

JT65 (WSJT) kasutamine EME tööks

The screenshot shows the WSJT6.5 software interface. At the top, the title bar reads "WSJT 6 by K1JT". Below it is a menu bar with "File", "Setup", "View", "Mode", "Decode", "Save", "Band", and "Help".

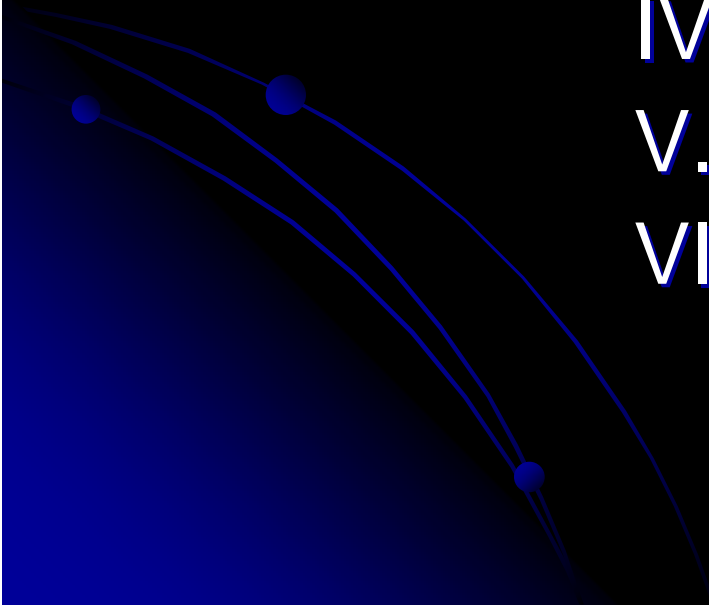
The main display area is divided into several sections:

- Spectrum Plot:** A graph showing signal strength over time. A prominent peak is visible at approximately -2.0 dB.
- Moon Data:** A cyan box on the right displays moon-related information:
 - Moon
 - Az: 263.24
 - El: -12.46
 - Dop: -114
 - Dgrd: -1.7
- Log Table:** A table listing received messages with columns for FileID, Sync, dB, DT, DF, W, and other fields. The messages include:
 - 005600 5 -15 2.9 215 0 * CQ RU1AA KO48 1 0
 - 005800 8 -7 2.9 215 3 # K1JT RU1AA KO48 000 1 0
 - 010000 10 -9 215 2 RRR ?
 - 010200 7 -8 2.7 213 3 * TNX JOE -14 1 0
- Control Panels:** Several panels for configuring the software, including:
 - To radio:** RU1AA, Grid: KP40xc, Az: 33, 4311 mi.
 - Sync:** Sync 1, Clip 0, Tol 400, Defaults, Dsec 0.0.
 - Options:** Tx First, Rpt (26), Sh Msg, Sked, GenStdMsgs, Auto is Off.
 - Message List:** A list of messages to be transmitted, such as "RU1AA K1JT FN20", "RU1AA K1JT FN20 000", "R0", "RRR", "73", and "CQ K1JT FN20".
- Status Bar:** At the bottom, it shows "1.0003 0.9998", "JT65B", "Freeze DF: 0", "Rx noise: -1 dB", "TR Period: 60 s", and a green "Receiving" button.

ERAÜ Talvepäev

13. veebruar
2010

WSJT=Weak Signal communications by K1JT

- I. Ajalugu
 - II. WSJT lühiülevaade
 - III. JT65 protokoll
 - IV. WSJT kasutamine
 - V. WSJT ja SDR-id (Map65)
 - VI. JT65 EME demonstratsioon
- 

I. WSJT motivatsioon

Autor: Joe Taylor, K1JT

- Erinevate kodeerimis- ja signaalitöötlusalgoritmide katsetamine
- Sidepidamine VHF/UHF sagedustel minimaalse võimaliku signaal-müra suhte juures
- Optimeerimine erinevate leviliikide (MS, EME, ...) jaoks
- Kasutajasõbralik tarkvara selle realiseerimiseks

WSJT ja digitaalse EME ajalugu

2001: FSK441 meteoorideks

2002: JT44 EME

2002: JT6M (MS, ionoscatter)

2003: JT65 EME

2005: JT65 "Deep Search" dekodeer;
Avatud lähtekood

2006: Linux-i ja FreeBSD versioonid

2007: Map65 (skimmer JT65 jaoks)
JT4, WSPR

EME: JT65 põhiomadused

- Sidepidamine minimaalsete võimalike signaalitugevustre juures
- Vastab väljakujunenud amatöörside tavadele
- JT65 side vastab “ametliku” QSO nõuetele
- Piisav sidepidamise kiirus nii võistluste, kui DX ekspeditsioonide jaoks
- Side jooksul vahetatud informatsiooni väga hea veakindlus (usaldusväärsus)
- “Valede” QSO-de toimumise väga väike tõenäosus

II. WSJT kasutamine: August 2006 seisuga

- Kokku kasutajaid: >3000
- Peaaegu kõik MS siled toimuvad FSK441 abil
- JT6M on populaarne 6m peal
- JT65 EME kasutajaid: 300 – 600
- JT65 EME sidesid: >40,000
- 30% 2005a ARRL EME võistluse sidesid toimus JT65 abil (2m peal, >70%)

My Computer WSJT4 My Documents Sim

Firefox IDLE EZNec W8

Thunderbird Shortcut to ResHacker... RoverLog AF

Shortcut to dx4win.exe VB6 Visual Studio .NET 2003 KOA

Command Prompt PPP Dimension 4 Wind Media

emacs Princeton VPN Recycle Bin REALbasic 3.0

feynman.ssh2 Internet Explorer ScopeFIR WSJT4_Guide

FW4 X-Win32 RoverLog Init StuffIt Expander

Adobe Acrobat ... My Network Places VTcl DF7KF

SpecJT by K1JT

Options Freq: 617 DF: -653 (Hz) Speed: 1 2 3 4 5 H1 H2

-700 -600 -500 -400 -300 -200 -100 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200

WSJT 6 by K1JT

File Setup View Mode Decode Save Band Help

Moon
Az: 131.44
El: 34.00
Dop: 28
Dgrd: -4.7

21.4 Time (s) G4CCH_060429_055800

FileID	Sync	dB	DT	DF	W					
054400	3	-27	1.8	-288	5	#	VK7MO	G4CCH	IO93	OOO 0 9
054600	5	-28		-297	3	RRR				
054800	10	-25		-306	1	73				
055000	2	-23	1.7	-315	6	*	TNX	REX	-23	1 0
055600	3	-19	2.0	-339	6	*	TNX	EASY	QSO	1 0
055800	5	-19	1.6	-347	6	*	CW	NOW?		1 0
055800	1		4/6							1 0

Log QSO Stop Monitor Save Decode Erase Clear Avg Include Exclude TxStop

To radio: G4CCH Lookup Sync 1 Zap Tx First VK7MO K1JT FN20 Tx1

Grid: IO93mm Add Clip 0 NB 26 Rpt VK7MO K1JT FN20 OOO Tx2

Az: 49 3437 mi Tol 100 Efreeze Sh Msg RO Tx3

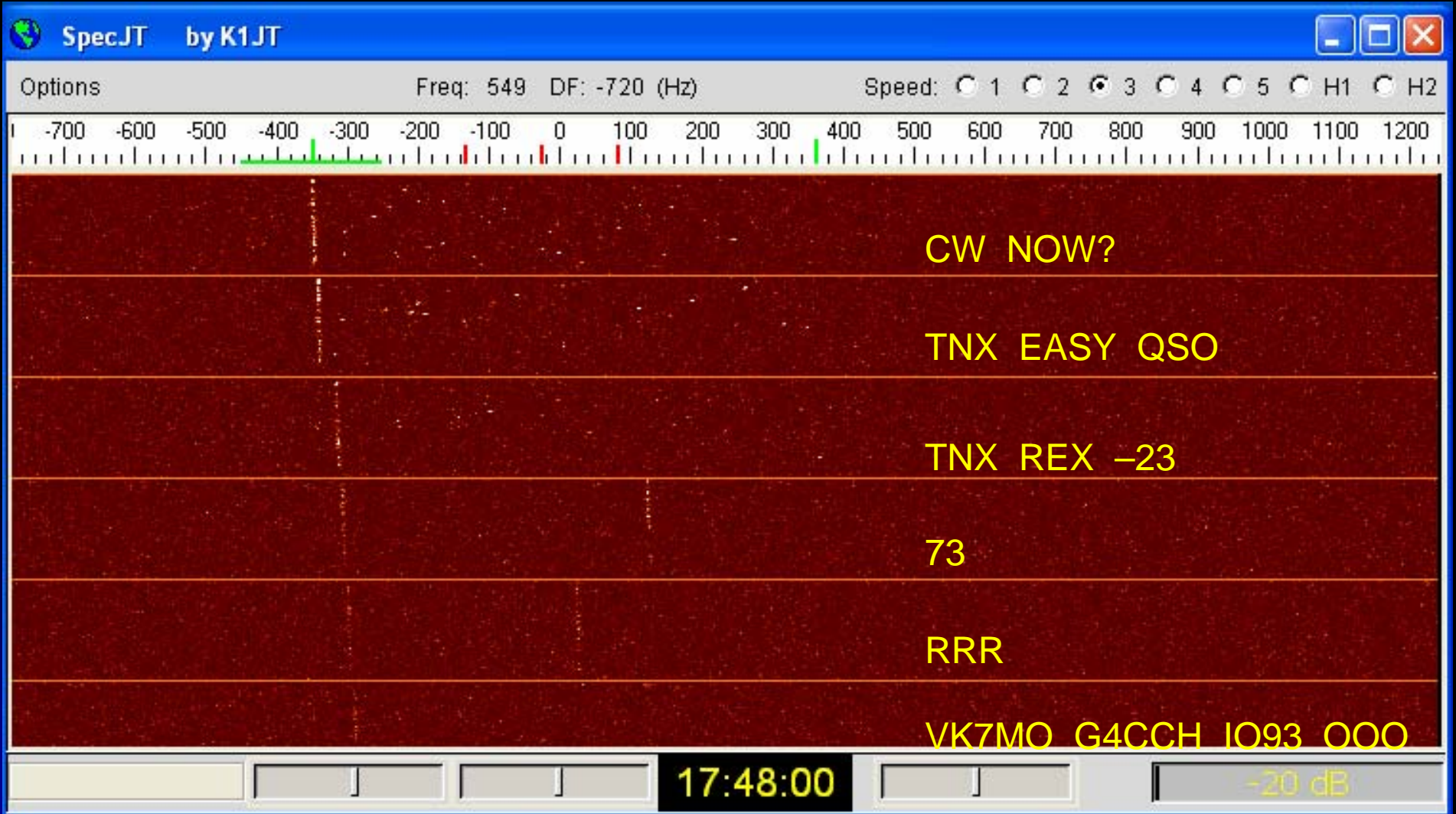
Defaults AFC Sked RRR Tx4

Dsec 0.0 GenStdMsgs 73 Tx5

Auto is Off CQ K1JT FN20 Tx6

1.0000 1.0068 JT65C Freeze DF:-305 Rx noise: 0 dB TR Period: 60 s Receiving

G4CCH, 23 cm



JT65: erinevused telegraafsidest (CW)

- Kindla struktuuriga tekstid
- Veaparanduskoodid
- Sünkroniseeritud edastus
- “Keskmistamise” võimalus
- Dekodeeritakse kas kõik või mitte midagi
- Umbes 10dB efektiivsem, kui CW

JT65 Minimaalne EME QSO

1. CQ HB9Q JN47

2. HB9Q K1JT FN20

3. K1JT HB9Q JN47 OOO

4. RO

5. RRR

6. 73

“Pileup” olukorras

1. CQ 3Y0X EC41

2. 3Y0X K2TXB FM29

3. K2TXB 3Y0X EC41 OOO

4. 3Y0X K2TXB RO

5. K2TXB 3Y0X RRR

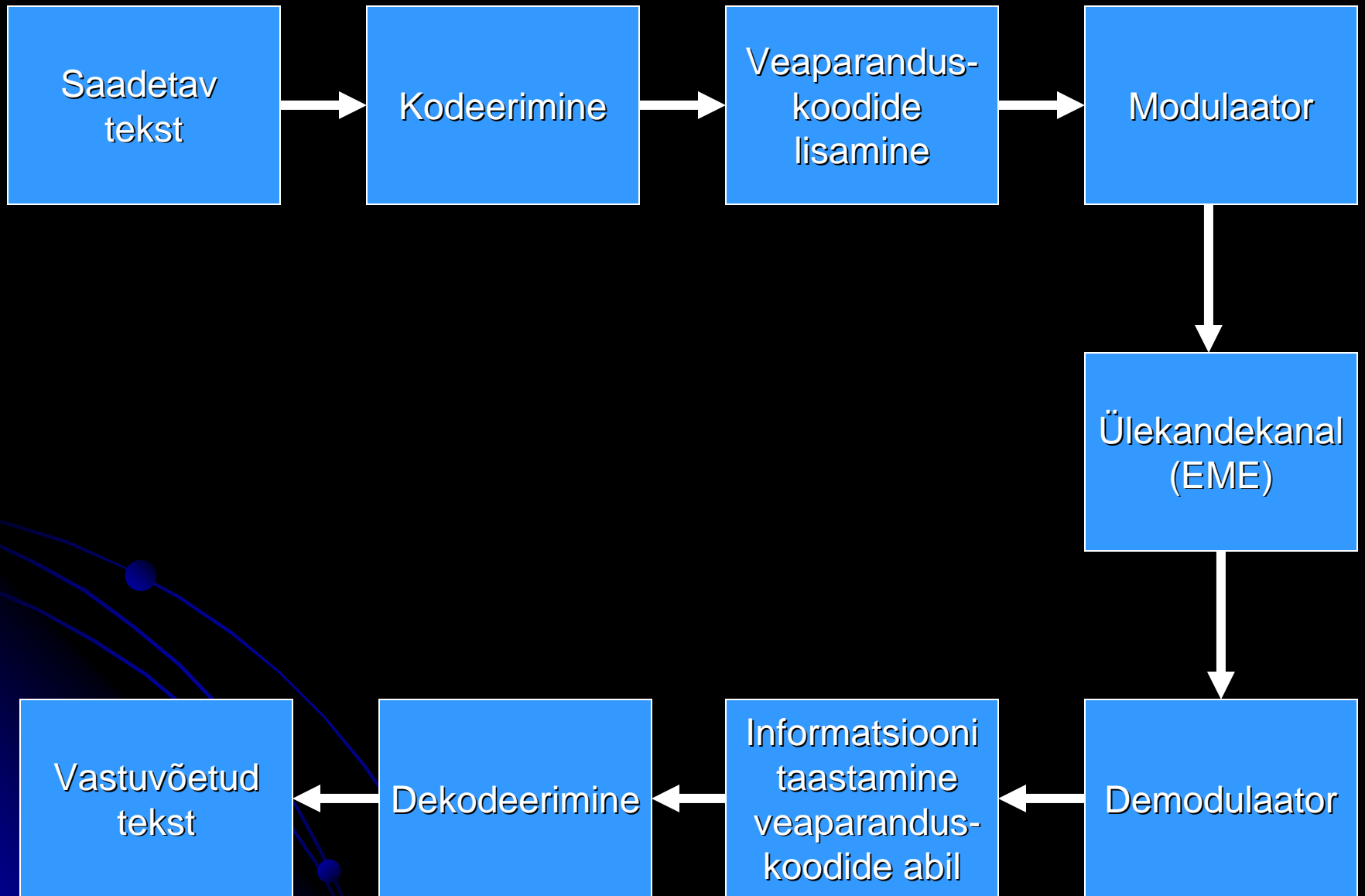
6.

73

Kõik raportid koos kutsungiga

JT65 protokoll

- Konstrueeritud peamiselt kuusidet silmas pidades
- Minimaalne hulk edastatavat infot
- Optimeeritud väga nõrkade signaalide vastuvõtuks
- Nõuab suhteliselt täpset ajalist sünkroniseerimist korrespondentide vahel
- Korruga saadetakse vaid ühte sagedust



Kodeerimine

- Amatöörkutsungeid saab olla vaid lõplik arv:

Prefiks (1-2 sümbolit millest vähemalt üks peab olema täht) + üks number + sufiks (1-3 tähte) = $37 \times 36 \times 10 \times 27 \times 27 \times 27 = \text{ca } 262 \text{ miljonit} < 2^{28}$ ehk iga võimaliku kutsungi esitamiseks piisab 28st bitist.

Kodeerimine

- Neljakohalise QTH lokaatori jaoks on vaja $180 \times 180 = 32400 < 15$ bitti
- Raporti jaoks on vaja üks bitt (O/RO)
- JT65 teate jaoks on seega vaja maksimaalselt $28 + 28 + 15 + 1 = 72$ bitti
- Selleks et saata näiteks tekst "SV1BTR K1JT OOO" morsekoodis (ilma QTH lokaatorita) on vaja 170 bitti.

Kodeerimine

- Kuna 28 bitise kutsungi juures “jääb üle” ca 6 miljonit vaba kombinatsiooni, siis saab neid kasutada näiteks “CQ” ja “QRZ” kodeerimiseks. “CQ” järel on ka võimalik edastada sagedus, mille peal kutsesagedusel kutsuv jaam ootab vastust (näiteks “CQ 117 ES5PC”).
- 72 bitiga võib saata ka kuni 13 suvalist 6-bitist tekstisümbolit.

Kodeerimine

- QTH lokaatori asemel on võimalik saata ka numbriline signaalitugevuse raport -30 ... -01 või R-30 ... R-01 kus number näitab WSJT poolt raporteeritud signaal-müra suhet detsibellides.
- Vajadusel saab kutsungile lisada ka DXCC prefiksi või /P sufiksi. Seda tehakse samuti QTH lokaatori välja arvel.

Veaparandus

- Informatsiooni usaldusväärsemaks edastamiseks lisatakse juurde täiendavaid bitte, et vastuvõtmisel ilmnevate vigade korral oleks võimalik neid vigu avastada ja ka parandada.
- JT65 puhul lisatakse 72-bitisele tekstile juurde veel 306 spetsiaalselt arvutatud bitti. Ehk teisiti öeldes saadetakse tekst ca viiekordse tagavaraga.

Veaparandus

- Need juurdelisatud bitid on arvutatud nii, et ühe tekstis oleva sümboli muutus põhjustaks võimalikult palju muutusi kodeeritud teksti erinevates osades. Näiteks kutsungis oleva numברי muutumine 1 võrra (ES5PC -> ES6PC) põhjustab kodeeritud 378-bitises jadas vähemalt 52 muutust. JT65 puhul kasutatakse Reed-Solomoni kodeerimist $(RS\ 63,12) * 6 \rightarrow (378,72)$

Veaparandus

- Sellise kodeerimise puhul suvalise biti valesti dekodeerimise korral ei ole see viga enam seotud esialgse teksti konkreetse osaga, vaid ainult vähendab algse teksti korrektse dekodeerimise tõenäosust.
- Selleks, et eelmises näites “5” dekodeeritakse ekslikult “6”-na on vaja, et vähemalt 52 bitti kindlatel positsioonidel oleksid vastupidise väärtusega. Sellise sündmuse tõenäosus on praktiliselt null!

Interleaving ja Gray koodid

- Veaparandusbittidega kodeeritud andmed paigutatakse rida-realt 7×9 maatriksisse ja loetakse välja tulpade kaupa (interleaving).
- Saadav jada kodeeritakse ümber, kasutades nn. Gray koodi, mille puhul kahe kõrvuti oleva sümboli esituses muutub vaid üks bitt. See peaks parandama ülekande efektiivsust sageduse triivimise korral

Moduleerimine

- Kasutatakse 64 sagedusega FSK-d
- 6-bitisele sümbolile vastab üks sagedus
- Kasutatakse kolme erinevat JT65 alamtüüpi: JT65A, JT65B ja JT65C
Ainuke erinevus nende vahel on FSK sageduste vahekaugus
- JT65A: 6m, JT65B: 2m & 70cm, JT65C: 23cm ja kõrgemal

Moduleerimine

$F_s = 1270.5 + 2.6917 (N+2) m$ [Hz], kus

F_s on FSK sümbolele vastava tooni sagedus,

N on 6-bitise sümboli väärtus (0-63)

m vastavalt:

JT65A: $m=1$, JT65B: $m=2$ ja JT65C: $m=4$

Ajaline sünkroniseerimine

- Kuna amatöörjaamade kellade täpsus ei ole tavaliselt piisav, siis lisatakse JT65 signaali spetsiaalne sünkronisatsioonivektor. Selleks kasutatakse eraldi FSK tooni, mis on madalamal 64-st info edastamiseks kasutatavast sagedusest (1270.5 Hz).
- JT65 saateperiood on jagatud 126-ks ajavahemikuks, millest pooltes saadetakse sünkrosignaali.

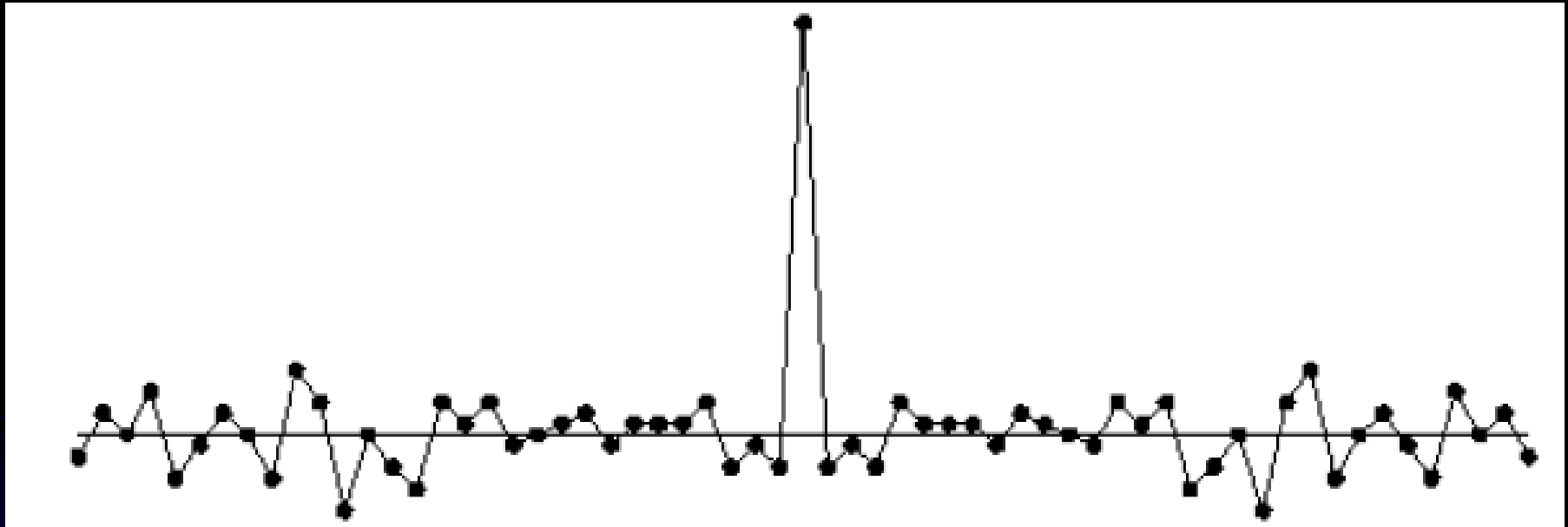
Ajaline sünkroniseerimine

Kasutatakse spetsiaalset pseudojuhuslike arvude jada:

1,0,0,1,1,0,0,0,1,1,1,1,1,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,1,0,0,1,0,0,
0,1,1,1,0,0,1,1,1,1,0,1,1,0,1,1,1,1,0,0,0,1,1,0,1,0,1,0,1,1,
0,0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,1,1,
0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,
1,1,1,1,1,1

Sünkrosagedust saadetakse neis vahemikes, milles eelnev jada omab väärtust "1". Ülejäänud vahemikes saadetakse kodeeritud "kasuliku" informatsiooni sümboleid.

Ajaline sünkroniseerimine



Sünkronisatsioonivektori autokorrelatsioonifunktsioon

Raportite alternatiivne kodeerimine

- “Shorthand messages”

Kui on edastatud kutsungid, siis võib side jätkuda kasutades raportite “RO” , “RRR” ja “73” edastamiseks väga lihtsaid, aga efektiivseid ainult kahest toonist koosnevaid jadasid. Üks neist toonidest on alati samal sagedusel, kui sünkrosignaali.

Need on väga kergesti äratuntavad nii graafiliselt, kui ka kuulates.

Demoduleerimine

- Vastuvõetud signaal konverteeritakse audiosagedusele
- Digitaliseeritakse
- Tehakse FFT (4096 punkti)
- Otsitakse sünkrosagedust
- Määratakse ajaline ja sageduslik sünkronisatsioon
- Leitakse tõenäosused iga vastuvõetud sümboli jaoks

Dekodeerimine

- Taastada esialgne 72-bitine tekst vastu võetud sümbolite statistilise informatsiooni põhjal.
- Reed-Solomoni kodeeringu jaoks on olemas matemaatilised algoritmid, mis leiavad, milline 72-bitine tekst oli pakitud vastuvõetud bitijadasse.
- Dekooder väljastab kas 100% korrektse esialgse teksti või üldse mitte midagi juhul, kui vastuvõetud jadas signaal/müra suhe oli liiga väike.

Dekodeerimine

- “Deep Search” dekooder

Kuna maailmas olemasolevaid kutsungeid on tunduvalt vähem, kui kodeerimisel kasutatavaid võimalikke kombinatsioone, siis on võimalik dekodeerimine korreleerides vastuvõetud bitijada maailmas olemasolevate kutsungite põhjal genereeritud jadade vastu. Selline korrelaator väljastab tõenäosuse mille järgi saab otsustada milline kutsung esines esialgses tekstis.

Dekodeerimine

Erinevatest EME jaamadest on tehtud andmebaas, mida kasutab DS algoritm.

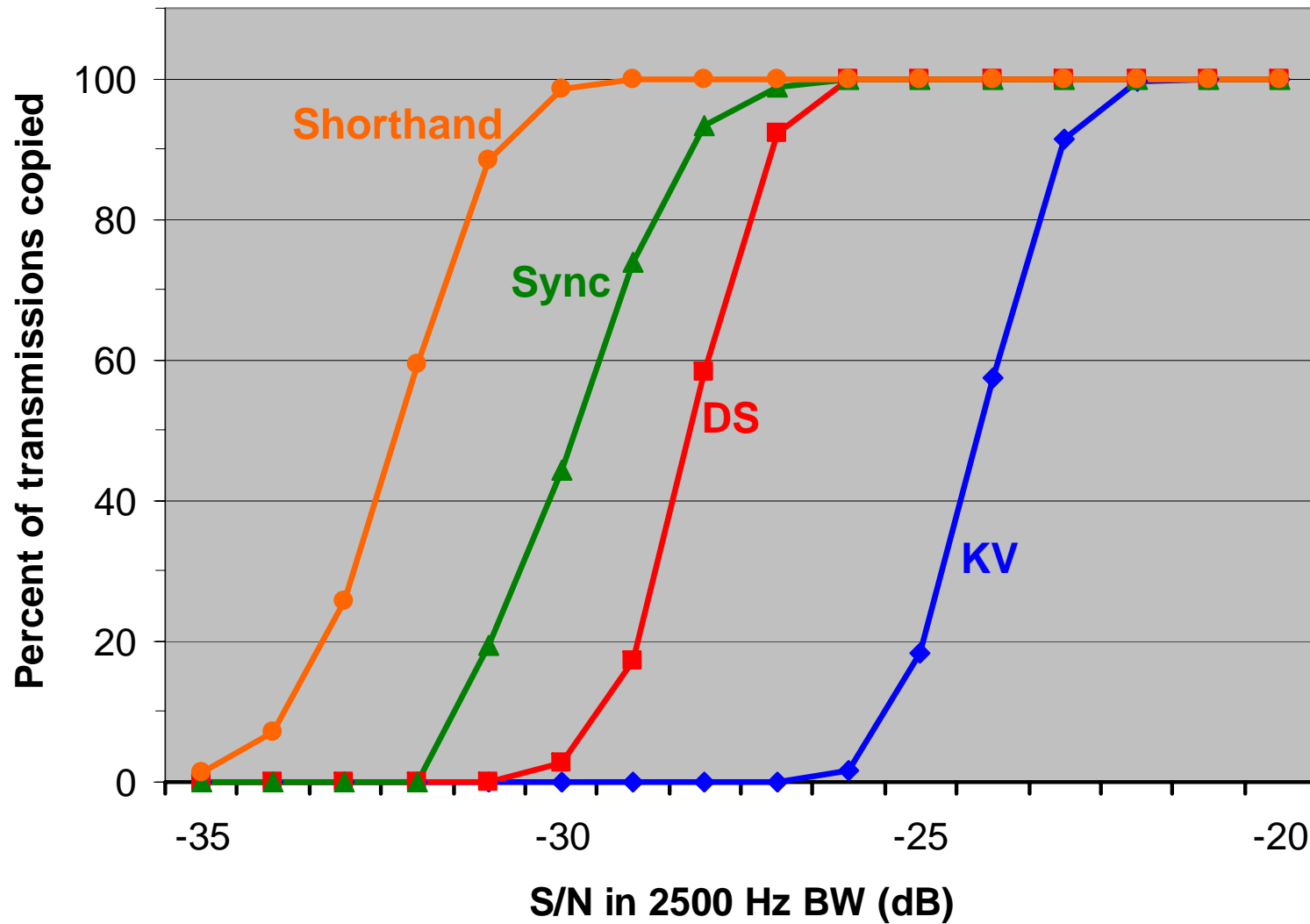
DS algoritm dekodeerib ainult neid jaamu, mis on olemas WSJT andmebaasis

DS algoritm dekodeerib ainult jaamu, mis kutsuvad CQ-d või kutsuvad minu enda jaama.

DS algoritm võimaldab dekodeerimise tundlikkust suurendada ca 4dB võrra võrreldes nn. KV dekooderiga.

DS dekooder väljastab ka tõenäosuse, mille järgi operaator saab otsustada kuivõrd usaldusväärne see dekodeeritud info on.

Measured JT65 Performance



JT65 Dekodeerimise tasemed

Teksti tüüp	KV (dB)	KV Avg (dB)	DS (dB)	Short65 (dB)
Vaba tekst	-24	-28		
Kutsungid+WWL+raport	-24	-28	-28*	
“Lühike” raport				-32

*Kutsung peab olema andmebaasis

Sünkro min. nivoo: -30 dB

MAP65 = JT65 skimmer

- Kui on kasutada SDR (Software Defined Radio), näiteks SDR-IQ või Perseus saab jälgida tervet JT65 jaoks kasutatavat sagedusriba, ca 90 kHz ja dekodeerida korraga kõik JT65 signaalid, mis selles sagedusribas dekodeeritavad on.
- Selleks on olemas programmid nimega MAP65 ja MAP65-IQ

MAP65, MAP65IQ

- MAP65 on kasutatav kahekanalilise SDR-ga, koos eraldi antennidega horisontaal- ja vertikaalpolarisatsiooni jaoks.
Iga JT65 signaali jaoks arvutatakse muuhulgas ka vastuvõetud signaali polarisatsiooninurk.
- MAP65-IQ on mõeldud ühekanaliliste SDR-ide jaoks nagu näiteks SDR-IQ.

JT65 praktikas

- Sagedusalad:

6m: 50.190 – 50.210 MHz (JT65A)

2m: 144.1 – 144.16 MHz (JT65B)

70cm: 432.05 – 432.1 MHz (JT65B)

23cm: 1296.05 – 1296.1 MHz (JT65C)

- Etc...

JT65C töötab veel 5.7 GHz juures, kõrgemal problemaatiline.

Vajalik tehnika

- Antenn ja saatevõimsus

JT65 EME on praktiliselt võimalik alates 9-11 elemendisest antennist ja ca 100-200W saatevõimsusest 2m-l.

23cm-l 1.5-3m parabool või >50 elementi ja ca >100W