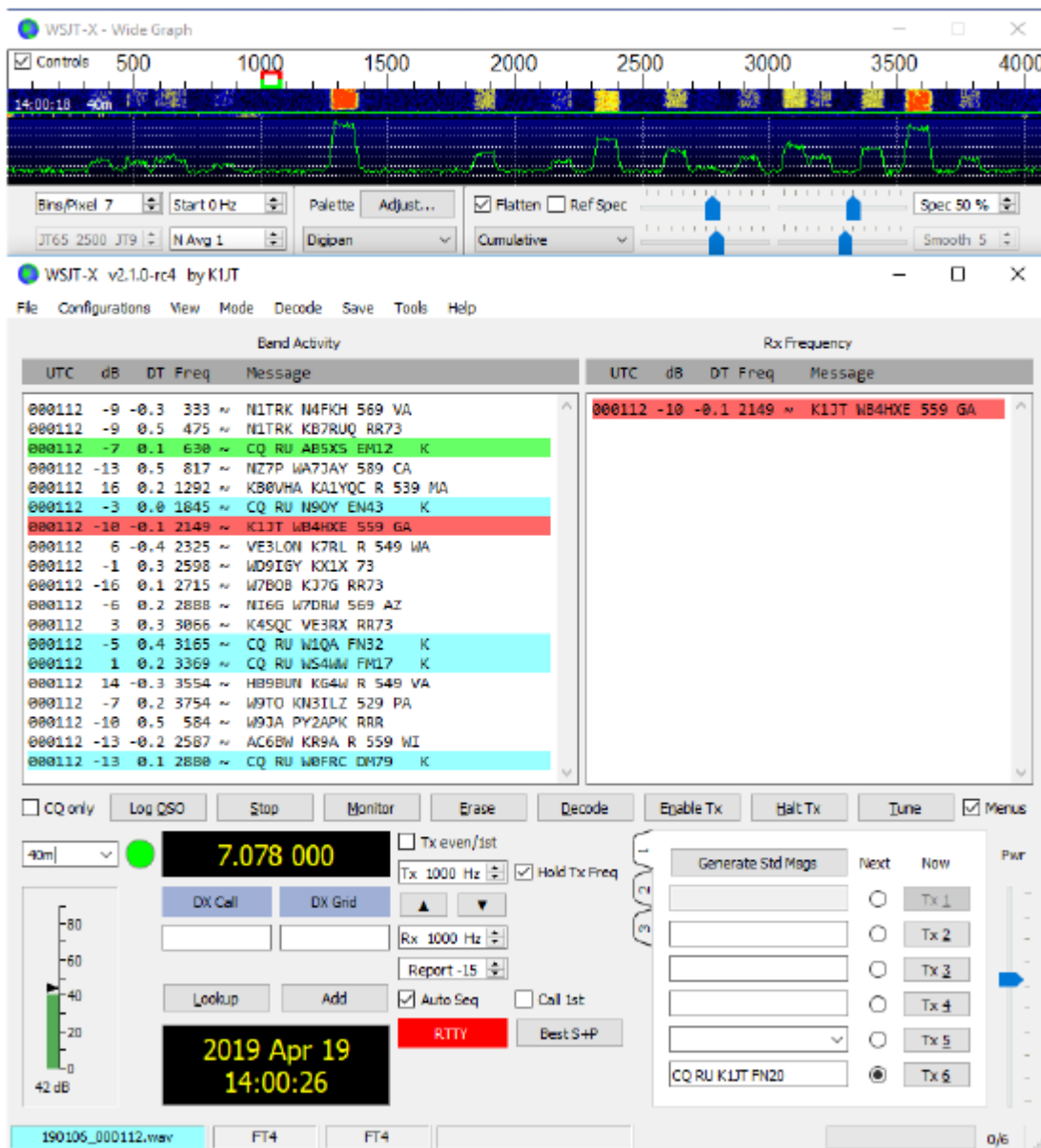
**Perusparametrit:** FT4-viestimuodot ovat samat kuin FT8:ssa ja koodattu samalla (174,91) pariteetikoodauksella. Lähetykset kestävät 4,48 s, verrattuna 12,64 sekuntiin FT8:ssa. Modulaatiossa käytetään neljän äänen taajuusavainnusta noin 23,4 baudin nopeudella. Käytetty kaistanleveys (joka sisältää 99% lähetystehosta) on 90 Hz. Herkkyyden kynnsarvo 50% dekodauksella on S/N = -16,4 dB, mitattuna standardilla 2500Hz kaistanleveydellä .A priori(AP) - dekodaus voi parantaa kynnysherkkyyden -18dB tai paremmaksi.

## Asennus ja alkuasetukset

Voidaksesi liittyä FT4-testaajiin ja osallistua yhteen tai useampaan tulevaan "harjoituskilpailuun" asenna ja konfiguroi versio *WSJT-X 2.1.0 seuraavasti:*

1. Lataa asennuspaketti julkaistavasta linkistä.
2. Asenna ohjelma tavalliseen tapaan käyttöjärjestelmästäsi riippuen. Voit välttää ongelmia normaalikäytössäsi asentamalla eri asennuskansioon *kuin WSJT-X 2.0*.
3. Käynnistä ohjelma kuten tavallisesti FT8:lle.
4. Valitse **Configurations-** valikosta **FT8 | Clone** (tai **Default | Clone**).
5. Nimeä tuloksena oleva uusi kokoonpano FT4:ksi ja valitse uusi kokoonpano.
6. Valitse **FT4 Mode-valikosta**.
7. Valitse **File | Settings | Frequencies** - välilehti, napsauta hiiren kakkospainikkeella mitä tahansa riviä **Working Frequencies**-taulukossa ja paina **Reset-** painiketta. Tämä toiminto poimii FT4: n suositellut taajuudet.
8. Täppää ruutu **Special operating activity** joka on **Settings | Advanced** - välilehdellä.
9. Valitse sitten **RTTY Roundup -messages** ja anna oikea kilpailun sanomavaihto viesti kentässä **RTTY RU Exch** .
10. Ohjeet *WSJT-X: n* liittämistä *N1MM Logger +:aan* löytyvät kohdasta *WSJT-X 2.1 - käyttöopas*, [kohta 4.5](#) .

Sinulla on nyt *WSJT-X 2.1.0* -versio, joka on konfiguroitu FT4-toiminnolle. Saattaa olla hyödyllistä ladata ja tarkastella FT4-näytetiedostoa. Valitse **Download samples Help-** valikosta ja täppää merkintä **FT4-** ruutuun. Määritä **vesiputous** kuten kuvassa 1 on esitetty, ja valitse **Deep-** vaihtoehto **Decode-** valikosta ja avaa sitten lataamasi näytetiedosto **File-**valikosta. Tiedostoon tallennetun periodin pitäisi tuottaa 19 dekodaausta, kuten kuvassa 1 on esitetty. Suurin osa dekodatuista signaaleista on kuultavissa, tai tuskin kuultavissa, äänitiedostossa. Vähemmän kuin yksi kolmasosa on tarpeeksi vahvoja, jotta ne voitaisiin dekodata luotettavasti jos ne olisivat olleet RTTY-signaaleja ja sekin vasta sitten, jos ne levitetäisiin paljon laajemmalle taajuusalueelle.



Kuva 1. - Näytön kuva näyttää simuloituja FT4-signaaleja ja niiden dekodauksia.

**Käyttö:** FT4 toimii paljon lyhyempien T / R-sekvenssien lisäksi samalla tavalla kuin FT8. Yksi uusi painike on käytettävissä FT4-toimintoa varten merkittynä **Best S + P** , juuri **Call 1** -valintaruudun alapuolella. Napsauttamalla tätä painiketta Rx: n aikana ohjelma saadaan tarkastelemaan kaikkia CQ-viestejä, jotka on dekodattu 6 sekunnin Rx-sekvenssin aikana. Ohjelma päättää parhaan mahdollisen QSO-kumppanin (kilpailutuloksen näkökulmasta) ja valitsee sen kuin olisit kaksoinlapsauttanut kyseisellä dekodatulla rivillä. Tässä "paras potentiaalinen vasta-asema" tarkoittaa "Uusi Kerroin" (1. prioriteetti) tai "Uusi kutsu bändillä" (2. prioriteetti). "Uusi kerroin" tulkitaan tällä hetkellä "uudeksi DXCC maaksi"; laajemmin määritelty kerroinluokka (ARRL RTTY Roundup -sääntöjen mukaan) toteutetaan pian. Saatamme tarjota myös muita vaihtoehtoisia prioriteetteja esimerkiksi "Uusi ruutu bändillä" (hyödyllinen Pohjois-Amerikan VHF-kilpailuihin), signaalin voimakkuus jne...

Viestien näppäimistöhallintaa varten täppää valintaruutu **Alternate F1 – F6 bindings** joka on **Settings | General** välilehdellä.. Kilpailutyylin voit sitten käyttää **F** näppäimiä lähettämään CQ:n, vastataksesi CQ: lle ja lähettämään kilpailun sanomanvaihto, kaksoinlapsauttamallesi dekodatulle asemalle. Voit myös napsauttaa **Best S + P** ja antaa valinta-algoritmin valita aseman, jonka työskentelet. **Auto Seq** ja **Call 1st** valintaruudut käyttäytyvät kuten FT8:ssa ja siten minimaalinen QSO tulee workittua ilman lisätoimintoja. Toimintonäppäimiä **F2 - F5** voidaan käyttää viestien lähettämiseen, jotka näkyvät Tx2 - Tx5: n syöttökentillä välilehdellä 1, pääikkunan oikeassa alakulmassa. Toimintonäppäin **F6** vaihtaa **Call 1st** täppäyksen tilan ja näppäinyhdistelmä **Alt+B** vaihtaa **Best S + P**: n asetettua tilaa.

FT4 on tällä hetkellä konfiguroitu niin, että plokkaamalla toimiva asema ("S + P" tila) loggaa QSO: n, kun RR73 lähetetään, ja CQta kutsuva ("Run"-tila)-asema loggaa QSO:n kun RR73 vastaanotetaan. FT8: n tavoin FT4 ei tee eroa S + P ja Run aseman välillä. Käyttäjä voi vaihtaa helposti ja usein näiden kahden välillä kilpailumenestys riippuu näiden vuorottelun sekä monien muiden asioiden optimoinnista. Workittavissa olevien asemien tasainen virta mahdollistaa yhden rigin operoinnilla hyvinkin yli 100 QSO/tunti nopeuden FT4: n avulla.

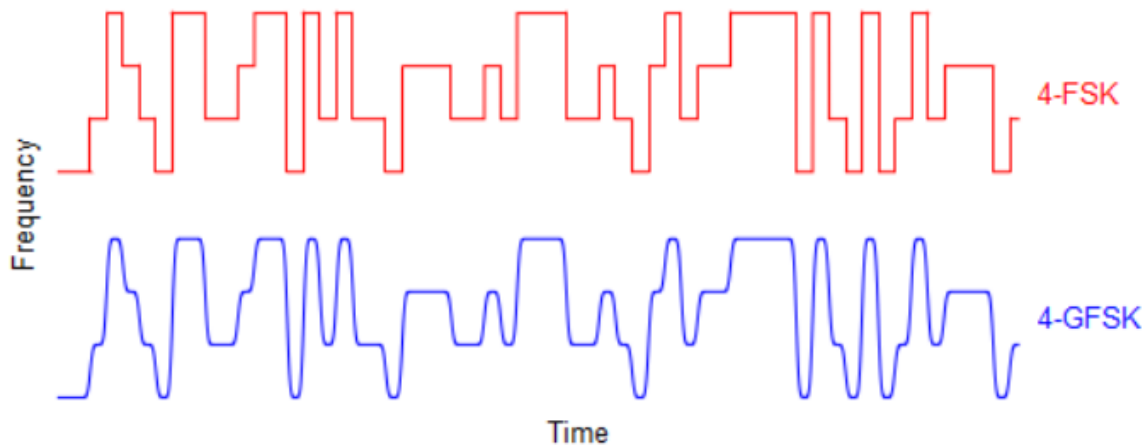
**Lähetetty signaali:** FT4 käyttää modulaatiotekniikkaa, joka tunnetaan nimellä Gaussian frequency shift keying tai GFSK. Luotu aaltomuoto muodostuu 105 symbolista (äänestä) jotka lähetetään järjestyksessä yhdellä neljästä taajuudesta. Koodattu erilaisten äänien sarja osasta lähetystä saattaa näyttää kuvan 2 ylemmältä (punaiselta) käyrältä.

FT4:ssä kuitenkin taajuuksien sekvenssi tasoitetaan pyöristämällä Gaussin funktiolla ennen lähettämistä ohjelmalliseen modulaattoriin. Sininen käyrä näyttää vastaavan tasoitetun taajuuksien sekvenssin, joka lähetetään modulaattorille.

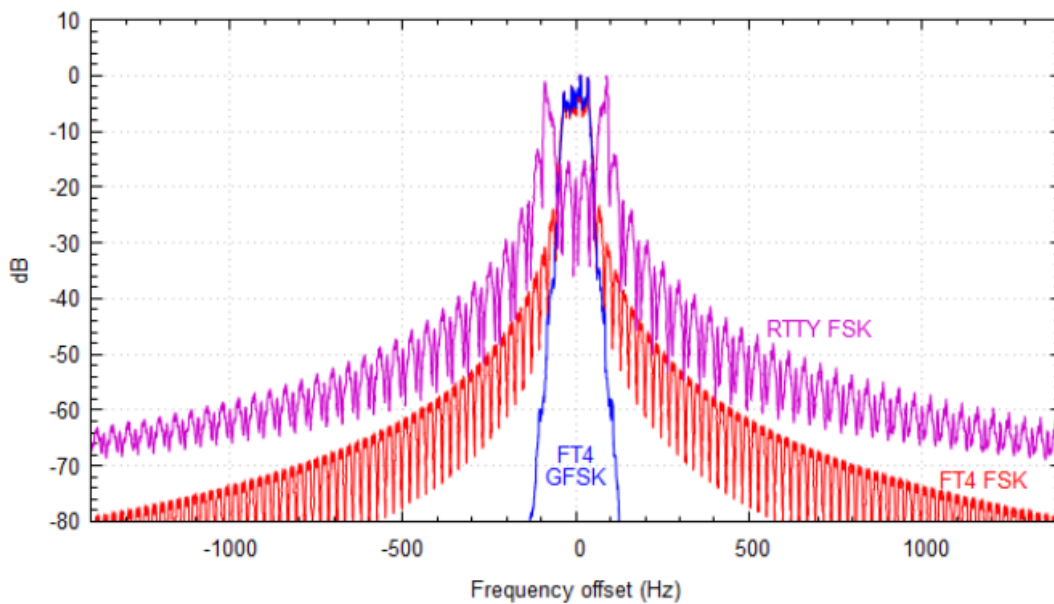
Lähetetyllä sekvenssillä ei ole enää vaiheittaisia epäjatkuvuuksia.

Punaisen ja sinisen käyrän väliset erot näyttävät melko pieniltä, mutta tuloksena olevat äänen aaltomuodot ovat huomattavan erilaisia. Kuva 3 esittää spektrit FT4-signaalille (sininen) ja vakion jatkuvavaiheisen FSK-signaalin (punainen) samalle koodatulle bittisekvenssille. GFSK-spektrissä on jyrkät helmat, käyttäen vain 75 Hz: n kaistanleveyttä -6 dB kohdalla, 200 Hz/-60 dB ja

260Hz/-80 dB kohdalla. Lisäsuodatusta äänille ei käytetä.



Kuva 2. - Esimerkki koodatusta (punaisesta) ja tasoitetusta (sininen) taajuussekvenssistä osassa FT4-viestiä



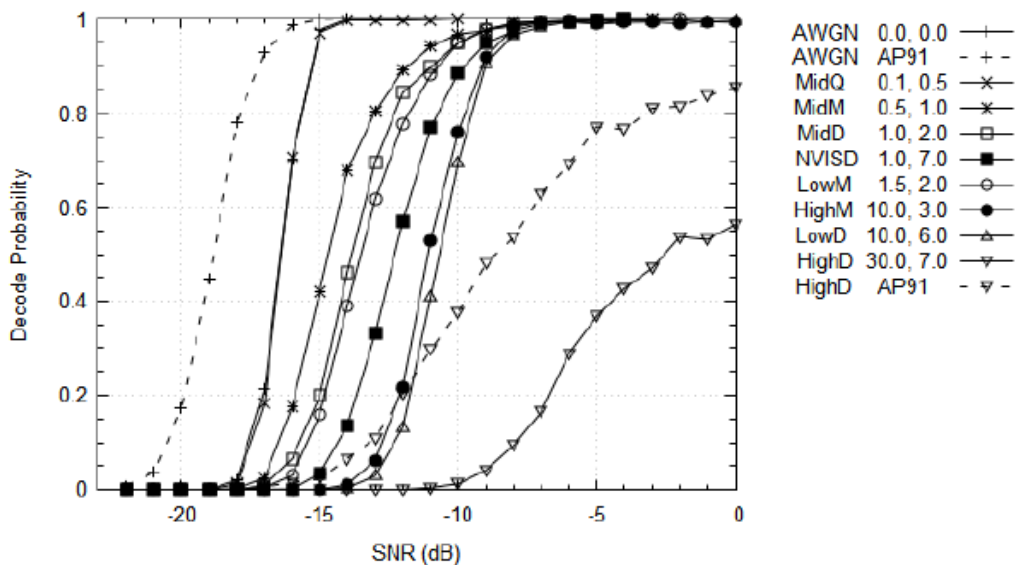
Kuva 3. - FT4-signaalin spektrit, jotka lähetetään GFSK:lla (sininen), FT4 FSK:lla (punainen) ja RTTY jatkuvavaiheisena FSK:na (violetti).

Kuva 3 esittää myös standardin mukaisen RTTY-signaalin (violetti) spektrin, joka on enemmän kuin yli 2000 Hz leveä  $-60$  dB. Jotkut radioamatööriohjelmistot tuottavat RTTY-signaaleja ääniavainuksella (AFSK) joka tarjoaa aaltomuodon suodatuksen ei-toivotuille sivunauhoille. Tällainen jälkimodulaatiosuodatus kuitenkin väistämättä tuhoaa FSK-signaalin jatkuvuuden ja se on vahvistettava hyvällä lineaarisuudella, jotta vältettäisiin uusien sivunauhojen syntyminen. Sitä vastoin FT4:n GFSK-signaali on vakiojatkuvuus ja se on immuuni moduloinnin vääristymille.

**Dekoodaus ja taajuuden käyttö:** FT4-dekooderi *WSJT-X 2.1*:ssä tunnistaa ja dekodaa signaaleja kaikkialla 5 kHz:n levyisellä kaistalla. Kuten muissakin *WSJT-X*:ssä *modeissa*, vastaanotetut viestit ovat "kaikki tai ei mitään" - osittaisia dekodauksia ei ole, ja väärät dekodaukset ovat harvinaisia. Jo dekodattujen signaalien vähentäminen vastaanotetusta datavirrasta mahdollistaa dekodauksen lähetyksistä, jotka ovat päällekkäisiä toisten, mahdollisesti paljon vahvempien signaalien kanssa. Kolme viimeistä dekodauksia, jotka on esitetty Band Activity -ikkunassa, kuvassa 1, ovat esimerkkejä tällaisista toisen kierroksen dekodauksista. Kun normaalilla pariton/parillinen lähetysten vuorottelu ja signaalivälillä 120-150 Hz, jopa 50 asemaa workkii 3 tai 4 kHz:n kaistalla, vähillä häiriöillä, vaikka signaalin voimakkuuksien erot olisivat jopa 60 dB.

Kokemus kertoo, mikä voi olla paras strategia taajuuksien valitsemiseksi kilpailujen aikana ja kuinka monta ~ 3 kHz:n segmenttiä tulisi käyttää FT4:lle kullakin bandilla. Alustavina ohjeina ehdotamme seuraavia oletustaajuuksia FT4:lle 3.595, 7.090, 10.140, 14.140, 18.104, 21.140, 24.919, 28.180, 50.318, 144.170 MHz. Aiomme suhtautua myönteisesti kaikkiin palautteisiin, jotka voisivat johtaa parempiin taajuusvalintoihin.

**Herkkyys:** Kuva 4 esittää FT4-dekooderin herkkyyden mittauksia laajalla alueella simuloituilla etenemisolosuhteilla. Parilliset numerot oikealla antavat Doppler-hajonnan (Hz) ja kaksitie-etenemisen differentiaalisen viiveen (ms) ITU-standardin olosuhteissa, käyttäen ionosfäärisen etenemisen Watterson-mallia. Vasemmanpuolimmaisat kiinteät käyrät vastaavat tavallisia keskilatitudien etenemisreittejä häiriöttömissä olosuhteissa. Katkoviivalliset käyrät osoittavat *a priori*-informaatiolla dekoodaamisen maksimiherkkyydet, kahdessa äärialueen etenemisolosuhteissa. Karkeassa vertailussa RTTY:n kanssa huomataan, että simuloituissa keskilatitudien etenemisolosuhteissa RTTY on saavuttanut merkkivirhemäärän alle 10% vain, kun SNR ylittää -1/+4 dB riippuen käytössä olevasta ohjelmallisesta modeemista. FT4 tarjoaa noin 10 dB herkkyydedun RTTY:n verrattuna.



Kuva 4. - Mitattu dekodautodennäköisyys FT4:lle SNR:n funktiona. AWGN tarkoittaa Additive White Gaussian Noise (lisättyä Gaussin valkoista kohinaa); Low, Mid ja High viittaavat geomagneettiseen leveysasteeseen; Q, M ja D tarkoittavat hiljaisia, keskimääräisiä tai häiriöisiä ionosfäärisiä olosuhteita; NVIS tarkoittaa Near Vertical Incidence Skywave (lähellä pystysuuntaista heijastumaa); AP91 viittaa *a priori* dekodattuun RR73-sanomaan tyyppillisessä kilpailuQSOssa

**Aiemmat testit:** *WSJT-X 2.1.0:n* varhaiset versiot antoivat meille mahdollisuuden tutustua FT4 asynkroniseen tilaan, jossa ei ole kiinteitä lähtöaikoja lähetykselle ja vastaanotolle. Näiden testien avulla korostuivat aikasynkronoitujen lähetyks/vastaanottovuorojen edut. Kiinteät vuorot, joilla on määrätty alkamisajat, varmistavat että paljon suurempi osa vastaanotetuista signaaleista on dekodattavissa, erityisesti kilpailuolosuhteissa, joissa kukin asema voi lähettää noin puolet ajasta. Mitä tulee tavalliseen viestintäteknikkaan, synkronointi lisää kanavan kapasiteettia.

**Aikataulu:** Muutamia FT4:n parametreja ja toimintatapoja testataan ja optimoidaan edelleen. On erittäin hyödyllistä järjestää useita harjoituskilpailuita useamman aktiivisen osanottajan kanssa. Vaikka nämä eivät paljastaisi vakavia vikoja tai puutteita mielestämme FT4 on liian uusi käytettäväksi kahdessa tulevassa tapahtumassa: ARRL VHF-kilpailu (8.-10. Kesäkuuta) ja ARRL-Field Day (22-23. Kesäkuuta). Siksi aiomme ohjelmoida *WSJT-X 2.1.0-rc5:n* aikakatkaisun, joka lopettaa toiminnan 7. kesäkuuta 2019.

Suunnittelemme noudattavamme seuraavaa aikataulua:

- 22. huhtikuuta: FT4 julkistus, ja linkki tähän asiakirjaan
- 29. huhtikuuta: Toinen ilmoitus, jossa on linkkejä ladattaviin *WSJT-X 2.1.0-RC5* asennuspaketteihin.
- 9. toukokuuta 0000 - 0100 UTC: FT4-harjoitustapahtuma, 7,090 MHz
- 14. toukokuuta, 0000 - 0100 UTC: FT4-harjoitustapahtuma, 7,090 MHz
- 5. kesäkuuta 0000 - 0100 UTC: FT4-harjoitustapahtuma, 7,090 MHz (tarvittaessa)
- 15. heinäkuuta: *WSJT-X 2.1.0:n* virallinen julkistus (GA)

**Satunnaisia päätelmiä:** FT4 on erikoismode nopeisiin kilpailuyhteyksiin. Se palvelee tätä tarkoitusta erittäin tehokkaasti, mutta FT8:n tapaan mode ei ole hyödyllinen "räätinpuretaan". FT4 käyttää paljon vähemmän kaistanleveyttä kuin RTTY ja tarjoaa luotettavan dekodauksen paljon pienemmillä signaalitasoilla. Se ei tarvitse "Super Check Partial" tyyppisiä kiistelyjä apuvälineitä, ja FT4:ää käyttävillä taitavilla operaattoreilla on vähemmän motivaatiota käyttää DXClusteria tai muita ei-radioapuvälineitä. Kaikki tarvittava menestyksekkääseen kilpailuun voidaan hankkia radioteitse kilpailun aikana omilla antennilla ja radioilla. FT4:llä on vähäinen ero CQ:n ja plockkauksen välillä, joten on helppo vaihtaa usein näiden kahden tavan välillä löytääkseen vasta-asemia. Asemat, joilla käytetään pienitehoisia lähettämiä ja kompromissiantenneja, voivat sijoittua hyvin FT4-kilpailussa.