

Łączność cyfrowa 2m/70cm

D-STAR, C4FM/WIRES-X, DMR, M17, TETRA

HSWro, Igor SP8KZW

14 sierpnia 2025

Dlaczego „cyfra” na 2 m / 70 cm?

- **Efektywność widmowa:** Mniejsza szerokość emisji, TDMA (podział czasowy), FEC (korekcja błędów).
- **Integracja z IP:** Reflektory, Talk-Groupy, Rooms, routing po znakach wywoławczych.
- **Dodatki:** Automatyczna identyfikacja stacji, krótkie dane, GPS.
- **Regulacje:** W krótkofalarstwie obowiązuje **zakaz szyfrowania** — wyłącznie otwarta komunikacja.

Historia systemów

- **D-STAR** – opracowany przez JARL w Japonii, komercyjny debiut z Icom w 2004 roku. To pionier amatorskiej łączności cyfrowej.
- **C4FM/WIRES-X** – wprowadzony przez Yaesu w 2013 roku, z kluczową funkcją AMS (Automatic Mode Select).
- **DMR** – standard ETSI (2005) dla radiokomunikacji profesjonalnej, zaadaptowany przez krótkofalowców od 2010 roku.
- **M17** – projekt open-source z 2019 roku, stworzony przez polskich krótkofalowców. Cel: wolność od patentów.
- **TETRA** – standard ETSI z lat 90. dla służb publicznych. W krótkofalarstwie używany eksperymentalnie.

D-STAR – szczegółowe informacje

Parametry:

- Modulacja: GMSK
- Kanał: 12,5 kHz
- Kodek: AMBE (starsza wersja)
- Tryby: DV (głos + dane do 1.2 kb/s) i DD (dane 128 kb/s na 1.2 GHz)

Architektura sieci:

- Globalna sieć reflektorów (REF, DCS, XLX).
- Unikalny routing po znakach wywoławczych.
- Bramki łączące pasma i modulacje.
- Oparty o *trust server*.

Historia:

- Projekt JARL z lat 90., komercyjny debiut w 2004 roku z Icom.
- Był to pierwszy system cyfrowy zaprojektowany specjalnie dla krótkofalowców.

C4FM/WIRES-X – szczegółowe informacje

Parametry:

- Modulacja: 4-FSK
- Kanał: 12,5 kHz
- Kodek: AMBE+2
- Tryby: V/D (głos+dane), Data FR (pełne dane), Voice FR (pełny głos)

Architektura sieci:

- **WIRES-X Rooms** (konferencje).
- Alternatywne sieci YSF i FCS.
- Mosty do innych systemów (DMR, D-STAR).
- Kluczowa funkcja **AMS** (Automatic Mode Select) – automatyczne przełączanie między analogiem a cyfrą.

Historia:

- Wprowadzony przez Yaesu w 2013 roku jako alternatywa dla D-STAR.
- Funkcja AMS ułatwiła migrację z analogowych radiostacji.

DMR – szczegółowe informacje

Parametry:

- Modulacja: 4-FSK
- Kanał: 12,5 kHz
- **TDMA**: 2 sloty czasowe, dwie niezależne rozmowy na jednej częstotliwości.
- Kodek: AMBE+2

Architektura sieci:

- Organizacja w **Talk Groups (TG)**, **Time Slots (TS)** i **Color Codes (CC)**.
- Główne sieci: BrandMeister, FreeDMR, TGIF.
- W systemach komercyjnych: IP Site Connect.

Historia:

- Standard ETSI z 2005 roku dla profesjonalnej radiokomunikacji.
- Adoptowany przez amatorów od około 2010 roku ze względu na efektywność.

M17 – szczegółowe informacje

Parametry:

- Modulacja: 4FSK
- Kanał: ok. 9 kHz
- **Kodek:** Codec2 (otwarty, bez patentów)

Architektura sieci:

- W pełni otwarty protokół i format ramek.
- Reflektory M17.
- Możliwość tworzenia własnych rozszerzeń.

Historia:

- Stworzony w 2019 roku przez polskich krótkofalowców.
- Ideą jest wolność i niezależność od komercyjnych rozwiązań.

TETRA – szczegółowe informacje

Parametry:

- Modulacja: $\pi/4$ -DQPSK
- Kanał: 25 kHz
- **TDMA**: 4 sloty czasowe
- Kodek: ACELP

Architektura sieci:

- Tryb TMO (przez infrastrukturę) i DMO (bezpośredni).
- Możliwość tworzenia sieci IP z kontrolerami SwMI.

Historia:

- Standard ETSI z lat 90. dla służb publicznych i bezpieczeństwa.
- W amatorskim używany eksperymentalnie. W Polsce znany projekt **TETRA Poland** oraz narzędzia **Tetrapack**.

Porównanie techniczne

System	Modulacja / Kanał	TDMA	Kodek	Architektura
D-STAR	GMSK / 12,5 kHz	brak	AMBE	Reflektory, routing po znakach
C4FM	4-FSK / 12,5 kHz	brak	AMBE+2	WIRES-X, YSF/FCS, AMS
DMR	4-FSK / 12,5 kHz	2 sloty	AMBE+2	TG/TS/CC, BrandMeister
M17	4FSK / ok. 9 kHz	brak	Codec2 (otwarty)	Reflektory M17, open-source
TETRA	$\pi/4$ -DQPSK / 25 kHz	4 sloty	ACELP	TMO/DMO, profesjonalne

Zalety i wady systemów

D-STAR

- ✓ Pionier cyfry, rozbudowana sieć.
- ✓ Routing po znakach.
- ✗ Starszy kodek, skomplikowana konfiguracja.

C4FM

- ✓ AMS (łatwość użycia).
- ✓ Dobra jakość głosu.
- ✗ Zamknięty protokół.

DMR

- ✓ Efektywność (TDMA).
- ✓ Globalne sieci (BrandMeister).
- ✗ Krótkie czasy nadawania, konieczność użycia TG/TS.

M17

- ✓ W pełni otwarty standard (bez patentów).
- ✓ Wolność od komercyjnych rozwiązań.
- ✗ Mniejsza baza użytkowników.

TETRA

- ✓ Ekstremalna efektywność (4 sloty).
- ✓ Zaawansowane funkcje profesjonalne.
- ✗ Złożoność, brak sprzętu amatorskiego.

Wskazówki praktyczne

- **Identyfikacja:** Mimo cyfrowej identyfikacji, pamiętaj o słownym podaniu znaku wywoławczego.
- **Zasady sieci:** Każda sieć ma własne reguły. Zapoznaj się z nimi.
- **Wybór systemu:** Sprawdź, jaka infrastruktura dominuje w Twojej okolicy, zanim kupisz sprzęt.
- **Rozłączanie:** Po zakończeniu QSO, pamiętaj o rozłączeniu się z reflektorem/TG, aby zwolnić zasoby.
- **Experimentuj:** Krótkofalarstwo to hobby, więc nie bój się eksperymentować z różnymi systemami!

<https://www.youtube.com/watch?v=CAhIKUmkS84> - D-STAR

<https://www.youtube.com/watch?v=O8BIZFMnnjQ> - porównanie systemów cyfrowych

<https://www.youtube.com/watch?v=LpJgJKDgE8> – M17

<https://www.youtube.com/watch?v=kKIAjwYK1qg> - Yaesu C4FM