

## 디지털 교신 대회(경기)를 위한 FT4 통신규약

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

April 22, 2019

(한글번역: 박기준, HL3AMO - 2019년 4월 27일)

**소개 :** FT4는 Radio Contest(이하 경기 또는 대회)를 위해 특별히 설계된 실험용 디지털 모드이다. FT8과 마찬가지로 고정 길이 전송, 최소한의 QSO를 위해 최적화 된 형식의 구조화 된 메시지 및 강력한 전달 오류 수정을 사용한다. T/R 시퀀스의 길이는 6 초이므로 FT4는 FT8보다 2.5 배 빠르고 경기에서는 RTTY와 거의 같은 속도이다. FT4는 훨씬 적은 대역폭을 사용하면서 RTTY에 필요한 것보다 약 10dB 낮은 신호에서도 작동 할 수 있다.

**기본적 매개변수(Parameters) :** FT4의 메시지 형식은 FT8의 형식과 같아서 동일한 방식의 (174, 91) 저밀도 패리티 검사 코드로 인코딩된다. 송신시간은 4.48 초 동안 지속된다, FT8의 경우 12.64 초. 변조는 약 23.4 baud 의 4-톤 주파수 편이 키잉을 사용하며 톤은 baud rate로 구분된다. 점유 대역폭 (전송 된 전력의 99 %를 포함)은 90Hz 이다. 50% 디코딩 확률에 대한 임계 감도는 표준 2500 Hz 잡음 대역폭 기준으로 측정시 S/N = -16.4 dB 이다. 선형적 (AP) 디코딩은 임계 감도를 -18 dB 이하로 낮출 수 있다.

### 설치 및 초기 설정

FT4 시험 그룹에 참여하고 향후 모의 대회의 연습 세션에 참여하려면 다음 단계에 따라 *WSJT-X 2.1.0* 릴리스 후보를 설치하고 구성하십시오.

1. 제공된 링크에서 설치 패키지를 다운로드한다.
2. 운영 체제에 맞는 일반적인 방법으로 프로그램을 설치한다. 정상적인 운용과의 충돌을 피하기 위해 *WSJT-X 2.0*에 사용 된 것과 다른 설치 디렉토리를 사용할 수 있다.
3. FT8에서 평소와 같이 프로그램을 시작하십시오.
4. **Configurations** 메뉴에서 **FT8 | Clone (or Default | Clone)** 선택.
5. 결과로 나오는 새 구성의 이름을 **FT4**로 바꾸고 새 구성을 선택하십시오.
6. 모드 메뉴에서 **FT4**를 선택하십시오.
7. **File | Settings | Frequencies** 탭에서 **Working Frequencies** 테이블의 모든 라인을 마우스 오른쪽 버튼으로 클릭하고 **Reset** 버튼을 누른다. 이 동작은 FT4에 대해 권장되는 운용 주파수를 선택한다.
8. "**Settings | Advanced**"탭의 **Special operating activity** 상자를 선택하십시오. 그런 다음 **RTTY Roundup messages**를 선택하고 **RTTY RU Exch** 필드에 적절한 컨테스트 교환값을 입력하십시오.
9. *WSJT-X*를 *N1MM Logger+*에 연결하는 방법에 대한 지침은 *WSJT-X 2.1* 사용자 안내서 4.5 절에서 찾을 수 있다.

이제 FT4 운용을 위해 *WSJT-X 2.1.0* 릴리스 후보를 구성하였다. FT4 샘플 소리파일을 다운로드하고 살펴보는 것이 유용 할 수 있다. **Help** 메뉴에서 **Download Samples**를 선택하고 **FT4** 상자를 선택한다. 그림 1과 같이 **Wide Graph** 컨트롤을 구성하고 **Decode** 메뉴에서 **Deep**을 선택한 다음 **File** 메뉴에서 샘플 파일을 연다. 녹음된 기간동안 그림 1과 같이 19 개의 디코드를 생성해야한다. 대부분의 디코딩 된 신호는 소리 파일에서 들리지 않거나 거의 들리지 않는다. 3

분의 1도 안되는 신호만이 RTTY였다면 신뢰할 수 있게 디코딩 될 정도로 강하다. 그리고 훨씬 넓은 주파수 범위에 퍼져있는 경우에만 그렇다.

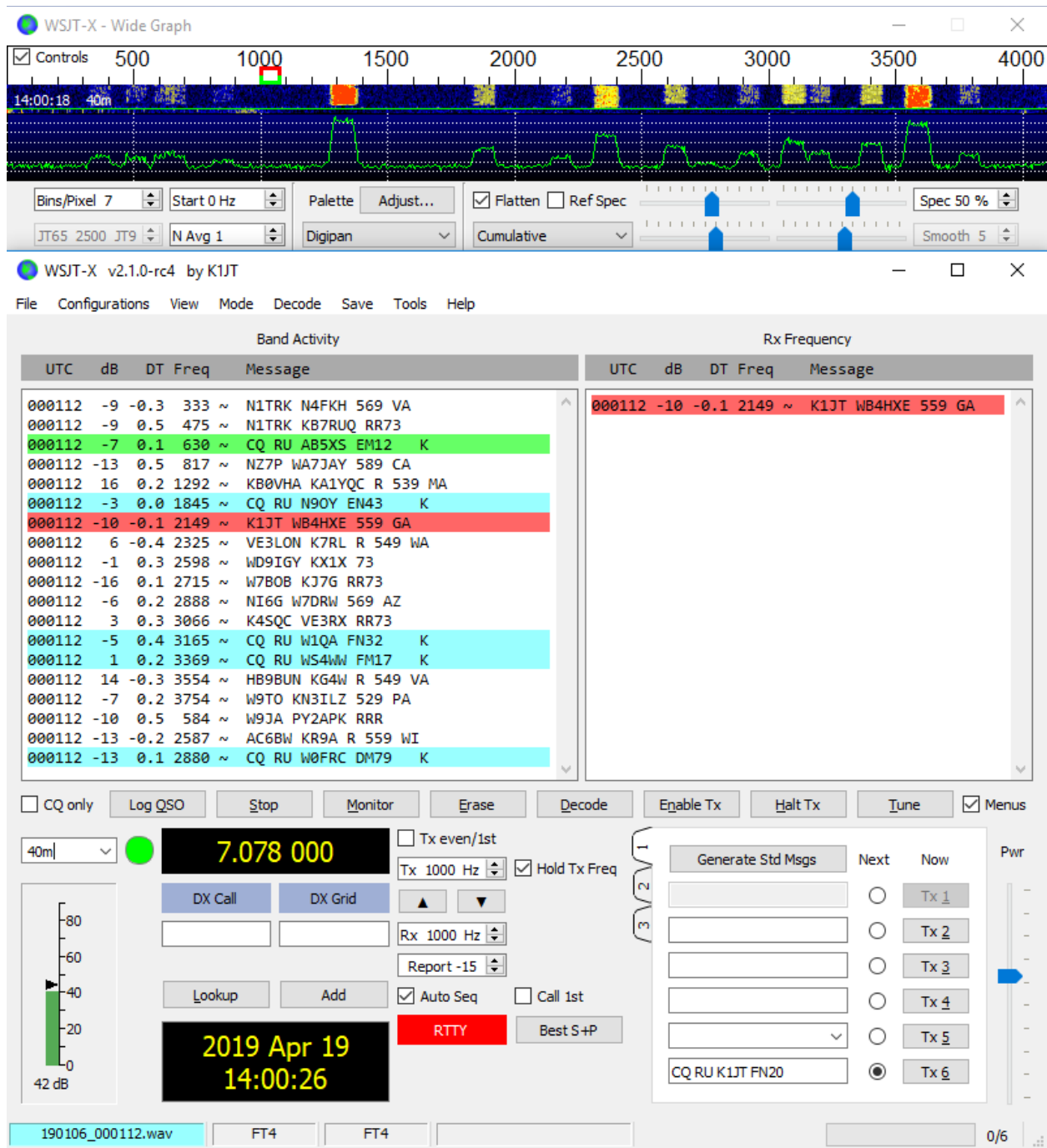


그림 1. 시뮬레이션 된 FT4 신호와 그 들의 해독값(decode)를 보여주는 스크린 사진.

운용 : 훨씬 짧은 T/R 시퀀스를 제외하고 FT4는 본질적으로 FT8과 동일한 방식으로 작동한다. FT4 작동을 위한 하나의 새로운 온 스크린 컨트롤로 **Call 1st** 체크 박스 바로 아래에 **Best S +**

**P**라는 버튼이 있다. Rx 사이클 중에 이 버튼을 클릭하면 프로그램이 6 초 Rx 시퀀스 끝에서 디코딩 된 모든 CQ 메시지를 조사한다. 이 프로그램은 대회 관점에서 최고의 잠재적인 QSO 파트너를 선택하고 마치 디코딩 된 텍스트 줄을 두 번 클릭 한 것처럼 처리한다. 여기에서 "최고의 잠재적인 QSO 파트너"는 "New Multiplier"(첫번째 우선 순위) 또는 "New Call on Band" (2 번째 우선 순위)를 의미한다. "New Multiplier"는 현재 "New DXCC"를 의미한다. ARRL RTTY Roundup 규칙에 대해보다 광범위하게 정의 된 Multiplier 카테고리가 곧 구현 될 것이다. 또한 "New Grid on Band"(North American VHF contests에서 유용함), 신호강도에 대한 정렬 등과 같은 추가적인 우선 순위를 제공 할 수 있다.

전송 된 메시지를 키보드로 제어하려면 **Settings | General** 탭에서 **Alternate F1–F6 bindings** 상자를 선택한다. 전형적인 컨테스트 스타일의 조작에서, 기능 키 F1을 눌러 CQ를 전송하여 QSO를 요청할 수 있다. CQ에 응답하고 컨테스트 교환을 보내려면 디코딩 된 메시지를 두 번 클릭한다. 또는, **Best S + P**를 클릭하고 선택 알고리즘이 호출 할 스테이션을 선택하게 할 수 있다. **Auto Seq** 및 **Call 1st** 선택상자는 FT8에서와 같이 동작하므로 남은 최소한의 QSO는 추가적인 운용자의 조작없이 계속될 수 있다. 기능 키 **F2 - F5**는 주 창의 오른쪽 하단의 탭 1에서 **Tx2 - Tx5**의 입력 필드에 표시된 메시지를 보내는 데 사용할 수 있다. 기능 키 **F6**는 **Call 1st**의 체크 된 상태를 토글하고 **Alt + B** 키 조합을 사용하여 **Best S + P**의 무장 상태를 토글 할 수 있다.

FT4는 현재 Search-and-Pounce ("S + P") 모드에서 운용하는 무선국이 RR73을 전송 할 때 QSO를 기록하고 RR73이 수신 될 때 CQing ("Run") 스테이션이 QSO를 기록하도록 구성된다. FT8과 마찬가지로 FT4는 S + P 스테이션과 Run 스테이션을 거의 구별하지 않는다. 운용자는 QSO를 시작하는 이 두 가지 방법에서 쉽고 자주 전환 할 수 있으며 대회의 경기 기술은 이들과 다른 여러가지의 운영에 대한 결정을 최적화하는 것에 달려 있다. 교신 가능한 무선국이 안정적으로 연결되면 단일 무전기로 FT4를 사용하여 시간당 100개를 훨씬 넘는 속도의 QSO가 가능하다.

**전송 된 신호** : FT4는 Gaussian frequency shift keying 또는 GFSK로 알려진 변조 기술을 사용한다. 생성 된 오디오 파형은 네 개의 주파수 중 하나에서 순차적으로 전송 된 105 개의 심볼 (tone)로 구성된다. 전송 부분에 대한 고유 한 톤이 인코딩 된 시리즈는 원래 그림 2의 위쪽 (빨간색) 곡선처럼 보일 수 있다. 그러나 FT4에서는 소프트웨어 모듈레이터로 전송되기 전에 가우스 함수를 사용한 컨볼루션(convolution)에 의해 주파수의 시퀀스가 부드럽게 된다 파란색 곡선은 변조기에 실제로 전송 된 주파수에 해당하는 평활화 된 시퀀스를 나타낸다. 전송 된 시퀀스에는 더 이상 단계적인 불연속성이 없다.

빨간색과 파란색 곡선의 차이는 약간 작지만 소리 파형 결과물의 스펙트럼은 현저하게 다르다. 그림 3은 동일하게 인코딩 된 비트 시퀀스에 대한 FT4 신호 (파란색) 및 표준 연속 위상 FSK 신호 (빨간색)에 대한 스펙트럼을 보여준다. GFSK 스펙트럼은 가파른 스킵트를 가지고 있으며 -6dB에서 75Hz, -60dB에서 200Hz, -80dB에서 260Hz의 대역폭을 차지한다. 소리 파형에 대해 추가 필터링은 적용되지 않는다.

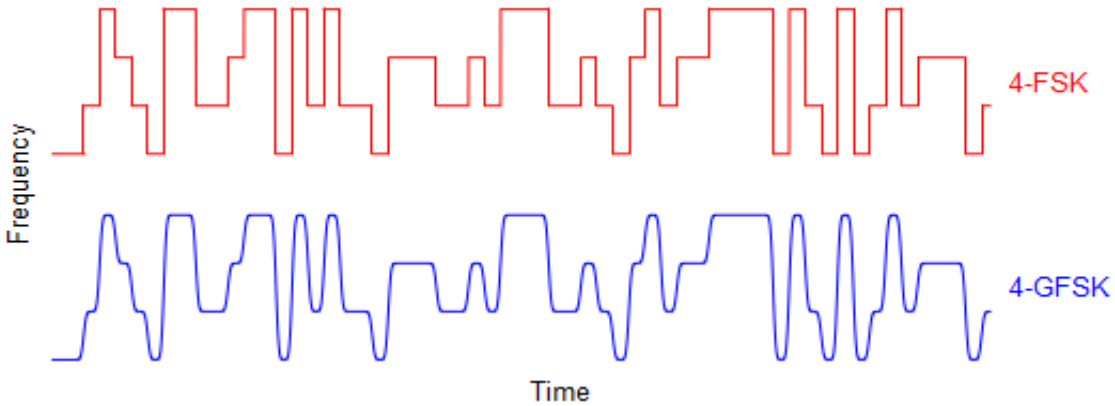


그림 2. FT4 메시지의 일부분에 대한 인코딩 된 (적색) 주파수 및 평활화 된 (파란색) 주파수 시퀀스의 예.

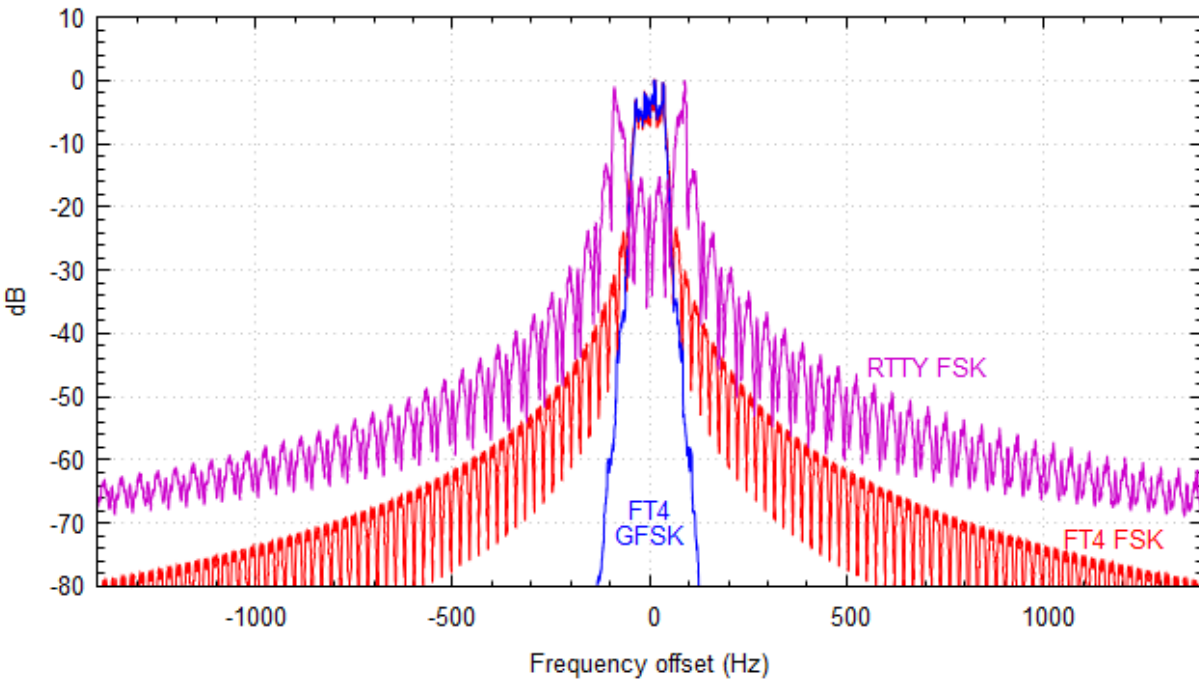


그림 3. GFSK (파란색), FSK가있는 FT4 (빨간색) 및 연속 위상 FSK (보라색)가있는 RTTY의 FT4 신호 스펙트럼.

그림 3은 표준 RTTY 신호 (보라색)의 스펙트럼을 보여주는데, 이는 -60 dB에서 대역폭이 2000 Hz 이상이다. 가청 주파수 편이 키잉 (AFSK)에 의해 RTTY 신호를 생성하는 일부 햄 소프트웨어는 원치 않는 키잉 측파대를 줄이기 위해 선택적으로 파형 필터링을 제공한다. 그러나 이러한 변조 후 필터링은 연속위상 FSK 신호의 일정한 포락선 특성을 훼손하기 때문에 새로운 원치 않는 측대역을 생성하지 않도록 양호한 선형성으로 증폭되어야 하는 파형을 남겨두게 된다. 대조적으로, FT4의 GFSK 신호는 일정한 포락선(Envelope)를 가지며 상호 변조 왜곡에 영향을 받지 않는다.

**디코딩 및 주파수 사용** : WSJT-X 2.1의 FT4 디코더는 최대 5kHz의 통과 대역에서 신호를 식별하고 디코딩한다. 다른 WSJT-X 모드에서와 마찬가지로 수신 된 메시지는 "완전하거나 없거나" 이다. 부분적인 디코드는 없으며 잘못된 디코드도 거의 없다. 수신 된 데이터 스트림으로부터의 디코딩 된 신호의 감산(subtraction)은 다른, 아마도 훨씬 더 강한 신호와 주파수가 중첩되는 송신들의 디코딩을 가능하게한다. 그림 1의 Band Activity 창에 표시된 마지막 3 개의 디코드는 이러한 두 번째 패스 디코드의 예이다. 일반적인 120 / 150Hz 간격의 전송 및 신호의 홀수 / 짝수 시퀀싱을 사용하면 신호 강도가 최대 60dB 차이가 있더라도 50 개의 무선국이 거의 간섭 없이 3 또는 4 kHz의 통과 대역에서 운용 할 수 있다.

경험을 통하여 경기중에 다이얼 주파수를 선택하는 가장 좋은 전략이 무엇인지, 그리고 각 밴드에서 몇 개의 ~ 3kHz FT4 세그먼트를 사용해야하는지 알 수 있을 것이다. 최초의 가이드라인으로 다음의 주파수를 FT4의 다이얼 주파수로 제안한다 : 3.595, 7.090, 10.140, 14.140, 18.104, 21.140, 24.919, 28.180, 50.318, 144.170 MHz. 더 나은 주파수 선택으로 이어질 수있는 의견은 환영한다.

(\* 3.595 MHz 은 대한민국의 할당 주파수 범위를 벗어나므로 주의를 요함. 보통 30, 17, 12미터 밴드에서는 컨테스트가 없음)

**감도** : 그림 4는 광범위하게 시뮬레이션된 전파 조건에서의 FT4 디코더의 감도 측정을 나타낸다. 오른쪽에있는 페어링 된 숫자는 전리층 전파에 대한 Watterson 모델을 사용하여 ITU 표준 조건의 다양한 세트에 대한 도플러 확산 (Hz) 및 2-경로의 차동 지연 (ms)값 이다. 가장 왼쪽의 실선은 방해받지 않은 조건에서 일반적인 중위도의 전파 경로에 해당한다. 점선으로 표시된 곡선은 전파 조건의 두 극단에서 선행적 정보가 최대인 디코딩에 대해 측정된 감도를 보여준다. RTTY와의 대략적인 비교를 위해 시뮬레이션 된 중위도의 중간 조건에서 RTTY는 사용중인 소프트웨어 모뎀에 따라 SNR이 -1 ~ +4 dB를 초과하는 경우에만 문자 오류 비율이 10 % 미만으로 나타났다. FT4는 RTTY에 비해 감도에서 약 10dB 정도 유리하다.

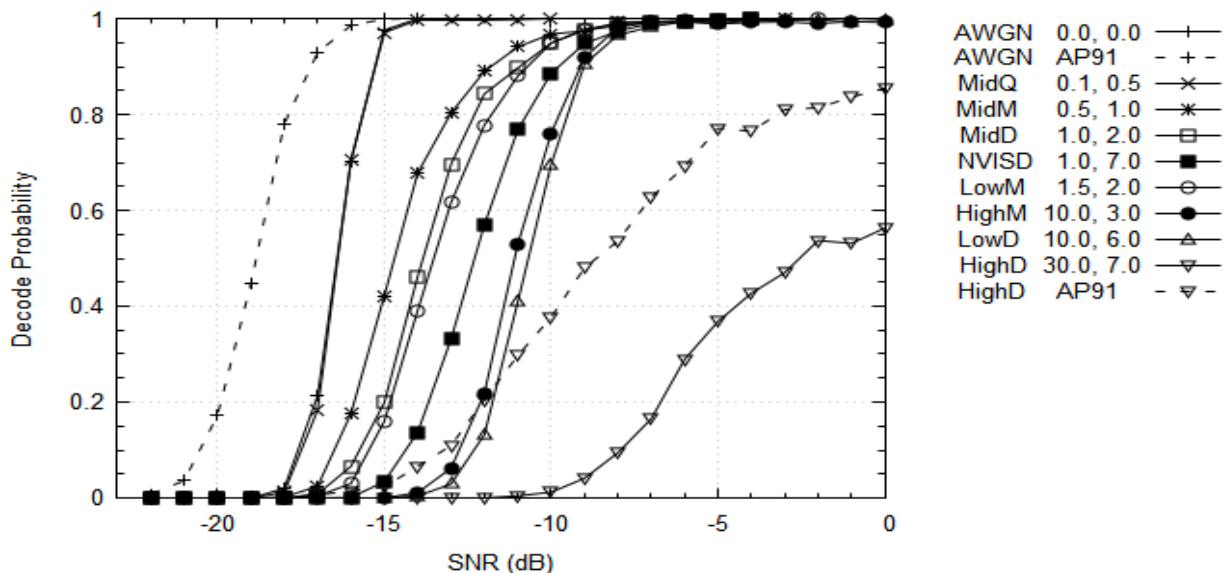


그림 4. SNR에 대해 측정된 FT4의 복호화 확률. AWGN은 Additive White Gaussian Noise를 의미한다. 낮음, 중간 및 높음은 지자기 위도를 나타낸다. Q, M 및 D는 저잡음, 보통 또는 장애 전리층 조건을 의미한다. NVIS는 Near Vertical Incidence Skywave를 의미한다. AP91은 일반적인 Contest QSO에서 RR73 메시지의 선행적인 디코딩을 나타낸다.

**이전의 시험 :** *WSJT-X 2.1.0*의 조기 출시 후보는 T/R 간격에 대해 고정 된 시작 시간이 없는 비동기 모드로 FT4를 만드는 것이 좋다. 이러한 시험들은 시각 동기화 된 시퀀스를 사용할 때의 중요한 장점을 부각 하였다. 규정 된 시작 시각을 갖는 고정 된 시퀀스의 길이는, 주어진 무선국이 대략 절반의 시간에 전송할 수 있는 콘테스트와 같은 동작 조건에서 수신 된 신호의 훨씬 많은 부분이 디코딩 가능함을 보장한다. 통신 엔지니어링에 일반적으로 사용되는 용어로, 동기화는 채널의 용량을 증가시킨다.

**일정 :** FT4의 몇 가지 매개 변수와 작동 방식은 여전히 시험되고 최적화되고 있다. 더 많은 활동적인 참가자 그룹과 함께 모의 경기 대회의 연습 세션을 여러 번 개최하는 것이 매우 유용할 것이다. 이러한 시험들이 심각한 버그나 부족함을 드러내지 않더라도, FT4는 다가오는 2개의 대회인 ARRL VHF Contest (6 월 8-10 일)와 ARRL 필드 데이 (6 월 22-23 일) 에서 사용하기에는 너무 새롭다고 생각한다. 결과적으로 2019 년 6 월 7 일에 "time out"될 릴리스 후보 *WSJT-X 2.1.0-rc5*를 만들 계획이다. 가능한 한 다음의 일정을 준수 할 계획이다.

- 4 월 22 일 : FT4에 대한 공개 발표, 이 문서에 대한 링크를 포함
- 4 월 29 일 : 두 번째 발표, *WSJT-X 2.1.0-rc5* 설치 패키지의 내려받기 링크 포함
- 0000 년 5 월 9 일 - 0100 UTC : FT4 연습 세션, 7.090 MHz
- 0000 년 5 월 14 일 - 0100 UTC : FT4 연습 세션, 7.090 MHz
- 0000 년 6 월 5 일 - 0100 UTC : FT4 연습 세션, 7.090MHz (필요시)
- 7 월 15 일 : *WSJT-X 2.1.0*의 일반 (GA) 릴리스

**임의의 결론적 생각들 :** FT4는 대회 경기에서의 빠른 QSO를 위해 설계된 특수 목적 모드이다. 이 기능은 매우 효과적으로 작동하지만 FT8과 마찬가지로 더 광범위한 대화에는 유용하지 않다. FT4는 RTTY보다 훨씬 적은 대역폭을 사용하고 훨씬 낮은 신호 수준에서도 안정적인 디코딩을 제공한다. "Super Check Partial"또는 이와 유사한 경기를 위한 보조 수단이 필요하지 않으며 FT4를 사용하는 숙련 된 운영자는 DX 클러스터 또는 기타 비-무선의 보조 수단을 사용하고자하는 동기가 적어진다. 대회에서 좋은 점수를 얻기 위해 필요한 모든 정보는 자신의 안테나와 무전기를 통해 대회의 경기 중에 공중에서 얻을 수 있다. FT4를 사용하면 CQ와 S+P 운용사이에 차이가 거의 없으므로 QSO 파트너를 찾는 두 가지 방법사이를 자주 전환하기가 쉽다. 낮은 출력과 작은안테나를 사용하는 무선국도 FT4를 사용하여 대회에 효과적으로 참여할 수 있다.