

Snel startgids voor FST4 en FST4W

Steve Franke, K9AN; Bill Somerville, G4WJS; and Joe Taylor, K1JT

Nederlandse versie vertaald door Fontenoy Rudy ON4CKT, 30 september 2020

WSJT-X 2.3.0 introduceert FST4 en FST4W, digitale protocollen die speciaal zijn ontworpen voor de LF- en MF-banden. Op deze banden zijn hun fundamentele gevoeligheden beter dan bij andere WSJT-X modi met dezelfde sequentie lengten, waarbij ze de theoretische limieten voor hun informatie doorvoer snelheden benaderen.

FST4 is geoptimaliseerd voor twee weg QSO's, terwijl FST4W is voor quasi-beacon uitzendingen van WSPR-achtige berichten. FST4 en FST4W vereisen geen strikte, onafhankelijke tijd synchronisatie en fase vergrendeling van modi zoals EbNaut.

De nieuwe modi gebruiken 4-GFSK modulatie en delen gemeenschappelijke software voor het coderen en decoderen van berichten. FST4 biedt T / R-sequentie lengten van 15, 30, 60, 120, 300, 900 en 1800 seconden, terwijl FST4W de lengtes weglaat die korter zijn dan 120 s. Submodes krijgen namen als FST4-60, FST4W-300, enz. , waarbij de toegevoegde nummers de lengte van de reeks in seconden aangeven. Bericht payloads bevatten ofwel 77 bits, zoals in FT4, FT8 en MSK144, of 50 bits voor de WSPR achtige berichten van FST4W. De bericht indelingen die aan de gebruiker worden weer gegeven, zijn vergelijkbaar met die in de andere 77 bits en 50 bits modi in WSJT-X. Voorwaartse fout correctie maakt gebruik van een LDPC code (low density parity check) met 240 informatie en pariteits bits.

Transmissies bestaan uit 160 symbolen: 120 informatie dragende symbolen van elk twee bits, afgewisseld met vijf groepen van acht vooraf gedefinieerde synchronisatie symbolen.

De basis parameters van alle FST4- en FST4W-submodes worden in de onderstaande tabel samengevat. Drempel gevoeligheid (SNR in een bandbreedte van 2500 Hz die 50% kans op decoderen oplevert) werd gemeten voor elke submode met behulp van simulaties over het additieve witte Gaussiaanse ruiskanaal (AWGN). Net als bij andere recentelijk ontwikkelde

modi in WSJT-X, kan een functie genaamd a priori (AP) decoding de gevoeligheid met enkele extra dB verbeteren, aangezien informatie wordt verzameld tijdens een standaard minimale QSO- of FST4W bedienings sessie.

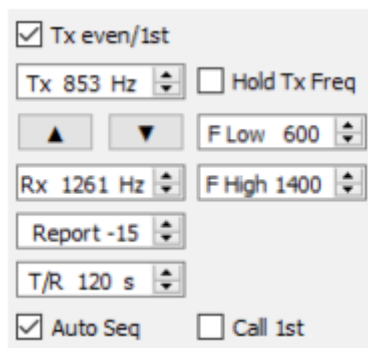
T/R period (s)	Symbol length (s)	Tone Spacing (Hz)	Occupied Bandwidth (Hz)	FST4 SNR (dB)	FST4W SNR (dB)
15	0.060	16.67	67.7	-20.7	
30	0.140	7.14	28.6	-24.2	
60	0.324	3.09	12.4	-28.1	
120	0.683	1.46	5.9	-31.3	-32.8
300	1.792	0.56	2.2	-35.3	-36.8
900	5.547	0.180	0.72	-40.2	-41.7
1800	11.200	0.089	0.36	-43.2	-44.8

FST4-60 is ongeveer 1,7 dB gevoeliger dan JT9, grotendeels omdat het waar nodig gebruik maakt van blok detectie met meerdere symbolen . Met AP decoding in FST4 kan het verschil wel 4,7 dB bedragen. FST4-120 en de langere sequentie lengten zijn proportioneel gevoeliger. FST4W-120 is ongeveer 1,4 dB beter dan standaard WSPR, en met zijn 30 minuten durende sequenties bereikt FST4W-1800 een drempel SNR van bijna -45 dB. We raden gebruikers van JT9 en WSPR op de LF- en MF-banden ten zeerste aan om in plaats daarvan FST4 en FST4W te gebruiken.

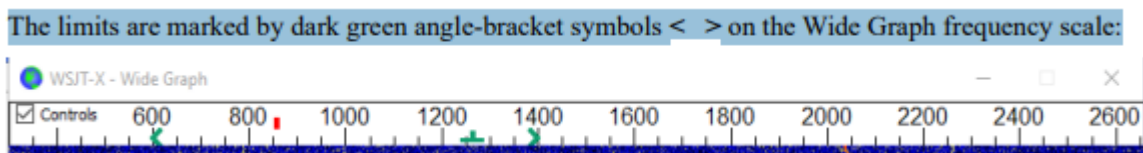
U kunt andere toepassingen voor de nieuwe modi bedenken dan die hier worden besproken. Houd er rekening mee dat dit zeer smalbandige modi zijn; het bereiken van de gevoeligheden die in de tabel worden vermeld, vereist dat oscillator-drifts en pad-geïnduceerde Doppler verschuivingen minder zijn dan de toon afstand, over de volledige sequentie lengte. Als een voorbeeld van een andere toepassing is de submode FST4-15 met korte sequentie zeer effectief gebleken op 50 MHz ionosferische verstrooiings paden. Aan het andere uiterste van de transmissie lengte hebben VK7MO en VK7ZBX goede successen geboekt met het gebruik van FST4W-1800 voor niet-gezichtsveld optische verstrooiings communicatie, waarbij geblokkeerde paden zo lang als

153 km overspannen met behulp van LED arrays, Fresnel-lenzen en fotodetectoren.

Operators die bekend zijn met WSJT-X zullen het gebruik van FST4 en FST4W eenvoudig vinden. De meeste bedienings elementen op het scherm , automatische reeksen en andere functies gedragen zich als in andere modi. Bedienings conventies op de LF- en MF-banden maken het handig om extra gebruikers bedieningen te hebben om het actieve frequentie bereik in te stellen dat door de decoder wordt gebruikt. Als **File** → **Settings** → **General** → **Singel decode** niet is aangevinkt, stellen de draai vakjes met de naam **F Low** en **F High** de onder- en bovengrenzen van de frequentie in voor de FST4-decoder.



De limieten worden aangegeven door donkergroene punthaken <> op de Wide Graph-frequentieschaal:



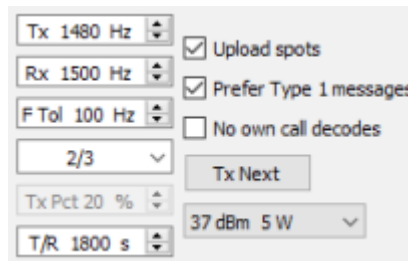
Als Single decode is aangevinkt, verdwijnen de regelaars **F Low** en **F High** en de groene <> markeringen, en vindt decodering alleen plaats in het bereik **RxFreq** ± **FTol**.

Voor FST4W is de standaard **Rx Freq** 1500 Hz en **F Tol** is 100 Hz, dus het actieve decoderings bereik is hetzelfde als voor WSPR, 1400 tot 1600 Hz. U kunt echter verschillende midden frequenties en **F Tol** waarden selecteren om te voldoen aan de bedienings conventies voor LF en MF banden.

Voor FST4W is de standaard Rx Freq 1500 Hz en F Tol is 100 Hz, dus het actieve decoderings bereik is hetzelfde als voor WSPR, 1400 tot 1600 Hz. U kunt echter

verschillende midden frequenties en **F Tol** waarden selecteren om te voldoen aan de bedienings conventies voor LF en MF banden.

Een nieuwe vervolg keuzelijst onder **F Tol** biedt een round-robin modus voor het plannen van FST4W transmissies:



Als drie operators van tevoren overeenkomen om bijvoorbeeld de opties 1/3, 2/3 en 3/3 te selecteren, zullen hun FST4W uitzendingen plaatsvinden in een vaste volgorde zonder dat twee stations tegelijkertijd uitzenden.

Reeks 1 is de eerste reeks na 00:00 UTC. Voor WSPR achtig plannings gedrag moet u willekeurig selecteren met dit besturings element.

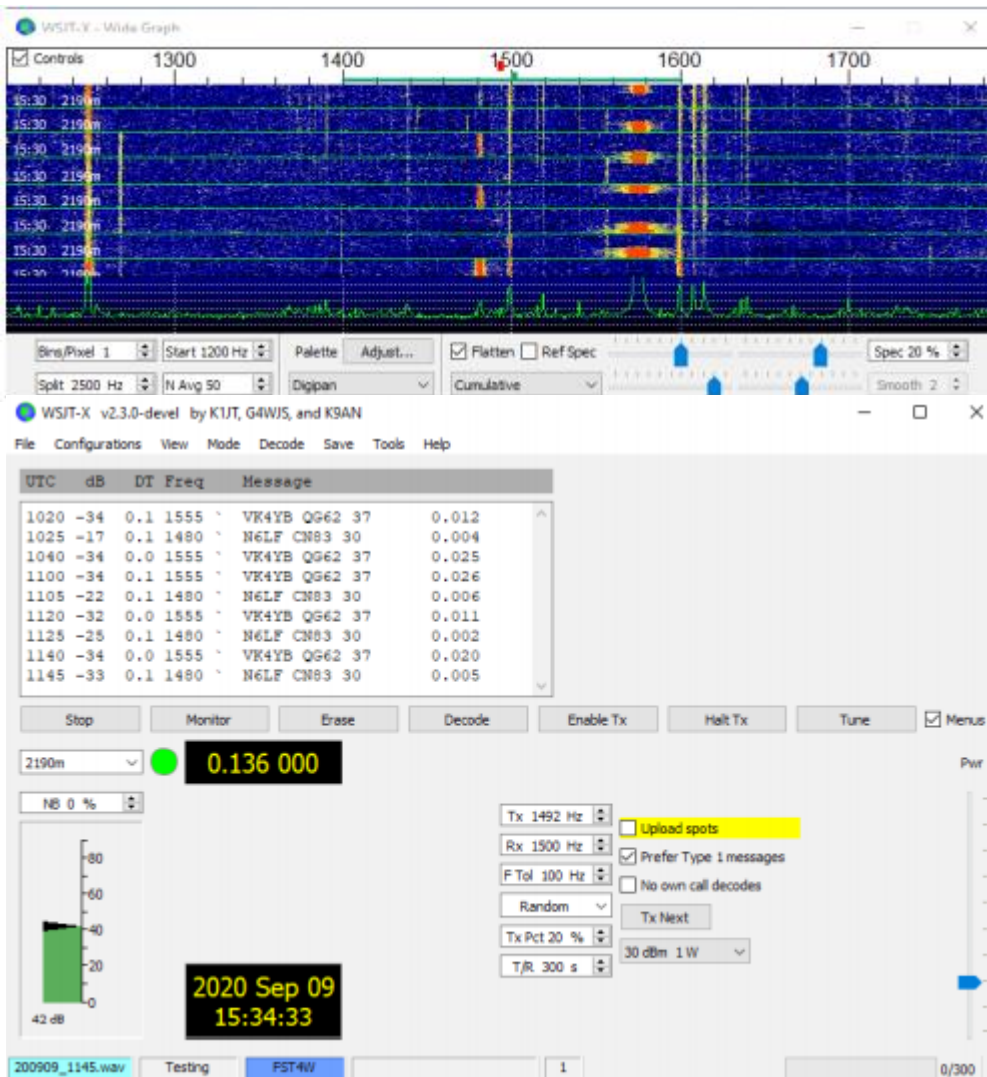
Om de momenteel voorgestelde standaard FST4 en FST4W frequenties te zien in de vervolg keuzelijst voor het wijzigen van de band, moet u een eenmalige reset uitvoeren. Ga naar **File → Settings → Frequencies**, klik met de rechter muisknop op de tabel **Working Frequencies** en selecteer **Reset**.

Optionele ruis onderdrukking is beschikbaar en is effectief gebleken bij het omgaan met atmosferische ruis op de LF en MF banden. Een draaiknop met het label NB nn% bevindt zich in het hoofdvenster van de FST4 en FST4W, net onder de band wisselknop. Stel dit besturings element in op een voorgesteld percentage gegevens monsters dat moet worden gewist. We hebben ontdekt dat niveaus in het bereik van 5 - 15% goed werken in zomerse omstandigheden op LF / MF banden, maar je zult waarschijnlijk willen experimenteren. Gegevens die op de waterval worden weer gegeven en worden opgeslagen in .wav bestanden, hebben geen ruis onderdrukking toegepast, dus u kunt achteraf experimenteren.

Een experimentele functie gebruikt de negatieve instellingen van **NB** om een 'alles proberen'-ben dering van ruis onderdrukking te activeren : -1% zorgt ervoor dat de decoder 0, 5, 10, 15 en 20% onderdrukt, en -2% probeert 0, 2, 4, ..., 20%. In de FST4 modus zijn de proeven met niet nul blanking percentages

alleen actief in het frequentiebereik $RxFreq \pm FTol$. Negatieve instellingen van **NB** kunnen zeer effectief zijn, maar vertragen de decoderings procedure aanzienlijk.

Als een voorbeeld van de mogelijkheden van de nieuwe modi, toont de scherm afbeelding op de volgende pagina FST4W-300 signalen ontvangen op de 2200 m band bij NO3M (locator EN91WR) op 9 september 2020. De betrokken afstanden zijn 3501 km naar N6LF en 14.976 km naar VK4YB. Getallen aan het einde van elke gedecodeerde lijn zijn gemeten pad Doppler spreiding in Hz. (Om deze functie te activeren, maakt u een bestand met de naam plotspec in de huidige werk directory en start u WSJT-X vanaf de opdrachtregel daar.) Als algemene regel vereist decoding dat Doppler spreiding kleiner is dan de toon afstand van de submode. Gevoeligheid is het beste wanneer de Doppler spreiding niet meer is dan $1/8$ van de toonafstand.



Bijlage A: Bericht formaten voor FST4 en FST4W

Bron codering van FST4 berichten wordt beschreven in referentie [1]. Alle berichten zijn gecodeerd in een 77 bits payload. Om te voorkomen dat bij het verzenden van CQ berichten een lange reeks nullen wordt verzonden, wordt het samengestelde 77 bits bericht bitsgewijs exclusief OR'ed met de volgende pseudo willekeurige volgorde voordat de CRC- en FEC-pariteits bits worden berekend:

```
0100101001011110100010011011010010110000100010100111100101010101101111000101
```

De ontvangende software past deze exclusieve OF procedure een tweede keer toe om de oorspronkelijke 77 bits payload te herstellen.

Een 24 bits cyclische redundantie controle (CRC) wordt berekend uit en toegevoegd aan elk 77 bits informatie pakket om een 101 bits bericht plus CRC-

woord te creëren. Het CRC-algoritme gebruikt de polynoom 0x100065b (hexadecimaal) en een beginwaarde van nul.

Voorwaartse fout correctie wordt bereikt met behulp van een (240,101) LDPC-code. De generator matrix heeft 139 rijen en 101 kolommen. Het wordt gedefinieerd in het bestand generator_fst4.dat. Niet nulwaarden in rij i van de matrix specificeren welke van de 101 bericht plus CRC-bits moeten worden opgeteld, modulo 2, om het idee pariteits controle bit te produceren. De 139 pariteits bits worden toegevoegd aan de 101 bericht plus CRC-bits om een 240-bits codewoord te creëren.

Paar code woord bits worden toegewezen aan toon indices met waarden in het bereik 0 - 3 met behulp van de Gray codering die wordt gegeven in de derde kolom van Tabel 3, in referentie [1]. De resulterende reeks van 120 kanaalsymbolen, a_n , $n = 0, 1, 2, \dots, 119$ is verdeeld in 4 groepen:

$$MA = \{a_0, a_1, \dots, a_{29}\}$$

$$MB = \{a_{30}, a_{31}, \dots, a_{59}\}$$

$$MC = \{a_{60}, a_{61}, \dots, a_{89}\}$$

$$MD = \{a_{90}, a_{91}, \dots, a_{119}\}.$$

Synchronisatie wordt bereikt door vijf synchronisatie woorden van 8 symbolen in het verzonden frame in te bedden. De synchronisatie woorden worden als volgt gedefinieerd:

$$S1 = \{0, 1, 3, 2, 1, 0, 2, 3\}$$

$$S2 = \{2, 3, 1, 0, 3, 2, 0, 1\}.$$

De complete set van 160 kanaal symbolen wordt als een reeks samengesteld.

$$b_n = \{S1, MA, S2, MB, S1, MC, S2, MD, S1\}.$$

Broncodering van FST4W berichten wordt beschreven in referentie [2]. Alle berichten zijn gecodeerd in een payload van 50 bits. Een 24 bits cyclische redundantie controle (CRC) wordt berekend uit en toegevoegd aan elk 50 bits informatie pakket om een 74 bits bericht plus CRC-woord te creëren. Het CRC algoritme gebruikt de polynoom 0x100065b (hexadecimaal) en een beginwaarde van nul.

Voorwaartse fout correctie wordt bereikt met behulp van een (240,74) LDPC-code. De generator matrix heeft 166 rijen en 74 kolommen. Het wordt gedefinieerd in het bestand generator_fst4w.dat. Niet nul waarden in rij i van de matrix specificeren welke van de 74 bericht plus CRC-bits moeten worden opgeteld, modulo 2, om het i th pariteits controle bit te produceren . De 166 pariteits bits worden toegevoegd aan de 74 bericht plus CRC-bits om een 240-bits code woord te creëren .

Het 240-bits codewoord wordt afgebeeld op 160 kanaal symbolen met behulp van de procedure die hierboven is beschreven voor FST4.

Referenties:

[1] Steve Franke, K9AN, Bill Somerville, G4WJS, Joe Taylor, K1JT “The FT4 and FT8 Communications Protocols,” QEX, July/August 2020, pp. 7-17.

[2] Steve Franke, K9AN, Bill Somerville, G4WJS, Joe Taylor, K1JT, in preparation.