

# ETSI TS 102 992 v1.1.1 (2010-09)

*Technická špecifikácia*

**Digitálne televízne vysielanie (DVB);  
Štruktúra a modulácia voliteľných označení vysieláčov (T2-TX-SIG) určených na  
použitie v digitálnom pozemskom televíznom vysielacom systéme druhej  
generácie DVB-T2**

Digital Video Broadcasting (DVB);  
Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with  
the DVB-T2 second generation digital terrestrial television broadcasting system



*Európsky inštitút pre telekomunikačné normy*  
*European Telecommunications Standards Institute*

## **Dôležité upozornenie pre používateľov tejto slovenskej verzie**

ETSI je vlastníkom autorských práv tohto dokumentu ETSI.

V prípade nezrovnalosti medzi anglickou a slovenskou verziou platí anglická verzia tohto dokumentu ETSI.

ETSI neskontroloval preklad a nepreberá žiadnu zodpovednosť za presnosť prekladu tohto dokumentu ETSI.

Anglická verzia tohto dokumentu ETSI sa môže stiahnuť zo stránky:

<http://www.etsi.org/standards-search>

---

**Referenčné číslo**

DTS/JTC-DVB-284

---

**Kľúčové slová**

broadcasting, digital, DVB, terrestrial, TV

**ETSI**

650 Route des Lucioles  
F-06921 Sophia Antipolis Cedex – France

---

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C  
Neziskové združenie registrované  
na podprefektúre de Grasse (06) N° 7803/88

---

**Dôležité upozornenie**

Jednotlivé kópie tohto dokumentu možno stiahnuť z

<http://pda.etsi.org>

Tento dokument môže byť dostupný vo viacerých elektronických verziách alebo v tlačenej forme. V prípade existujúceho alebo viditeľného rozdielu v obsahu medzi takýmito verziami je referenčnou verziou verzia v prenosnom dokumentovom formáte (Portable Document Format – PDF).

V prípade sporu je referenčným výtlačok vytlačенý na tlačiarni ETSI z verzie PDF uchováanej na určenom sieťovom serveri sekretariátu ETSI.

Používatelia tohto dokumentu by mali brať do úvahy, že dokument môže byť revidovaný alebo sa môže zmeniť jeho postavenie. Informácie o postavení tohto dokumentu a ďalších dokumentov ETSI sú dostupné na

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

Ak nájdete v tomto dokumente chyby, svoje pripomienky zašlite na

[http://portal.etsi.org/chaicor/ETSI\\_support.asp](http://portal.etsi.org/chaicor/ETSI_support.asp)

---

**Oznam o autorských právach**

Nijaká časť sa nesmie reprodukovat' bez písomného povolenia.  
Autorské práva a z toho vyplývajúce obmedzenia sa vzťahujú na reprodukovanie všetkými druhmi médií.

© Európsky inštitút pre telekomunikačné normy 2010.  
© Európska vysielacia únia 2010.  
Všetky práva vyhradené.

**DECT™, PLUGTESTS™, UMTS™, TIPHON™** sú obchodné značky ETSI registrované na prospech jej členov.

**3GPP™** je obchodná značka ETSI registrovaná na prospech jej členov a partnerských organizácií 3GPP.

**LTE™** je obchodná značka ETSI v súčasnosti registrovaná na prospech jej členov a partnerských organizácií 3GPP.

**GSM®** a logo GSM sú registrované obchodné značky vo vlastníctve asociácie GSM.

## Obsah

Práva duševného vlastníctva .....	5
Predhovor .....	5
1 Predmet .....	6
2 Referenčné dokumenty .....	7
2.1 Normatívne referenčné dokumenty .....	7
2.2 Informatívne referenčné dokumenty .....	7
3 Definície, symboly a skratky .....	8
3.1 Definície .....	8
3.2 Symboly .....	10
3.2.1 Symboly vzťahujúce sa na spôsob označovania pomocou pomocného toku .....	10
3.2.2 Symboly vzťahujúce sa na spôsob označovania založený na FEF .....	10
3.2 Skratky .....	12
4 Všeobecný opis .....	13
4.1 Súvislosti .....	13
4.2 Všeobecné princípy .....	13
5 Označenie vysielača pomocou využitia pomocných tokov .....	15
5.1 Všeobecný opis .....	15
5.2 Ako sa vytvárajú pomocné toky .....	16
5.3 Špeciálne úvahy s MISO .....	19
5.4 Signalizácia L1 pomocných tokov TX-SIG .....	20
5.4.1 Konfigurovateľná signalizácia L1-post .....	20
5.4.2 Dynamická signalizácia L1-post .....	20
6 Označenie vysielača pomocou využitia FEF .....	22
6.1 Všeobecný opis .....	22
6.2 Symbol P1 v časti označenia FEF .....	23
6.3 Perióda na iné použitie .....	23
6.4 Prvá a druhá perióda označovania .....	24
6.5 Množina ôsmich nespojitých postupností .....	24
6.5.1 Všeobecne .....	24
6.5.2 Začiatková dokonalá postupnosť .....	25
6.5.3 Hadamardove postupnosti .....	26
6.5.4 Dočasná množina GO postupností .....	26
6.5.5 Výsledná množina GO postupností .....	27
6.6 Pásmovo obmedzené tvary signálov .....	27
6.6.1 Všeobecne .....	27
6.6.2 64K DFT .....	28
6.6.3 Filtračné okienko a jeho aplikácia .....	28
6.7 Modulácia – tvar vysielačného signálu .....	28
Príloha A (informatívna) .....	31
Príklady vytvorenia postupností a tvarov signálov rámca označenia FEF .....	31
A.1 Príklad vytvorenia hodnôt postupností .....	31
A.1.1 Frankova dokonalá postupnosť .....	31
A.1.2 Množina nespojitých postupností .....	31
A.2 Príklad zápisu programu na vytvorenie a filtrovanie postupností .....	33
A.2.1 Program napísaný pomocou Mathematica .....	33
A.2.1.1 Predbežné definície .....	33
A.2.1.2 Použitie definícií na vytvorenie množiny postupností .....	34
A.2.1.3 Obmedzenie pásma s cieľom vytvorenia množiny tvarov signálov .....	34
A.2.2 Program napísaný pomocou MATLAB .....	35
Príloha B (informatívna) .....	37
Použitie označovacích rámcov FEF na meranie .....	37
B.1 Úvod .....	37
B.2 Podstata označenia vysielača založeného na FEF .....	38
B.3 Meranie impulzovej odpovede kanála .....	38
B.3.1 Základné princípy .....	38
B.3.1.1 Bežné merania založené na pilotných signáloch OFDM (t. j. DVB-T2) .....	38
B.3.1.2 Použitie tvaru signálu označenia v prípade samostatného vysielača .....	38
B.3.2 Použitie tvaru signálov označenia v malých oblastiach SFN .....	40
B.3.3 Použitie tvaru signálov označenia vo väčších oblastiach SFN .....	40

História ..... 42

---

## Práva duševného vlastníctva

Práva duševného vlastníctva, ktoré majú alebo môžu mať zásadný význam pre tento dokument, mohli byť oznámené organizácii ETSI. Informácie o týchto zásadných právach duševného vlastníctva, ak existujú, sú pre členov i nečlenov ETSI verejne dostupné a môžu ich nájsť v dokumente ETSI SR 000 314 s názvom Práva duševného vlastníctva (IPR), ktorý možno získať na sekretariáte ETSI. Najnovšie znenie je dostupné na serveri ETSI (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

V súlade so svojou politikou v oblasti práv duševného vlastníctva ETSI nevyhľadáva ani neskúma nijaké práva duševného vlastníctva. Neposkytuje ani záruku týkajúcu sa existencie iných IPR, ktoré nie sú uvedené v dokumente ETSI SR 000 314 (alebo v jeho aktualizovaných vydaniach na serveri ETSI), ktoré majú, môžu mať, alebo môžu nadobudnúť zásadný význam pre predkladaný dokument.

---

## Predhovor

Túto technickú špecifikáciu (TS) vytvorila spojená technická komisia (JTC) Vysielanie Európskej vysielacej únie (EBU), Európskeho výboru pre normalizáciu v elektrotechnike (CENELEC) a Európskeho inštitútu pre telekomunikačné normy

POZNÁMKA. – Spojená technická komisia EBU/ETSI Vysielanie sa zriadila v roku 1990 s cieľom koordinácie návrhov noriem na poli vysielania a v pridružených oblastiach. Od roku 1995 sa JTC Vysielanie zaradením CENELEC, zodpovedného za normalizáciu rozhlasových a televíznych prijímačov, do Memoranda o porozumení stala tripartitným orgánom. EBU je profesionálne združenie vysielateľov, ktorej práca zahŕňa koordináciu aktivít svojich členov v oblasti technickej, právnej, výroby programov a výmeny programov. EBU má aktívnych členov z približne 60 krajín Európskeho vysielacieho priestoru; svoje sídlo má v Ženeve.

European Broadcasting Union  
CH-1218 GRAND SACONNEX (Geneva)  
Switzerland  
Tel: +41 22 717 21 11  
Fax: +41 22 717 24 81

Projekt DVB, vedený priemyslom, je konzorcium vysielateľov, výrobcov, prevádzkovateľov sietí, tvorcov softvéru, regulačných orgánov, vlastníkov obsahu a iných, vytvorený s cieľom navrhovania globálnych noriem, týkajúcich sa poskytovania digitálnej televízie a dátových služieb. DVB napomáha rozvoju riešení podporujúcich trh, ktoré vyhovujú požiadavkám a ekonomickým okolnostiam investorov v priemysle vysielania a spotrebiteľom. Normy DVB zahŕňajú všetky hľadiská digitálnej televízie, od vysielania, cez rozhrania, podmienený prístup a interaktivita digitálneho obrazu, zvuku a dát. Konzorcium sa vytvorilo v roku 1993 s cieľom vykonávania normalizácie, poskytovania interoperability a vytvárania špecifikácií na budúce testovanie.

---

## 1 Predmet

Tento dokument opisuje voliteľné rozšírenie vysielačieho systému druhej generácie digitálneho pozemského televízneho vysielača DVB-T2, ako je špecifikované v [1]. Toto rozšírenie má formu prídavných informácií o označení vysielača a primárne je určené na použitie v jednofrekvenčných sieťach (SFN). Rozšírenie je vytvorené spôsobom, ktorý je plne kompatibilný s pôvodnou špecifikáciou, pričom využíva niektoré z jej explicitných zabezpečení na budúce rozširovanie.

Hlavným cieľom prídania informácií o označení vysielača, ktoré je opísané v tomto dokumente, je pomôcť prevádzkovateľom sietí pri nastavení, údržbe, monitoringu a vyhľadávaní porúch v ich sieťach pomocou zjednodušenia identifikácie jednotlivých príspevkov rôznych vysielačov v rámci jednofrekvenčnej siete. Len čo sú informácie o označení vysielača prítomné, môžu sa využiť aj na iné ciele, napríklad v aplikáciách vyžadujúcich lokalizačné informácie.

Tento dokument špecifikuje podrobnosti prídavných signálov a pre úplné pochopenie je nevyhnutné ho čítať spoločne so špecifikáciami DVB-T2 [1]. Uvádza viaceré varianty a možnosti, aby sa mohlo vyhovieť rôznym zámerom a veľkostiam sietí; prevádzkovatelia sietí si z nich môžu vybrať podľa svojich požiadaviek.

## 2 Referenčné dokumenty

Odkazy sú špecifikované (určené dátumom uverejnenia alebo číslom vydania, alebo verzie) alebo nešpecifikované. Pri špecifikovaných odkazoch platí len citovaná verzia. Pri nešpecifikovaných odkazoch platí najnovšia verzia (vrátane všetkých doplnkov).

Referenčné dokumenty, ktoré nie sú verejne dostupné na očakávanom mieste, možno nájsť na adrese <http://docbox.etsi.org/Reference>.

POZNÁMKA: Aj keď v čase publikovania tohto dokumentu boli platné všetky hyperlinky uvedené v tomto článku, ETSI nezaručuje ich dlhodobú platnosť.

### 2.1 Normatívne referenčné dokumenty

Na použitie tohto dokumentu sú potrebné tieto referenčné dokumenty.

[1] ETSI EN 302 755 Digital Video Broadcasting (DVB). Frame Structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

### 2.2 Informatívne referenčné dokumenty

Na použitie tohto dokumentu nie sú tieto referenčné dokumenty potrebné, ale používateľovi v danej oblasti pomáhajú.

[i.1] FAN P. (2004) Spreading sequence design and theoretical limits for quasisynchronous CDMA systems. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2004:1, 19-31.

POZNÁMKA. – Dostupné na: <http://www.hindawi.com/getarticle.aspx?doi=10.1155/s1687147204405015>.

[i.2] ZENG, X., HU, L., and LIU, Q, (2005) New sequence sets with zero-correlation zone.

POZNÁMKA. – Dostupné na: <http://arxiv.org/abs/cs/0508115>.

[i.3] The MathWorks, Inc.: MATLAB®.

POZNÁMKA. – Dostupné na: <http://www.mathworks.com/>.

[i.4] Wolfram Inc.: Mathematica®.

POZNÁMKA. – Dostupné na: <http://www.wolfram.com>

---

### 3. Definície, symboly a skratky

#### 3.1 Definície

V tomto dokumente sa používajú tieto termíny a definície:

**pomocná bunka** (angl. **auxiliary cell**): bunka v pomocnom toku

**pomocný tok** (angl. **auxiliary stream**): postupnosť buniek, ktoré prenášajú dáta s ešte nedefinovanou moduláciou a kódovaním, ktoré sa môžu použiť na budúce rozšírenia alebo tak, ako požadujú vysielatelia alebo prevádzkovatelia sietí

**bunka B** (angl. **B cell**): pomocná bunka v pomocnom toku označenia vysielateľa, v rámci ktorej je energia vyžarovaná s cieľom, aby sa stredný výkon každého symbolu OFDM udržal na príslušnej hodnote

**cyklická predvoľba** (angl. **cyclic prefix**): predvoľba pripojená k úseku tvaru signálu a obsahujúca kópiu časti úseku tvaru signálu tak, že celok má cyklické vlastnosti

POZNÁMKA. – Ochranný interval v systéme OFDM má zvyčajne formu cyklickej predvoľby. V kontexte tohto dokumentu sa cyklické predvoľby pridávajú do štruktúr periód označovania v úseku označenia FEF.

**nespojité postupnosť** (angl. **discrete sequence**): postupnosť čísel

**časť FEF** (angl. **FEF part**): časť superrámca medzi dvoma rámcami T2, ktorá obsahuje rámce FEF

POZNÁMKA. – Časť FEF vždy začína so symbolom P1. Ostatný obsah časti FEF má prijímač DVB-T2 ignorovať.

**generalizovaná ortogonalita** (angl. **generalised orthogonality**): vlastnosť súboru nespojitých postupností, ktoré sú navzájom ortogonálne a keď sú navzájom cyklicky posunuté, vzniknutý cyklický posun je obmedzený rozsahom známym ako nulová korelačná zóna

**signalizácia L1-post** (angl. **L1-post signalling**): signalizácia prenášaná v symbole P2 rámca T2 (pozri [1]), ktorá poskytuje detailnejšie informácie L1 o systéme T2 a PLP

**dokonalá postupnosť** (angl. **perfect sequence**): nespojitá postupnosť, ktorá má cyklickú autokorelačnú funkciu rovnú nule so všetkými (cyklickými) posunutiami okrem nuly

**časť označenia FEF** (angl. **signature FEF part**): časť FEF, ktorá sa využíva na prenášanie označenia vysielateľa typu definovaného v kapitole 6, ktorá obsahuje symbol P1, voliteľnú periódu na iné použitie a dve periódy označovania

**perióda označovania** (angl. **signature period**): úsek časti označenia FEF, ktorý obsahuje tvar signálu označenia a jeho cyklickú predvoľbu

**tvar signálu označenia** (angl. **signature waveform**): frekvenčne obmedzený tvar signálu zložený z jednej postupnosti GO, podľa kapitoly 6

**bunka T** (angl. **T cell**): pomocná bunka v pomocnom toku označenia vysielateľa, v rámci ktorej energia vyžarovaná príslušným vysielateľom slúži na ciele signalizácie jeho prítomnosti

**označenie vysielateľa** (angl. **transmitter signature**): komponent pridaný do vyžarovaného signálu s cieľom umožnenia identifikácie zdrojového vysielateľa



POZNÁMKA. – S použitím signálov DVB-T2 tento dokument definuje dva typy označenia vysieláča.

**bunka Z (angl. Z cell):** pomocná bunka v pomocnom toku označenia vysieláča, v rámci ktorej nie je príslušným vysieláčom vyžiarená žiadna energia, pretože tú istú bunku používa iný vysieláč ako bunku T

**nulová korelačná zóna (angl. zero correlation zone):** rozsah možných posunutí, v rámci ktorých má postupnosť GO vhodné korelačné vlastnosti, ako je opísané v článku 6.5.1

## 3.2 Symboly

V tomto dokumente sa používajú tieto symboly:

### 3.2.1 Symboly vzťahujúce sa na spôsob označovania pomocou pomocného toku

$b_{BS,j}$	hodnota bitu s indexom $j$ v skramblovačej postupnosti BB DVB-T2
$j$	celočíselný index pozície v skramblovačej postupnosti BB ( $b_{BS,j}$ pozri vyššie)
$K$	celkový počet buniek v pomocnom toku označenia vysieláča
$L$	počet rámcov T2 v rámci TX-SIG, v ktorých sa cyklus pozícií buniek v pomocnom toku opakuje
$M$	počet vysieláčov, ktoré sa môžu signalizovať
$N$	počet buniek v pomocnom toku na vysieláč a na rámec
$P$	celé číslo v rozsahu od 0 do 1023 vrátane, ktorého hodnotu môžu nadobúdať $K$ a $M$
$Q$	celé číslo v rozsahu od 0 do 15 vrátane, ktorého hodnotu môže nadobúdať $N$
$x_{m,l,p}$	komplexná hodnota modulácie bunky s indexom $p$ symbolu OFDM $l$ rámca T2 $m$

### 3.2.2 Symboly vzťahujúce sa na spôsob označovania založený na FEF

$c_{l,k'}$	komplexná hodnota modulácie pri nosnej frekvencii $k'$ v perióde označovania $l$
$c_q$	hodnota prvku Frankovej postupnosti s indexom $q$
$d$	parameter metódy Zengovej sekcie-III.C  čas trvania cyklickej predvoľby označenia, $\Delta = 14546T$
$f_c$	stredná frekvencia vysielaného vysokofrekvenčného signálu
$h$	celočíselný index postupnosti v rozsahu od 0 do 7
$j$	$\sqrt{-1}$
$K_H$	index s hodnotou 27 264
$p_1(t)$	tvar signálu P1 ako je definovaný v článku 9.8.2.4 dokumentu  tvar signálu vysielaného počas periódy na iné použitie, pokiaľ existuje
$r_{ij}[n]$	cyklická krížová korelácia medzi nespojitými postupnosťami $i$ a $j$ pri posunutí o $n$ vzoriek (keď $i = j$ , stáva sa z nej autokorelácia)

$S$	výsledná množina postupností GO $S = \{s_0, s_1, \dots, s_7\}$ , pričom každá postupnosť $s_h$ obsahuje prvky $s_{h,i}$
$T$	elementárna časová perióda s danou šírkou pásma
$T_{FEF}$	čas trvania časti FEF
$T_{OU}$	čas trvania periódy na iné použitie
$T_S$	celkový čas trvania jedného tvaru signálu označenia, pričom $T_S = T_U + \Delta = 80082T$
$T_U$	čas trvania jedného tvaru signálu označenia, $T_U = 65536T$
$V_{h,k}$	hodnota nespojitého spektra postupnosti $s_h$ s koeficientom frekvencie $k$ (kde $k$ je z rozsahu od 0 do 65 535)
$V'_{h,k'}$	zápis nespojitého spektra ( $V_{h,k}$ pozri vyššie), v ktorom $k'$ je z rozsahu od $-32768$ do $+32767$
$W_{k'}$	hodnota okienkovej funkcie s koeficientom frekvencie $k'$ , kde $k'$ je z rozsahu od $-32768$ do $+32767$
$\lfloor x \rfloor$	zaokrúhlenie smerom nadol: najbližšie celé číslo menšie alebo rovné $x$
$X_{h,k'}$	hodnota nespojitého spektra postupnosti $s_h$ v okienku s koeficientom frekvencie $k'$ , kde $k'$ je z rozsahu od $-32768$ do $+32767$
$Z_0$	parameter charakterizujúci dĺžku ZCZ

Symbols  $i, j, k, l, m, n, q$  sa tiež používajú s celočíselnými exponentami a konštantami v rôznych vetách a rovniciach. Čiastkové výsledky v odvodzovaniach postupností nasledujú hneď za matematickou symbolikou, podobne ako je to ukázané vyššie pri definícii  $S$ .

### 3.2 Skratky

V tomto dokumente sa používajú tieto skratky:

ACF	Auto-Correlation Function	autokorelačná funkcia
DFT	Discrete Fourier Transform	nespojité Fourierova transformácia
DVB-T2	Second-generation Terrestrial Digital Video Broadcasting NOTE. – As specified in EN 302 755.	druhá generácia pozemského digitálneho televízneho vysielania POZNÁMKA. – Ako je špecifikované v EN 302 755.
FEF	Future Extension Frame NOTE. – As specified in EN 302 755.	rámec určený na budúce rozšírenie POZNÁMKA. – Ako je špecifikované v EN 302 755.
FFT	Fast Fourier Transform	rýchla Fourierova transformácia
GO	Generalised Orthogonal	generalizovaná ortogonalita
L1	Layer 1	vrstva 1
MISO	Multiple Input, Single Output NOTE. – Meaning multiple transmitting antennas but one receiving antenna.	viacnásobný vstup, jeden výstup POZNÁMKA. – V tomto prípade to znamená viaceré vysielacie antény, ale iba jedna prijímacia anténa.
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplex	multiplex s ortogonálnym frekvenčným delením
PAPR	Peak-to-Average Power Ratio	pomer špičkového a stredného výkonu/ pomer výkonu špička-priemer
PLP	Physical Layer Pipe	dátovod fyzickej vrstvy
SFN	Single Frequency Network	jednofrekvenčná sieť
SISO	Single Input Single Output NOTE. – Meaning one transmitting and one receiving antenna.	jeden vstup, jeden výstup POZNÁMKA. – V tomto prípade to znamená jedna vysielacia a jedna prijímacia anténa.
SP	Scattered Pilot	rozptýlená referenčná nosná frekvencia
XCF	Cross Correlation Function	krížová korelačná funkcia
ZCZ	Zero Correlation Zone	nulová korelačná zóna

## 4 Všeobecný opis

### 4.1 Súvislosti

Norma ETSI EN 302 755 [1] opisuje kódovanie a moduláciu v systéme digitálneho pozemského televízneho vysielania druhej generácie, známeho pod označením DVB-T2. Stanovuje prostriedky, pomocou ktorých sa môže digitálny obsah vyselať divákovi a iným odberateľom. Ponúka veľa možností pre prevádzkovateľov sietí, vrátane schopnosti podporovať jednofrekvenčné siete (SFN).

SFN používajúce OFDM, čo je prípad DVB-T2, majú základnú vlastnosť, že rovnaký tvar signálu je vyslaný všetkými príslušnými vysielateľmi v zásade v rovnakom čase (pozri poznámku nižšie). Keď je tomu tak, prijímaču sa javí, že prijíma jedno vysielanie, aj keď s viaccestným šírením – v tomto prípade príjem viacerých verzií toho istého signálu od viacerých vysielateľov, na rozdiel od bežnejšieho príjmu viacnásobných odrazov signálu z jedného vysielateľa.

POZNÁMKA. – Prevádzkovatelia sietí môžu s cieľom vytvorenia oblastí s najlepším pokrytím zaviesť úmyselný časový posun, počas ktorého vysielateľ v rámci SFN vysielajú rovnaký signál.

Dôsledkom tohoto je, že v takejto SFN nie je jednoduché rozoznať a identifikovať príspevky jednotlivých vysielateľov. Samozrejme, za primárnym cieľom fyzického dodania obsahu prijímaču toto nie je potrebné.

Prevádzkovatelia sietí majú potrebu rozlíšiť alebo merať príspevky jednotlivých vysielateľov z týchto dôvodov:

- prvého uvedenia novej SFN do prevádzky;
- pridania ďalšieho vysielateľa do existujúcej SFN;
- kontroly pokrytia siete, vrátane odhadu príspevkov od každého vysielateľa;
- hľadania poruchy siete, ktorá síce pracuje, ale hlásili sa problémy s príjmom, s cieľom rozlíšiť príčinu, ktorou môže byť napríklad:
  - vysielateľ nie je správne synchronizovaný v čase alebo vo frekvencii s ostatnými vysielateľmi v SFN;
  - abnormálne šírenie spôsobené vzdialeným vysielateľom prijímané s dostatočnou intenzitou, aby vzniklo samorušenie v sieti;
  - monitorovania siete v prevádzke s cieľom vyhľadania a následne vyriešenia problémov (ako sú vyššie vymenované) predtým, ako sa stanú dosť kritickými na to, aby spôsobili ťažkosti s príjmom.

Požiadavky meraní sa môžu líšiť v závislosti od aplikácií prevádzkovateľov sietí, preto tento dokument predkladá dve rôzne metódy. Je na prevádzkovateľovi siete, či si nezvolí žiadnu z nich, alebo samotnú jednu metódu, prípadne podľa potreby obidve metódy súčasne, pričom môže túto voľbu čas od času meniť, aby vyhovelo požiadavkám. Napríklad určité skúšky môžu byť relevantné len v krátkej časovej perióde po uvedení vysielateľa do prevádzky.

### 4.2 Všeobecné princípy

Je zrejmé, že vloženie jedinečného označenia vysielateľa vedie najmenej k čiastočnému rozporu so všeobecnými princípmi SFN týkajúcimi sa vyžarovania identických signálov z každého vysielateľa – niektoré časti signálu sa musia líšiť. Hlavnou zásadou ostáva, že pridanie označenia vysielateľa

nesmie rušiť normálnu prevádzku používateľských prijímačov. Možné sú dve hlavné technológie – obidve sú v tomto dokumente definované ako alternatívy:

1) Stanovené časti tvaru signálu DVB-T2 obsahujú symboly OFDM, ktorými je každá nosná OFDM modulovaná rôznym komplexným číslom. V DVB-T2 je táto entita (jedna nosná frekvencia s jedným symbolom) uvádzaná ako bunka a táto zvyklosť zápisu je tiež použitá v tomto dokumente. Tak v rámci DVB-T2 môže byť moduláciou aplikovaná na bunky konštelačný bod (dátová bunka), definovaná pilotná informácia (rôzne typy pilotných buniek) alebo hodnota jednoducho vložená s cieľom prispôsobenia vlastností celkového signálu (bunka s vyhradeným tónom). V poslednom prípade nie je určené, že prijímač bude prihliadať na obsah takejto bunky. Je iba vložená do vysielača s cieľom ovládania vlastností výsledného tvaru signálu označenia, a tak nie je dôvod predpokladať, že bude obsahovať rovnakú komplexnú hodnotu od rôznych vysielačov v rámci SFN.

Tento princíp sa môže rozšíriť aj na označenie vysielačov: určité bunky sú vytvorené na tento cieľ takým spôsobom, že používateľské prijímače rešpektujúce existujúce ustanovenia EN 302 755 [1] ich budú ignorovať.

Táto metóda je definovaná v kapitole 5. Je založená na využití buniek v pomocných tokoch, ktoré sú definované v článku 8.3.7 EN 302 755 [1], ktorá obsahuje priame ustanovenie: Hodnoty buniek v pomocných tokoch nemusia byť rovnaké do všetkých vysielačov v jednofrekvenčnej sieti.

Táto metóda je vhodná na jednoduché a relatívne rýchle určenie, ktoré vysielače poskytujú významné príspevky k prijímanému výkonu v danom mieste, ako aj ich približné relatívne výkonové príspevky.

2) Špecifikácie DVB-T2 [1] obsahujú vo svojom článku 8.4 koncepciu rámcov určených na budúce rozšírenie, pri ktorých sú časti kompletného tvaru signálu označenia. Časti FEF sú ponechané nedefinované na budúce rozšírenie. Napriek tomu EN 302 755 [1] definuje prostriedky signalizácie tak, že prítomnosť, umiestnenie a trvanie FEF bude existujúcim prijímačom, od ktorých sa vyžaduje ich ignorovanie, známe.

Kapitola 6 opisuje metódu, ktorá využíva FEF na pridanie označení vysielačov.

Metóda umožňuje meranie časovania jednotlivých vysielačov a efektívne impulzové odpovede kanála od každého vysielača po prijímač, vrátane relatívneho výkonu jednotlivých príspevkov. Vhodná je tiež na meranie frekvencie jednotlivých vysielačov.

EN 302 755 [1] ustanovuje, že v superrámci DVB-T2 nemusí byť žiadna časť FEF, alebo môže byť jedna alebo dve časti FEF, pokiaľ sú časti FEF v superrámci prítomné, všetky musia mať rovnakú dĺžku. Preto každý daný superrámec v DVB-T2 nemusí obsahovať nijaké FEF, alebo môže obsahovať FEF využívané podľa metódy uvedenej v kapitole 6 na funkciu označenia vysielača alebo FEF používané na nejaký iný – zatiaľ neurčený cieľ; všetky tieto časti FEF majú rovnakú dĺžku.

Obidve metódy majú spoločnú koncepciu zavedenia označenia takým spôsobom, že prijímače rešpektujúce existujúce špecifikácie DVB-T2 [1] nebudú rušené prítomnosťou označenia. Metóda pomocného toku aj metóda FEF sú navzájom komplementárne a podľa želania sa môžu použiť v kombinácii.

## 5 Označenie vysieláča pomocou využitia pomocných tokov

### 5.1 Všeobecný opis

Táto metóda označenia používa na prenos informácie o identifikácii vysieláča v signále DVB-T2 jeden pomocný tok. Pred aktuálnym pomocným tokom alebo za aktuálnym pomocným tokom, ktorý sa využíva ako označenie vysieláča, môžu byť tiež iné pomocné toky, určené na iné ciele. V súlade so špecifikáciami DVB-T2 sa môžu tiež nachádzať pred alebo za pomocným tokom označenia vysieláča v rámci T2 prázdne bunky.

Signalizácia DVB-T2 L1 indikuje, ktorý pomocný tok sa využíva na označenie vysieláča, ako aj jeho presnú polohu. L1 tiež signalizuje ostatné informácie vzťahujúce sa na označenie vysieláča, ako je opísané ďalej v časti signalizácia L1.

Nech  $M = 3(P+1)$ ,  $P = 0, \dots, 1, 2, 3, \dots, 1023$  je počet vysieláčov, ktoré sa majú signalizovať. V každom rámci T2 existuje do každého vysieláča jedna jedinečná štruktúra pomocných buniek a tieto štruktúry (ktorých je  $M$ ) sú naprieč všetkými vysieláčmi ortogonálne, t. j. vôbec sa nerušia, pretože keď je jednotlivá bunka používaná v jednom vysieláči, všetky ostatné vysieláče sú v tejto bunke nečinné.

POZNÁMKA. – Môže nadobúdať hodnoty 3, 6, 9, ..., 3 072. Keď skutočný počet vysieláčov bude medzi týmito hodnotami, hodnota  $M$  bude musieť byť vyššia ako je skutočný počet vysieláčov. Potom niektoré povolené štruktúry pomocných buniek nebudú využívané žiadnym vysieláčom.

Pokiaľ to počet pomocných tokov dovolí, na signalizáciu určitého vysieláča sa môže použiť viac ako jedna pomocná bunka na jeden rámec T2. Skutočný počet buniek na jeden vysieláč a rámec je vyjadrený ako  $N$ .  $N$  môže nadobudnúť jednu zo šestnástich hodnôt  $2^Q$ ,  $Q \in \{0, 1, 2, \dots, 15\}$ .

V každom rámci T2 je k dispozícii  $M N$  pomocných buniek na signalizáciu jedinečných vysielacích štruktúr všetkých  $M$  vysieláčov. Každý jednotlivý vysieláč môže signalizovať svoju identitu pomocou  $N$  jedinečných buniek, ktoré sa nazývajú bunky  $T$  a majú nenulový výkon, zatiaľ čo všetky ostatné vysieláče zaberajú  $(M-1)N$  buniek, ktoré sa nazývajú *bunky Z* a majú nulový výkon. Kvôli zabezpečeniu, aby celkový výkon symbolu OFDM zostal konštantný, účinok buniek  $Z$ , ktoré majú nulový výkon, je kompenzovaný pomocou vhodného nastavenia (vo väčšine prípadov zvýšenia) výkonu ďalších buniek, ktoré sa nazývajú *bunky B*. Pred frekvenčným prekladaním takouto bunkou  $B$  v aktuálnom pomocnom toku musí byť prvá bunka, posledná bunka a každá štvrtá bunka medzi nimi. Celkový počet buniek v pomocnom toku  $K$  musí preto vyhovovať vzťahu  $K = 1 + 4(P+1)N$ .

S cieľom zväčšenia frekvenčnej diverzity sa celá vyššie definovaná štruktúra  $M N$  pomocných buniek (pred vložením buniek  $B$ ) cyklicky posúva o  $N$  buniek z jedného rámca T2 do nasledujúceho rámca tak, aby sa prvá pomocná bunka rámca TX-SIG 1 (ktorá je bunkou  $T$  alebo bunkou  $Z$ ) objavila ako pomocná bunka  $N + 1$  v rámci TX-SIG 2, ďalej ako pomocná bunka  $N + 1$  v rámci TX-SIG 3 atď. Po  $L$  rámcoch T2 sa pôvodná postupnosť reštartuje. Zmysel tohto cyklického posunu spočíva v tom, že bunky pomocného toku  $M$  susedných rôznych rámcov T2 sa frekvenčne prekládajú úplne odlišným spôsobom.

$L$  rámcov T2, ktoré vytvárajú kompletný cyklus, sa nazýva rámec TX-SIG. Rámec TX-SIG sa nemusí synchronizovať so superrámcom T2, ale nemusí od neho závisieť. To znamená, že rámec TX-SIG môže začínať hociktorým rámcem T2 vnútri superrámca T2 a dĺžka  $L$  (počet rámcov T2) sa môže líšiť od počtu rámcov T2 v superrámci T2. To umožňuje, že voľby dĺžky superrámca a dĺžky rámca TX-SIG sa môžu optimalizovať nezávisle. Signalizácia L1 obsahuje aj dynamický index rámca TX-SIG. Hodnoty  $M$ ,  $N$  a  $L$ , ako aj index rámca TX-SIG sú signalizované pomocou

signalizácie L1 (pozri článok 5.4). Článok 5.2 špecifikuje vytváranie pomocného toku označenia vysielača, zatiaľ čo článok 5.3 opisuje ďalšie kroky, ktoré sú potrebné, ak sa používa MISO.

## 5.2 Ako sa vytvárajú pomocné toky

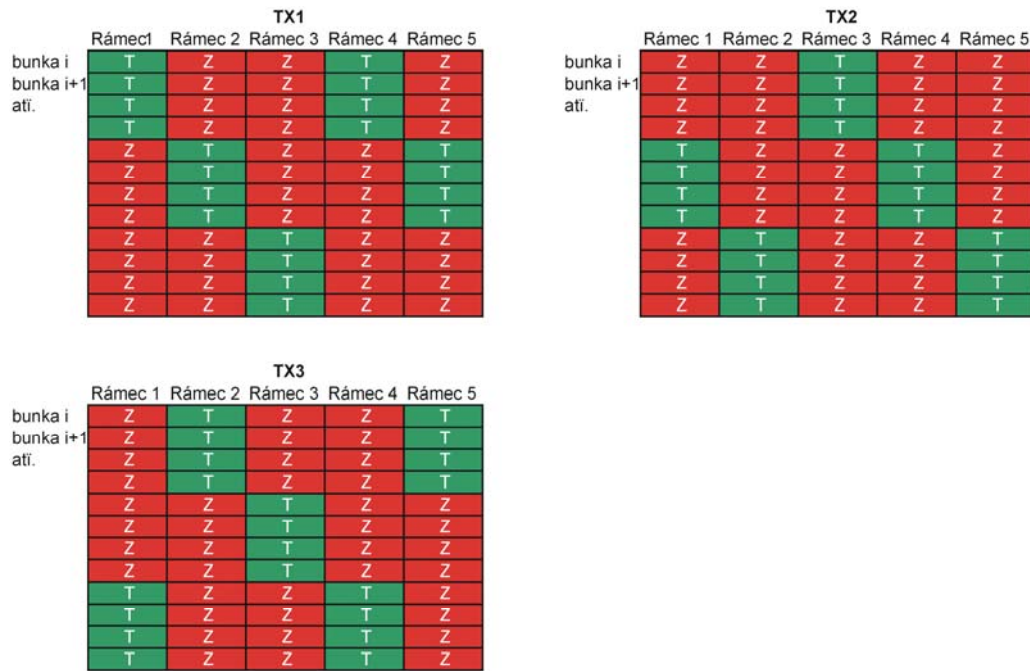
Najprv definujeme poradie  $M N$  buniek pred vložením buniek B.

$M$  vysielačov, ktoré sa majú signalizovať, sú označené ako  $tx\_id\_1, tx\_id\_2, \dots, tx\_id\_M$ . V prvom rámci T2 rámca TX-SIG prichádza najprv  $N$  buniek signalizujúcich  $tx\_id\_1$ , nasleduje  $N$  buniek  $tx\_id\_2$  atď. až  $tx\_id\_M$ . V každom novom rámci T2 je  $M N$  buniek cyklicky posunutých o  $N$  buniek, ako je už vysvetlené. Po  $L$  rámcoch T2 sa táto kompletná postupnosť rešartuje znovu od začiatku, pričom sa označí nový rámec TX-SIG.

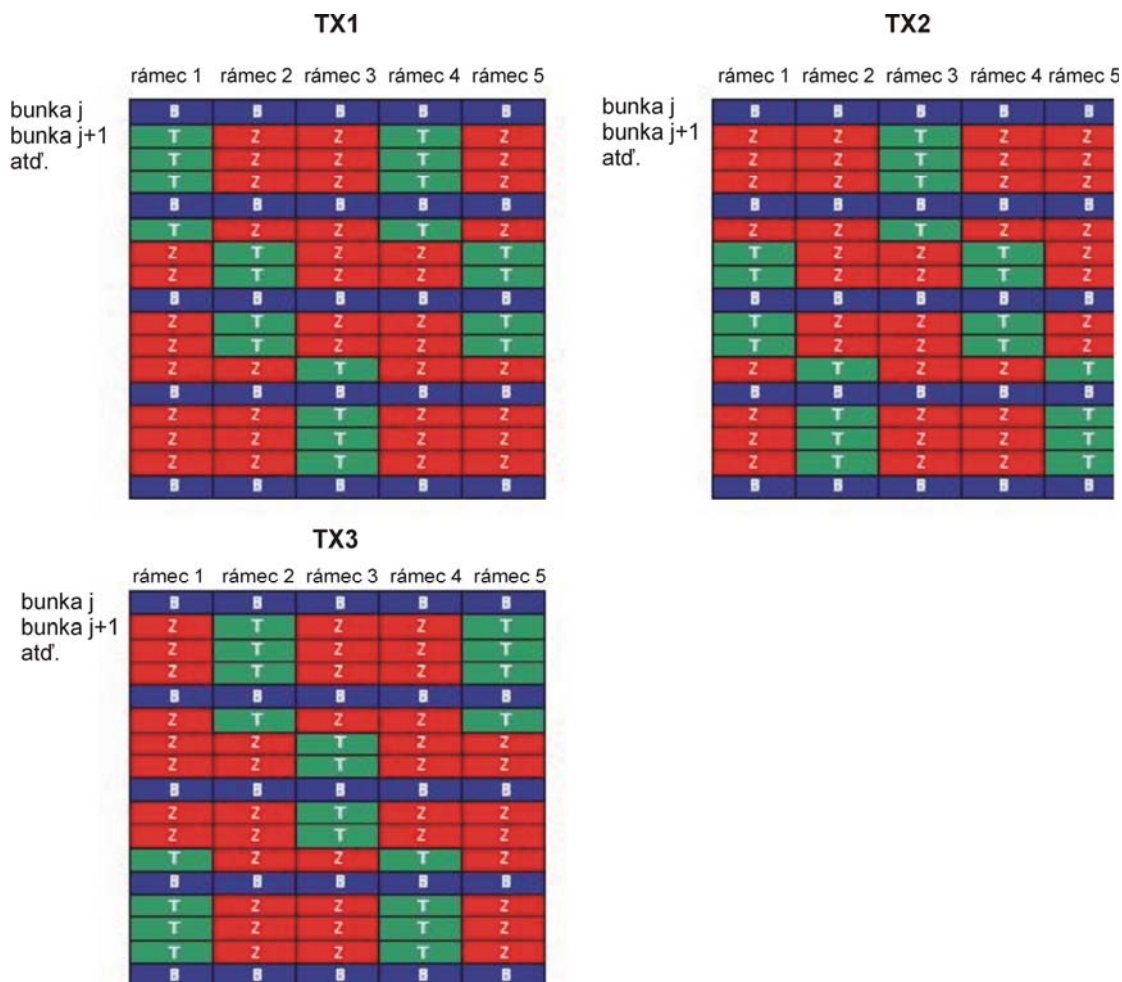
POZNÁMKA 1. – Postupnosť sa pochopiteľne opakuje po  $M$  rámcoch, preto je prirodzené zvoliť  $L$  ako celočíselný násobok  $M$ , toto nie je povinné.

PRÍKLAD: Dané sú konštanty  $M = 3, N = 4$  a  $L = 5$ , v rámci TX-SIG je päť rámcov T2, v každom rámci T2 sú signalizované tri vysielače, každý pomocou štyroch buniek T. Potom rámec TX-SIG bude mať takú štruktúru pomocných buniek (B znamenajú zosilnené bunky, T nenulové bunky a Z tiché – nulové bunky), ako je znázornená na obrázkoch 1 a 2.





Obrázok 1 – Štruktúra pomocných buniek pred vložením buniek B



**Obrázok 2 – Štruktúra pomocných buniek po vložení buniek B**

Po vložení buniek B je postupnosť pomocných buniek v zmysle signalizácie L1 mapovaná do bunkových pozícií, ktoré sa môžu z jedného rámeča T2 na druhý meniť. Výkon buniek T je zosilnený pomerom 4/3. Výkon buniek B je nastavený takým spôsobom, že predpokladaný celkový výkon každého symbolu OFDM, ktorý obsahuje pomocné bunky TX-SIG, je rovnaký ako výkon ostatných symbolov v rámci T2. To vyžaduje zosilnenie najvyššie o 6 dB, pretože v najhoršom prípade len štvrtina pomocných buniek má nenulový výkon. Detailnejšie je táto problematika definovaná nižšie.

POZNÁMKA 2. – Toto maximálne zosilnenie buniek B je menšie ako maximálne povolené zosilnenie pilotného signálu (7,4 dB) v DVB-T2.

POZNÁMKA 3. – Pri inom extrémnom prípade, ak sa stane, že pomocný tok TX-SIG bude rozdelený medzi symboly OFDM tak, že jeden symbol bude obsahovať len krátku postupnosť buniek BTTT, potom výkon samotnej bunky B bude nastavený na nulu, aby sa udržal priemerný výkon jednotný. Vo všeobecnosti potrebný výkon buniek B leží vnútri rozsahu od 0 jednotiek do 4 jednotiek.

Konečne, frekvenčné prekladanie sa v súlade so špecifikáciami DVB-T2 uskutočňuje zo symbolu na symbol. Toto prekladanie zaisťuje, že pozície všetkých (nepilotných) buniek symbolu, vrátane pomocných buniek, sú pseudonáhodne rozložené v celom symbole. Vďaka cyklickému posunutiu štruktúry pomocných buniek o  $N$  buniek z jedného rámeča T2 na ďalší, toto pseudonáhodné rozloženie je medzi  $M$  susednými rámečmi T2 toho istého rámeča TX-SIG rôzne, čo maximalizuje frekvenčnú diverzitu.

Amplitúdy a fázy buniek pomocného toku úplného rámca TX-SIG sú špecifikované týmto spôsobom:

- hodnoty buniek sú generované pomocou použitia prvých  $KL$  hodnôt skramblovanej postupnosti BB, ktorá je definovaná v článku 5.2.4. Na začiatku každého nového rámca T2-SIG je táto postupnosť resetovaná;

- výsledné bity  $b_{BS,j}$ ,  $0 \leq j \leq KL-1$  sú potom mapované do hodnôt buniek  $x_{m,l,p}$  podľa tohto pravidla, kde bity  $b_{BS,j}$  sú mapované do buniek  $x_{m,l,p}$  v poradí podľa zväčšujúcich sa adries buniek, začínajúc prvým rámcem T2 rámca TX-SIG, od prvej adresy nasledujúcej po predchádzajúcom pomocnom toku (neobsahujúcom označenie vysielača), pokiaľ existuje, alebo v opačnom prípade poslednej PLP:

- pozície buniek pomocného toku, ktoré obsahujú bunky T alebo B, hodnoty buniek  $x_{m,l,p}$  musia vyhovovať vzťahom:

$$\operatorname{Re}\{x_{m,l,p}\} = 2A \left( \frac{1}{2} - b_{BS,j} \right)$$

$$\operatorname{Im}\{x_{m,l,p}\} = 0,$$

- kde hodnota  $A$  bunky T je  $\sqrt{\frac{4}{3}}$ , pričom hodnota  $A$  bunky B je definovaná nižšie;

- vo všetkých ostatných pozíciách buniek pomocného toku, t. j. v pozíciách buniek Z, sa hodnota  $x_{m,l,p}$  musí rovnať nule.

- hodnoty buniek pomocného toku  $x_{m,l,p}$  (vrátane buniek T, B a Z) musia mať v každom symbole OFDM rovnaký predpokladaný stredný výkon ako dátové bunky dátových PLP, t. j.  $E(x_{m,l,p} x_{m,l,p}^*) = 1$ ; hodnota  $A$  bunky B sa musí nastaviť tak, aby sa táto podmienka splnila.

### 5.3 Špeciálne úvahy s MISO

Článok 5.2 úplne opisuje potrebné úkony so všetkými módmi SISO. Keď sa používa MISO, aplikujú sa špeciálne úvahy, ako je poznamenané v tomto citáte z článku 8.3.7 normy EN 302 755 : Hodnoty buniek v pomocných tokoch sa nemusia rovnať pri všetkých vysielačoch v jednofrekvenčnej sieti. Ak sa používa MISO, ako je opísané v článku 9.1, pozornosť sa musí upriamiť na zabezpečenie, aby pomocné toky nemali negatívny vplyv na správne dekódovanie dátových PLP.

Na to, aby sa mohli použiť pomocné toky označenia vysielača spoločne s MISO, sú potrebné dodatočné kroky:

- rámec T2 sa musí usporiadať tak, že všetky bunky, ktoré obsahujú pomocný tok označenia vysielača bude súčasťou jedného alebo viacerých symbolov OFDM, ktoré neobsahujú nijaké bunky nesúce dáta PLP. Ako je opísané v článku 8.3.8 normy EN 302 755 , na miesta buniek, ktoré sa nepoužívajú na signalizáciu L1, na vyváženie posunu, PLP, alebo pomocné toky, sa musia vložiť prázdne bunky;

- výsledný symbol alebo symboly OFDM, ktoré obsahujú bunky pomocného toku označenia vysielača, nemusia mať aplikované spracovanie MISO špecifikované v článku 9.1. a na obrázku 46 normy EN 302 755 . Konkrétne pri tých symboloch  $l$ , ktoré obsahujú bunky pomocného toku označenia vysielača, potom pri použitej symbolike z článku 9.1 normy EN 302 755  $e_{m,l,p} = a_{m,l,p}$  , do všetkých buniek obsahujúcich používateľské dáta. Napriek

tomu sa pilotné bunky musia vysielat', ako je to špecifikované v článku 9.2.8 normy EN 302 755 .

## 5.4 Signalizácia L1 pomocných tokov TX-SIG

### 5.4.1 Konfigurovateľná signalizácia L1-post

Podľa článku 7.2.3.1 normy EN 302 755 sa musí používanie pomocného toku označenia vysieláča signalizovať pomocou vloženia zápisu v slučke pomocného toku konfigurovateľnej signalizácie L1-post DVB-T2, v ktorom AUX\_STREAM\_TYPE je nastavený na '0000'. Zodpovedajúce dvadsaťosembitové pole AUX\_PRIVATE\_CONF sa musí použiť týmto spôsobom:

- P 10 bitov;
- Q 4 bity;
- R 8 bitov
- STATIC\_AUX\_STREAM\_FLAG 1 bit;
- RESERVED 5 bitov.

**P:** toto desaťbitové pole nepriamo pomocou vzorca  $M = 3(P+1)$  udáva celkový počet označení vysieláčov  $M$ , ktoré sa môžu signalizovať s aktuálnou konfiguráciou.  $M$  môže nadobúdať jednu z týchto hodnôt: 3, 6, 9, ..., 3 066, 3 069, 3 072.

**Q:** toto štvorbítové pole signalizuje počet buniek  $N$  v pomocnom toku rámca T2, ktoré pripadajú na jeden vysieláč. Vzťah medzi Q a  $N$  je  $N = 2^Q$  a určuje ho tabuľka 1.

Tabuľka 1

<b>Q</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>N</b>	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1 024	2 048	4 096	8 192	16 384	32 768

**R:** toto osembitové pole nepriamo pomocou vzorca  $L = R+1$  udáva počet rámcov T2  $L$  na rámec TX-SIG.  $L$  môže nadobúdať hodnoty z rozsahu 1 až 256.

**STATIC\_AUX\_STREAM\_FLAG:** toto jednobítové pole indikuje, či hodnota poľa dynamickej signalizácie L1-post AUX\_STREAM\_START je statická alebo nie. Hodnota '1' znamená, že toto pole je statické a hodnota '0' signalizuje, že nie je statické, t. j. je dynamické.

**RESERVED:** toto šesťbítové pole je vyhradené na budúce využitie.

### 5.4.2 Dynamická signalizácia L1-post

Keď sa AUX\_STREAM\_TYPE konfigurovateľnej signalizácie L1-post DVB-T2 rovná '0000', štyridsaťosembitové pole AUX\_PRIVATE\_DYN dynamickej signalizácie L1-post DVB-T2 sa musí použiť týmto spôsobom:

- TX\_SIG\_FRAME\_INDEX 8 bitov;
- AUX\_STREAM\_START 22 bitov;
- RESERVED 18 bitov.

**TX\_SIG\_FRAME\_INDEX:** toto osemibitové pole je indexom aktuálneho rámca T2 v rámci TX-SIG. Index prvého rámca T2 v rámci TX-SIG musí byť '0'.

**AUX\_STREAM\_START:** Toto dvadsaťdvabitové pole udáva začiatočnú pozíciu pomocného toku priradeného k aktuálnemu rámcu T2. Adresovanie musí byť rovnaké ako sa používa s PLP v DVB-T2.

POZNÁMKA. – Dĺžku pomocného toku je možné vypočítať z konfigurovateľných parametrov L1-post P a Q.

**RESERVED:** toto osemnásťbitové pole je vyhradené na budúce použitie.

## 6 Označenie vysieláča pomocou využitia FEF

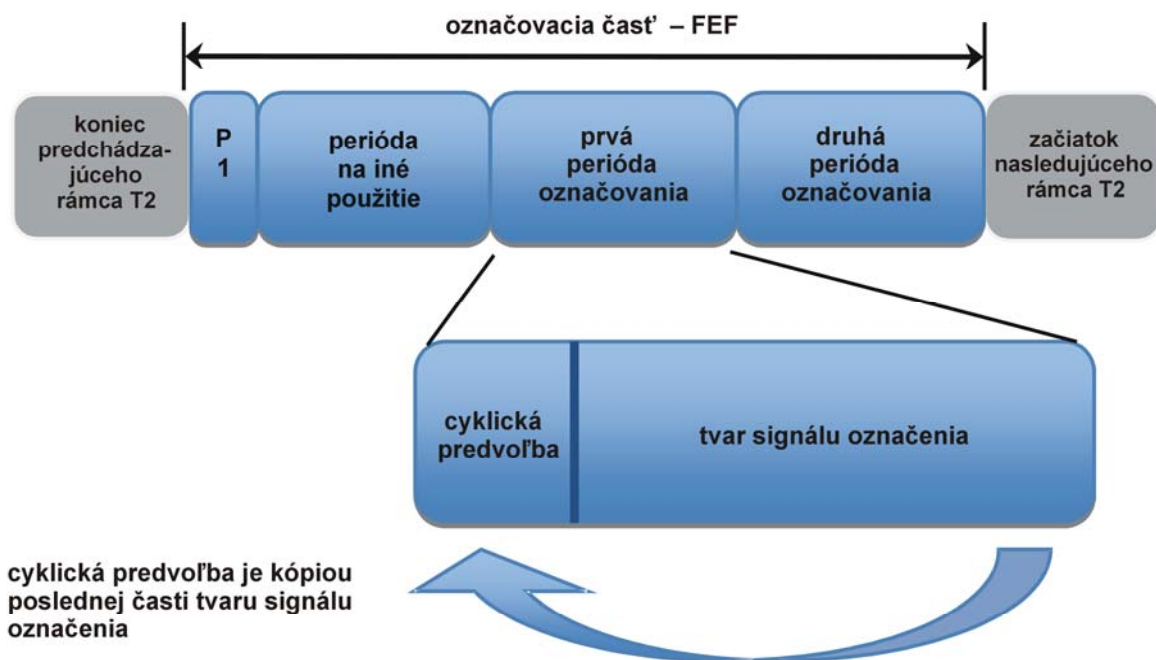
### 6.1 Všeobecný opis

Podľa tejto metódy označovania je označenie vysieláča posielané v časti FEF. Typicky sa tieto časti FEF môžu posielat' raz za superrámec DVB-T2, dostatočne zriedkavo, aby straty kapacity sa redukovali na minimum, ale môžu sa posielat' aj častejšie, ak tak rozhodne prevádzkovateľ siete. Všetky vysieláče v sieti súčasne posielajú svoje vlastné príslušné označenie v rovnakých FEF, takže vhodný monitorovací prijímač môže skontrolovať kompletne parametre siete najmenej jedenkrát za superrámec.

Označovacia časť FEF obsahuje štyri sekcie:

- **symbol P1**, ktorý je definovaný a určený v článku 8.4 ako nevyhnutný komponent každej časti FEF;
- **perióda na iné použitie**;
- prvá **perióda označovania**, ktorá obsahuje **tvár signálu označenia** spoločne s jej cyklickou predvoľbou;
- druhá **perióda označovania**, ktorá obsahuje tvár signálu označenia spoločne s jeho cyklickou predvoľbou.

Táto štruktúra je zobrazená na obrázku 3.



Obrázok 3 – Štruktúra časti označenia FEF (bez mierky)

Tvary signálov označenia v tretej a štvrtej sekcii sú zvolené z definovanej množiny ôsmich vln. Z toho vyplýva, že celkove môže byť 64 rôznych kombinácií týchto tvarov signálov, takže v sieti sa môže jednoznačne rozlišovať až 64 vysieláčov.

Množina ôsmich tvarov signálov sa navrhla tak, aby jednotlivé tvary signálov mali špeciálne korelačné vlastnosti a prispôsobený čas trvania cyklickej predvoľby. Vhodný merací prijímač môže zistiť:

- efektívnu impulzovú odpoveď kanála každého vysielača, ktorý vytvára nevyhnutné minimum intenzity signálu;
- relatívne časovanie príjmu signálov od rôznych vysielačov a ak je k dispozícii vhodný sieťový referenčný čas, tak aj absolútne časovanie príjmu týchto signálov vzhľadom na tento referenčný čas, to všetko s rozlíšením rádovo 1  $\mu$ s pri systéme 8 MHz;
- relatívnu frekvenciu prijímaných signálov od rôznych vysielačov a ak je k dispozícii vhodná referenčná frekvencia, tak aj absolútnu frekvenciu týchto prijímaných signálov.

Pomocou využitia korelačných metód medzi prvou periódou tvaru signálu označenia, ktorá je prijatá, a ôsmich rôznych tvarov signálov, ktoré sa mohli vyslať, môže prijímač zistiť zložené impulzové odpovede každej skupiny vysielačov, ktoré majú rovnaký prvý tvar signálu označenia. Toto sa potom opakuje v druhej perióde prijatého tvaru signálu označenia. Zložky impulzovej odpovede, ktoré patria do trasy od príslušného vysielača k monitorovaciemu prijímaču, sa objavia rovnako vo výsledku korelácie v prvej perióde tvaru signálu, ako aj vo výsledku korelácie v druhej perióde tvaru signálu. Výsledky, pri ktorých toto nastane, zodpovedajú príslušnej kombinácii tvarov signálov, ktorú prevádzkovateľ prideluje konkrétnemu vysielaču. Frekvenčnú odchýlku je možné merať pomocou porovnávania argumentov komplexných hodnôt špičiek korelácie prvej a druhej periódy tvaru signálu označenia získaných na príslušnú trasu.

Periódou na iné použitie (druhá sekcia) umožňuje prevádzkovateľovi siete nastaviť celkovú dĺžku časti označenia FEF. Ak to nie je požadované, jej dĺžka sa môže nastaviť na nulu.

## 6.2 Symbol P1 v časti označenia FEF

Časť označenia FEF musí začínať symbolom P1, ako je definované v článku 9.8. Čas trvania symbolu P1 je  $2048T$ , kde  $T$  je elementárna časová perióda s používanou šírkou frekvenčného pásma.

Obsah signalizačných dát P1 (pole S1 a S2) tohto symbolu P1 v časti označenia FEF musí byť taký, ako sa špecifikuje v článku 7.2.1 a najmä v tabuľke 19 (b).

POZNÁMKA. – V čase písania tohto dokumentu sa vyžadovalo, aby sa použitie nedefinovanej časti FEF signalizovalo pomocou S1=010, S2=000X.

## 6.3 Perióda na iné použitie

Periódou na iné použitie musí nasledovať bezprostredne po symbole P1 v časti označenia FEF. Funkciou tejto periódy je umožniť prevádzkovateľovi siete nastaviť celkovú dĺžku časti označenia FEF, aby vyhovela iným obmedzeniam, alebo umožniť prenos ešte nedefinovaného tvaru signálu na budúce použitie.

PRÍKLAD 1: Prevádzkovateľ siete chce použiť časť FEF okrem zabezpečenia označenia vysielača aj na nejaké iné budúce využitie. Všetky časti FEF v superrámci musia mať rovnakú dĺžku, preto aj dĺžka časti označenia FEF sa musí rovnať dĺžkam týchto iných častí FEF. Vytvorenie nastaviteľnej dĺžky časti označenia FEF umožňuje väčšiu voľnosť pri budúcim kreovaní iných častí FEF.

Zmena vlastnosti periódy na iné použitie môže byť nulová; táto podmienka sa očakáva len vtedy, keď je potrebné označenie vysielača bez akýchkoľvek iných budúcich využití, keďže to

minimalizuje stratu kapacity. Keď je dĺžka periódy na iné použitie väčšia ako nula, obsah tejto periódy zostáva z hľadiska tohto dokumentu nešpecifikovaný.

**PRÍKLAD 2:** Prevádzkovateľ siete používa časti FEF na iné využitie a (podobne ako v predošlom príklade 1) kvôli uľahčeniu zvolil rozšírenie označovacích FEF. Radšej ako mať výslednú periódu na iné použitie len ako výplň, prevádzkovateľ sa rozhodol počas tejto periódy poslať hodnotu nula, aby sa obslúžila ako interval na meranie šumu.

**PRÍKLAD 3:** Prevádzkovateľ siete chce poslať označenie založené na FEF, ale tiež požaduje aj malú časť kapacity na nejaké aktuálne nešpecifikované využitie. Vyžadovaná prídavná kapacita je príliš malá na zaručené odoslanie vyhradených častí FEF, ktorých dĺžka musí byť najmenej taká, ako je minimálna dĺžka časti označenia FEF. Prevádzkovateľ trochu rozšíri časť označenia FEF a periódu na iné použitie aplikuje na ciele poskytnutia kapacity na nové využitie.

Zmena vlastnosti periódy na iné použitie  $T_{OU}$  nie je signalizovaná priamo, ale môže sa odvodiť z celkovej dĺžky časti FEF  $T_{FEF}$ , ktorá je signalizovaná ako FEF\_LENGTH podľa častí 7.2.3.1, 8.2 a 8.4 4 [1] a celková dĺžka iných sekcií časti označenia FEF je nemenná (pozri ďalšie články).

## 6.4 Prvá a druhá perióda označovania

Za periódou označovania na iné použitie časti označenia FEF musí bezprostredne nasledovať prvá a druhá perióda označovania, ktoré majú rovnakú formu. Každá z nich obsahuje tvar signálu označenia, ktorý predchádza cyklická predvoľba.

Každý tvar signálu označenia musí mať dĺžku  $2^{16} T = 65\,536 T$ .

Tvaru signálu označenia musí predchádzať cyklická predvoľba, ktorá musí obsahovať kópiu poslednej časti tvaru signálu označenia. Táto posledná časť, a jej kópia použitá ako cyklická predvoľba, musí mať dĺžku  $14\,546 T$ .

Dĺžka každej prvej a druhej periódy označovania je tak  $(14\,546 + 65\,536)T = 80\,082 T$  a výsledná celková dĺžka časti označenia FEF bez periódy na iné použitie (ak je prítomná) je  $(2\,048 + 2 \times 80\,082)T = 162\,212 T$ . Z toho vyplýva, že celková dĺžka časti označenia FEF je  $T_{FEF} = 162\,212 T + T_{OU}$ .

Každý tvar signálu označenia sa musí vybrať z množiny ôsmich možných tvarov signálov, ktoré zas predstavujú pásmovo obmedzené formy množiny ôsmich možných postupností. Tieto postupnosti, obmedzenie ich pásma a prípadné vysielanie sú definované v článkoch 6.5 až 6.7.

## 6.5 Množina ôsmich nespojitých postupností

### 6.5.1 Všeobecne

Tvary signálov označenia sa musia odvodiť z množiny ôsmich nespojitých postupností, ktoré sú vybrané tak, aby sa dosiahli vlastnosti generalizovanej ortogonalít (GO).

Generalizovaná ortogonalita znamená, že každá postupnosť je ortogonálna vzhľadom na iné postupnosti v množine – nie len priamo, ale aj keď sú postupnosti cyklicky navzájom posunuté za predpokladu, že cyklický posun nepresahuje počet pozícií nazývaný nulová korelačná zóna (ZCZ) množiny postupností.

Z hľadiska cyklickej autokorelačnej a cyklickej krížovej korelačnej funkcie postupností môže sa táto vlastnosť vyjadriť veľkosťou ZCZ, ktorá je kvantifikovaná pomocou parametra  $Z_0$ :



$$\begin{aligned} \text{cyclic ACF, } r_{ii}[0] &= A \\ r_{ii}[n] &= 0, \quad 1 \leq |n| \leq Z_0 \\ \text{cyclic XCF, } r_{ij}[n] &= 0, \quad -Z_0 \leq n \leq Z_0, \forall i \neq j \end{aligned}$$

kde v použitých postupnostiach  $Z_0 = 7273$  a  $A$  je kladná konštanta, ktorá závisí od aplikovaného normovania.

POZNÁMKA 1. – Keďže nulová korelačná zóna je dvojstranná, dĺžka cyklickej predvoľby je preto zvolená ako  $2Z_0$ .

Množina sa musí vytvoriť podľa krokov, ktoré vychádzajú zo Zengových metód, takto:

- vybrať jednoduchú dokonalú postupnosť dĺžky 1 024, vytvorenú ako tridsaťdvafázovú Frankovu postupnosť;
- zobrať túto postupnosť spoločne s množinou ôsmich Hadamardových postupností dĺžky 8 a použiť metódu zo Sekcie III.C s parametrom  $d=1$  s cieľom vytvorenia dočasnej množiny ôsmich GO postupností s dĺžkou 8 192;
- zobrať túto množinu GO postupností a množinu ôsmich Hadamardových postupností s dĺžkou 8 a použiť Procedúru 1 s cieľom vytvorenia hľadanej množiny ôsmich GO postupností s dĺžkou 65 536.

Tieto kroky sú podrobne rozpracované v ďalších článkoch. Časti vypočítaných postupností sú dané v prílohe A.1 ako príklad, kým príklad softvérového kódu na vytvorenie postupností je zobrazený v prílohe A.2.

POZNÁMKA 2. – Neuvažuje sa, že modulátor vykonáva tieto činnosti nevyhnutne v reálnom čase, alebo vlastne vôbec, pretože jednoduchšie je prehrávať zaznamenanú formu samotného tvaru signálu. Tu sú vysvetlené matematické kroky, keďže samotné postupnosti sú príliš dlhé na to, aby sa mohli v tomto dokumente priamo tabuľkovo vyjadriť.

### 6.5.2 Začiatočná dokonalá postupnosť

Začiatočná dokonalá postupnosť je takáto postupnosť komplexných čísel:

$$\text{Frank}_{1024} = \left\{ e^{j2\pi \left\lfloor \frac{q}{32} \right\rfloor (q \bmod 32) / 32} \right\}, q = 0, 1, \dots, 1023$$

kde  $\lfloor x \rfloor$  vyjadruje zaokrúhlenie  $x$  zdola, najvyššie celé číslo, ktorého hodnota neprevyšuje  $x$ , a  $j = \sqrt{-1}$ . Táto postupnosť má dĺžku 1 024 prvkov. Všetky prvky majú tvar  $e^{j2\pi n/32}$ , kde  $n$  je celé číslo, takže majú jednotkovú amplitúdu a ležia na jednotkovej kružnici, kde nadobúdajú jednu z 32 nespojitých fáz.

POZNÁMKA. – Dokonalá postupnosť má nulovú cyklickú autokorelačnú funkciu vo všetkých (cyklických) posunutiach okrem nuly.

### 6.5.3 Hadamardove postupnosti

Hadamardove postupnosti predstavujú riadky Hadamardovej matice:

$$\text{Hadamard}_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

### 6.5.4 Dočasná množina GO postupností

Dočasná množina ôsmich postupností s dĺžkou 8 192 sa musí vytvoriť takto (podľa všeobecnej metódy v Sekcii III.C s parametrom  $d=1$ , ktorá začleňuje aj Procedúru 1 od toho istého autora ako svoj posledný stupeň):

Nech  $c_q$ , kde  $q=0,1,\dots,1023$ , označuje hodnoty dokonalej postupnosti  $\text{Frank}_{1024}$  definovanej v článku 6.5.2 a nech  $m=1024$  označuje jej dĺžku.

Vytvoríme množinu  $n$  postupností s dĺžkou  $m$   $\mathbf{A} = \{\mathbf{a}_0, \mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_{n-1}\}$ ,  $\mathbf{a}_i = \{a_{i,0}, a_{i,1}, \dots, a_{i,m-1}\}$ , ktorých prvky  $a_{i,j}$  musia byť:

$$a_{i,j} = c \left( j(n+d) + i + d \left\lfloor \frac{i+1}{n} \right\rfloor \right) \bmod m,$$

kde  $d=1$ ,  $n=8$  (prispôsobenie veľkosti Hadamardovej matice),  $\lfloor x \rfloor$  vyjadruje zaokrúhlenie  $x$  zdola a  $m=1024$ , ako už bolo spomenuté.

Uvažujme  $\mathbf{A}$  ako maticu  $n \times m$  (v ktorej riadkoch je  $n$  postupností  $\mathbf{a}_i$ ) a urobme jej transpozíciu  $\mathbf{A}^T$  tak, že postupnosti budú vytvárať jej stĺpce.

Vytvoríme postupnosť  $\mathbf{u} = \{u_0, u_1, \dots, u_{m-1}\}$  dĺžky 8 192 tak, že budeme čítať  $\mathbf{A}^T$  riadok za riadkom zľava doprava a zhora dole.

Teraz uvažujme Hadamardovu maticu s rozmermi  $8 \times 8$   $\text{Hadamard}_8$  ako usporiadanú množinu  $\mathbf{B} = \{\mathbf{b}_0, \mathbf{b}_1, \dots, \mathbf{b}_{n-1}\}$  postupností  $\mathbf{b}_i = \{b_{i,0}, b_{i,1}, \dots, b_{i,n-1}\}$ , pričom postupnosti predstavujú riadky matice.

Vytvoríme dočasnú množinu  $\mathbf{S}' = \{s'_0, s'_1, \dots, s'_{n-1}\}$  ôsmich GO postupností  $s'_h = \{s'_{h,0}, s'_{h,1}, \dots, s'_{h,m-1}\}$  s dĺžkami 8 192, ktorých prvky sú určené pomocou vzťahu:

$$s'_{h,i} = u_i b_{h,i} \bmod n$$

POZNÁMKA. – ZCZ týchto postupností je menšia ako je uvedené v III.C (2), pretože v tomto prípade nie je splnená sprievodná podmienka  $n > m-1$ .

### 6.5.5 Výsledná množina GO postupností

Výsledná množina nespojitých postupností sa vytvára pomocou opätovnej aplikácie Procedúry 1 na dočasnú množinu  $S'$ , ktorá je definovaná v článku 6.5.4.

Uvažujme dočasnú množinu  $S'$  ako maticu s rozmermi  $n \times m$  (v ktorej riadkoch je  $n$  postupností  $s'_i$ ) a urobme je transpozíciu  $S'^T$  tak, že postupnosti budú vytvárať jej stĺpce. Uvedomme si, že ako výsledok posledného kroku v článku 6.5.4 sme dostali  $m = 8192$ , pričom  $n = 8$  zostáva nezmenená.

Vytvoríme (novú) postupnosť  $\mathbf{u} = \{u_0, u_1, \dots, u_{mm-1}\}$  dĺžky 65 536 tak, že budeme čítať  $S'^T$  riadok za riadkom, zľava doprava a zhora dole.

Podobne ako predtým, uvažujme Hadamardovu maticu s rozmermi  $8 \times 8$  Hadamard<sub>8</sub> ako usporiadanú množinu  $\mathbf{B} = \{\mathbf{b}_0, \mathbf{b}_1, \dots, \mathbf{b}_{n-1}\}$  postupností  $\mathbf{b}_i = \{b_{i,0}, b_{i,1}, \dots, b_{i,n-1}\}$ , pričom postupnosti predstavujú riadky matice.

Vytvoríme výslednú množinu  $\mathbf{S} = \{s_0, s_1, \dots, s_{n-1}\}$  ôsmich GO postupností  $s_h = \{s_{h,0}, s_{h,1}, \dots, s_{h,mm-1}\}$  s dĺžkami 65 536, ktorých prvky sú určené pomocou vzorca:

$$s_{h,i} = u_i b_{h,i \bmod n}$$

Toto je osem nespojitých postupností, ktoré sa potom, ako sa pásmovo obmedzia (podľa článku 6.6), použijú na vytvorenie tvarov signálov označenia vysielača. Ich nulová korelačná zóna (pozri článok 6.4.1) je  $Z_0 = 7273$ .

POZNÁMKA. – Pretože všetky operácie vykonávané na pôvodnej dokonalej postupnosti (pozri článok 6.5.2) pozostávajú len z preskupovania a násobenia  $\pm 1$ , prvky výsledných postupností majú tiež jednotkovú amplitúdu, pričom každý z nich môže nadobúdať jednu z 32 možných hodnôt fáz.

## 6.6 Pásmovo obmedzené tvary signálov

### 6.6.1 Všeobecne

Nespojité postupnosti definované v článku 6.5 sa nemôžu vysielat' také, aké sú, pretože zaberajú príliš veľkú šírku pásma. Šírku pásma je potrebné obmedziť, aby sa prispôbila signálu DVB-T2, do ktorého budú tvary signálov vložené. To sa musí urobiť nasledujúcim spôsobom tak, aby korelačné vlastnosti zostali na plánovaný cieľ uspokojivé a zároveň aby pomer špičkového a stredného výkonu (PAPR) vysielačného tvaru signálu nebol nadmerný.

Obmedzenie pásma je definované kvôli použitiu spracovania založeného na nespojitých Fourierových transformáciách (DFT). Každá z nespojitých postupností, ktoré sú definované v článku 6.5, sa môže považovať za existujúcu v časovej oblasti. Aplikovaním DFT sa získa nespojité spektrum. Jeho vynásobenie vhodným okienkom bude mať taký vplyv na obmedzenie tohto spektra, že sa nebude nachádzať mimo spektra obsadeného hlavnou časťou signálu DVB-T2. Potom aplikácia inverznej DFT vytvorí tvary signálov v časovej oblasti, ktoré sú po primeranom normovaní a pridaní cyklickej predvoľby vhodné na vysielanie.

Nespojité postupnosti definované v článku 6.5 majú dĺžku 65 536 prvkov. Pri použití obvyklej symboliky, v rámci ktorej  $K$  znamená  $2^{10} = 1024$ , zvyčajne môžeme namiesto 65 536 napísať 64K. Aplikácia DFT na nespojité postupnosti s dĺžkou 64K preto znamená použitie 64K DFT a vytvorenie nespojitého spektra, ktoré obsahuje 64K hodnôt.

POZNÁMKA. – DFT sa môže implementovať ako lepšie účinný ekvivalent rýchlej Fourierovej transformácie (FFT). V praxi sa nemusia vykonávať tieto výpočty v reálnom čase, pokiaľ sa môže uprednostniť zaznamenávanie a prehrávanie výsledného tvaru signálu v časovej oblasti v predkalkulovanej podobe.

### 6.6.2 64K DFT

Nespojité spektrum  $V_{h,k}$  každej postupnosti  $s_h$  definovanej v článku 6.5 sa vypočíta takýmto spôsobom:

$$V_{h,k} = \sum_{i=0}^{N-1} s_{h,i} e^{-j2\pi ik/N} \quad k=0,1,\dots,(N-1),$$

kde  $N=65536$ . Hodnoty  $V_{h,k}$  označujú spektrálne zložky postupnosti s indexom  $h$ , kde každé  $k$  odpovedá frekvencii v základnom pásme  $k f_U = k/T_U$ . S  $k \geq N/2$  má väčší význam uvažovať so zodpovedajúcou zápornou frekvenciou v základnom pásme  $k' f_U = (k-N)/T_U$ , kde  $k' = (k-N)$ , odkiaľ môžeme miesto toho napísať:

$$V_{h,k'} = \begin{cases} V_{h,k'} & k' \geq 0, \\ V_{h,(k'+N)} & k' < 0. \end{cases}$$

pričom  $k'$  nadobúda hodnoty z rozsahu  $-\frac{N}{2} \leq k' < \frac{N}{2}$ .

### 6.6.3 Filtračné okienko a jeho aplikácia

Nespojité spektrum každej postupnosti sa musí orezať a tvarovať pomocou použitia tohto okienka:

$$W_{k'} = \begin{cases} 0.42 + 0.5 \cos \pi \left( \frac{k'}{K_H} \right) + 0.08 \cos 2\pi \left( \frac{k'}{K_H} \right) & -K_H \leq k' \leq K_H, \\ 0 & \text{inde} \end{cases}$$

kde  $K_H = 27264$ .

Filtrované spektrum každej postupnosti sa vypočíta ako:

$$X_{h,k'} = W_{k'} V_{h,k'}.$$

Toto nespojité spektrum sa môže chápať analogicky ku komplexným amplitúdam nosných frekvencií systému 64K OFDM, kde nosné frekvencie majú index  $k'$  vzťahujúci sa na strednú nosnú frekvenciu, ktorá predstavuje strednú frekvenciu signálu DVB-T2.

## 6.7 Modulácia – tvar vysielaného signálu

Tento článok definuje tvar vysielaného signálu takmer analogickým spôsobom, ako sa definuje v článku 9.5 špecifikácie DVB-T2. Článok 9.5 definuje vysielaný signál T2 keď nie sú použité ani FEF, ani redukcia PAPR. Začína v ľubovoľnom počiatku v čase  $t$  na začiatku príslušného rámca T2 a k nemu prislúchajúce symboly počítajú počas doby, pokiaľ je zachovaná spojitosť fázy výrazu strednej frekvencie  $e^{j2\pi f_c t}$ , ktorý opisuje signál namodulovaný na strednú nosnú frekvenciu  $f_c$  určený na vysielanie.

Tento formát rovnice nie je možné jednoducho rozšíriť tak, aby zahŕňal FEF, pretože zmes rámcov T2 a rámcov FEF s rôznymi dĺžkami nie je možné ľahko opísať.

Preto v ďalšom texte je na zjednodušenie rámeč označenia FEF definovaný tak, že sa predpokladá, že časový začiatok je na začiatku rámca. To je nevyhnutné preto, aby vo výraze strednej frekvencie sa obsiahla ľubovoľná fáza  $\varphi$  kvôli zabezpečeniu spojitosti fázy výrazu strednej frekvencie medzi predchádzajúcim symbolom T2 a rámcem FEF. Rovnako bude potrebné pridať do nasledujúceho rámca T2 ďalšiu ľubovoľnú fázu kvôli zaisteniu spojitosti fázy medzi rámcem FEF a nasledujúcim symbolom T2.

POZNÁMKA 1. – V skutočnosti nemajú byť nijaké ťažkosti. V praxi je tvar signálu vložený do komplexného základného pásma ako príslušné reťazenie rámcov T2 prerušované občasným rámcem označenia FEF. Tento kompletný tvar signálu v základnom pásme je potom vynásobený spojitým výrazom strednej frekvencie  $e^{j2\pi f_c t}$ , aby sa celý signál presunul na vysielačiu frekvenciu.

Vysielaný signál počas rámca označenia FEF je takýto:

$$s(t) = \operatorname{Re} \left\{ e^{j(2\pi f_c t + \varphi)} \left( p_1(t) + p_{OU}(t) + \frac{1}{\sqrt{1+2K_H}} \sum_{l=0}^1 \sum_{k'=-K_H}^{K_H} c_{l,k'} \psi_{l,k'}(t) \right) \right\},$$

$$\text{kde } \psi_{l,k'}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi \frac{k'}{T_U}(t - \Delta - T_{P1} - T_{OU} - lT_S)} & T_{P1} + T_{OU} + lT_S \leq t \leq T_{P1} + T_{OU} + (l+1)T_S \\ 0 & \text{inde} \end{cases}$$

a ostatné symboly majú v tomto článku tieto špecifické významy:

- $k'$  označuje index nosnej frekvencie vzťahujúci sa k strednej frekvencii;
- $K_H$  hodnota indexu 27 264;
- $l$  znamená index periódy označovania – 0 prvej periódy označovania, 1 druhej periódy označovania;
- $T_S$  celkový čas trvania jednej periódy označovania,  $T_S = T_U + \Delta = 80082T$ ;
- $T_U$  čas trvania jedného tvaru signálu označenia,  $T_U = 65536T$ ;
- $\Delta$  čas trvania cyklickej predvoľby označovania,  $\Delta = 14546T$ ;
- $f_c$  stredná frekvencia vysielačného vysokofrekvenčného signálu;
- $T_{OU}$  čas trvania periódy na iné použitie;
- $T_{P1}$  čas trvania symbolu P1,  $T_{P1} = 2048T$ ;
- $p_1(t)$  tvar signálu P1 podľa definície v článku 9.8.2.4;

$p_{OU}(t)$  tvar signálu vysielaného počas periódy na iné použitie (pokiaľ existuje)  $T_{P1} \leq t < T_{P1} + T_{OU}$ ;

- $T$  elementárna časová perióda s použitou šírkou pásma, definovaná v tabuľke 65 v článku 9.5;
- $\varphi$  výraz fázy potrebný na zabezpečenie spojitosti fázy vo výraze nosnej frekvencie, ako sa už v tomto dokumente uviedlo;

a kde predovšetkým:

- $c_{l,k'}$  je komplexná hodnota modulácie pri nosnej frekvencii  $k'$  v perióde označovania  $l$ , ktorá je vyjadrená takto:

$$c_{l,k'} = \frac{25\sqrt{1+2K_H}}{1024\sqrt{648798}} X_{h_l,k'},$$

kde  $h_l$  je index postupnosti, ktorá je určená na to, aby sa odoslala ako označenie v perióde označovania  $l$ .

POZNÁMKA 2. – Činiteľ  $\frac{1}{\sqrt{1+2K_H}}$  v rovnici vysielaného signálu  $s(t)$  zabezpečuje, že  $s(t)$  má

jednotkový výkon, ak je predpokladaná hodnota  $E\{c_{l,k'} c_{l,k'}^*\} = 1$  striedavo využitá pomocou použitia

súčiniteľa veľkosti  $\frac{25\sqrt{1+2K_H}}{1024\sqrt{648798}}$  v rovnici s  $c_{l,k'}$ . Tento posledný činiteľ zohľadňuje účinky

Blackmanovho okienka. Je jasné, že v praktickom využití sa môžu tieto dva činitele spojiť do jedného,

v dôsledku čoho vypadne výraz  $\frac{1}{\sqrt{1+2K_H}}$ .

## Príloha A (informatívna)

### Príklady vytvorenia postupností a tvarov signálov rámca označenia FEF

#### A.1 Príklad vytvorenia hodnôt postupností

##### A.1.1 Frankova dokonalá postupnosť

Frankova postupnosť definovaná v článku 6.5.2 obsahuje 1 024 prvkov, ktoré je nepraktické zapisovať kompletne.

Prvých 32 prvkov postupnosti má jednoducho hodnotu +1.

Ďalších 16 prvkov je:  $\left\{ 1, e^{\frac{j\pi}{16}}, e^{\frac{j\pi}{8}}, e^{\frac{3j\pi}{16}}, e^{\frac{j\pi}{4}}, e^{\frac{5j\pi}{16}}, e^{\frac{3j\pi}{8}}, e^{\frac{7j\pi}{16}}, j, e^{\frac{9j\pi}{16}}, e^{\frac{5j\pi}{8}}, e^{\frac{11j\pi}{16}}, e^{\frac{3j\pi}{4}}, e^{\frac{13j\pi}{16}}, e^{\frac{7j\pi}{8}}, e^{\frac{15j\pi}{16}} \right\}$ .

Posledných 16 prvkov je:

$\left\{ -1, e^{\frac{15j\pi}{16}}, e^{\frac{7j\pi}{8}}, e^{\frac{13j\pi}{16}}, e^{\frac{3j\pi}{4}}, e^{\frac{11j\pi}{16}}, e^{\frac{5j\pi}{8}}, e^{\frac{9j\pi}{16}}, j, e^{\frac{7j\pi}{16}}, e^{\frac{3j\pi}{8}}, e^{\frac{5j\pi}{16}}, e^{\frac{j\pi}{4}}, e^{\frac{3j\pi}{16}}, e^{\frac{j\pi}{8}}, e^{\frac{j\pi}{16}} \right\}$ .

##### A.1.2 Množina nespojitých postupností

Existuje osem postupností komplexných hodnôt s dĺžkami 65 536. Očividne je nepraktické uviesť zoznam všetkých postupností. Niekoľko krátkych častí je uvedených v tabuľkách A.1 a A.2. Kvôli uľahčeniu ich čítania sú namiesto zápisu komplexných hodnôt postupností (z ktorých všetky majú tvar  $e^{jq\pi/16}$ ,  $q = -15, -14, \dots, 15, 16$ ) uvedené celočíselné hodnoty  $q = \frac{16}{\pi} \text{Arg}(\text{sequence\_value})$ .

Tabuľka A.1 – Prvých 32 položiek každej z nespojitých postupností  $s_h$ 

$i$	$\frac{16}{\pi} \text{Arg}(s_{h,i})$							
	$h=0$	$h=1$	$h=2$	$h=3$	$h=4$	$h=5$	$h=6$	$h=7$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	16	0	16	0	16	0	16
2	0	0	16	16	0	0	16	16
3	0	16	16	0	0	16	16	0
4	0	0	0	0	16	16	16	16
5	0	16	0	16	16	0	16	0
6	0	0	16	16	16	16	0	0
7	0	16	16	0	16	0	0	16
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	16	0	16	0	16	0	16	0
10	0	0	16	16	0	0	16	16
11	16	0	0	16	16	0	0	16
12	0	0	0	0	16	16	16	16
13	16	0	16	0	0	16	0	16
14	0	0	16	16	16	16	0	0
15	16	0	0	16	0	16	16	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	16	0	16	0	16	0	16
18	16	16	0	0	16	16	0	0
19	16	0	0	16	16	0	0	16
20	0	0	0	0	16	16	16	16
21	0	16	0	16	16	0	16	0
22	16	16	0	0	0	0	16	16
23	16	0	0	16	0	16	16	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0
25	16	0	16	0	16	0	16	0
26	16	16	0	0	16	16	0	0
27	0	16	16	0	0	16	16	0
28	0	0	0	0	16	16	16	16
29	16	0	16	0	0	16	0	16
30	16	16	0	0	0	0	16	16
31	0	16	16	0	16	0	0	16



Tabuľka A.2: Posledných 32 položiek každej z nespojitých postupností  $s_h$ 

$i$	$\frac{16}{\pi} \text{Arg}(s_{h,i})$							
	$h=0$	$h=1$	$h=2$	$h=3$	$h=4$	$h=5$	$h=6$	$h=7$
65 504	5	5	5	5	5	5	5	5
65 505	5	-11	5	-11	5	-11	5	-11
65 506	5	5	-11	-11	5	5	-11	-11
65 507	5	-11	-11	5	5	-11	-11	5
65 508	-11	-11	-11	-11	5	5	5	5
65 509	-11	5	-11	5	5	-11	5	-11
65 510	-11	-11	5	5	5	5	-11	-11
65 511	-11	5	5	-11	5	-11	-11	5
65 512	4	4	4	4	4	4	4	4
65 513	-12	4	-12	4	-12	4	-12	4
65 514	4	4	-12	-12	4	4	-12	-12
65 515	-12	4	4	-12	-12	4	4	-12
65 516	-12	-12	-12	-12	4	4	4	4
65 517	4	-12	4	-12	-12	4	-12	4
65 518	-12	-12	4	4	4	4	-12	-12
65 519	4	-12	-12	4	-12	4	4	-12
65 520	3	3	3	3	3	3	3	3
65 521	3	-13	3	-13	3	-13	3	-13
65 522	-13	-13	3	3	-13	-13	3	3
65 523	-13	3	3	-13	-13	3	3	-13
65 524	-13	-13	-13	-13	3	3	3	3
65 525	-13	3	-13	3	3	-13	3	-13
65 526	3	3	-13	-13	-13	-13	3	3
65 527	3	-13	-13	3	-13	3	3	-13
65 528	1	1	1	1	1	1	1	1
65 529	-15	1	-15	1	-15	1	-15	1
65 530	-15	-15	1	1	-15	-15	1	1
65 531	1	-15	-15	1	1	-15	-15	1
65 532	-15	-15	-15	-15	1	1	1	1
65 533	1	-15	1	-15	-15	1	-15	1
65 534	1	1	-15	-15	-15	-15	1	1
65 535	-15	1	1	-15	1	-15	-15	1

## A.2 Príklad zápisu programu na vytvorenie a filtrovanie postupnosti

### A.2.1 Program napísaný pomocou Mathematica

*Mathematica* je vytvorená spoločnosťou Wolfram Inc., <http://www.wolfram.com>. Príklady zápisu programu sú tu uvedené v ich najzákladnejšej forme kompatibilnej s textom ASCII (majú čitateľnejšie formátovanie 2D a špeciálne znaky v origináli).

#### A.2.1.1 Predbežné definície

Vytvorenie Frankovej postupnosti, ktorá obsahuje phase\_N fáz:

```
FrankSequence[phaseN_Integer]:= Module[{Sx = phaseN^2},
  Table[E^((I 2 Pi Floor[x/phaseN] Mod[x, phaseN])/phaseN),
    {x, 0, Sx - 1}]]
```

Vytvorenie množiny ôsmich Hadamardových postupností s dĺžkami 8 (Hadamardova matica 8×8):

```
H2 = {{1, 1}, {1, -1}}; H8 = KroneckerProduct[H2, H2, H2];
```

Vykonanie Zengovej Procedúry 1:

```
ZengProcedure1[Aset_, Bset_] :=
  Module[{m, n, useq, errflag},
    useq = Flatten[Transpose[Aset]];
    n = Length[Aset]; m = Length[Aset[[1]]];
    errflag = If[n != Length[Bset] || n != Length[Bset[[1]]], True, False];
    If[errflag, Print[ERROR:unmatched A, B dimensions]; Abort[]];
    Table[useq[[i + 1]] Bset[[1 + h, 1 + Mod[i, n]]],
          {h, 0, n - 1}, {i, 0, m n - 1}]
  ]
```

Vykonanie Zengovej metódy III.C:

```
ZengMethodIIIC[Cset_, Bset_, d_Integer] :=
  Module[{l, m, n, Asets, Ssets},
    l = Length[Cset]; m = Length[Cset[[1]]]; n = Length[Bset];
    Asets = Table[
      Cset[[1 + k, 1 + Mod[j (n + d) + i + d Floor[(i + 1)/n], m]]],
      {k, 0, l - 1}, {i, 0, n - 1}, {j, 0, m - 1}];
    Ssets = Map[ZengProcedure1[#, Bset] &, Asets];
    Flatten[Ssets, 1] ]
```

POZNÁMKA. – Súpisy v programe *Mathematica*, spoločne s hlbšie vnorenými štruktúrami, sú dostupné pri použití indexov, ktoré začínajú od 1, takže indexy v súpise dĺžky  $n$  nadobúdajú hodnoty od 1 po  $n$ , v porovnaní s rovnicami, pri ktorých indexy nadobúdajú hodnoty od 0 po  $n - 1$ . Tak napríklad vyššie uvedený  $Cset[[1]]$  označuje prvú postupnosť  $c_0$  v množine  $C = \{c_0, c_1, \dots, c_{l-1}\}$ .

### A.2.1.2 Použitie definícií na vytvorenie množiny postupností

Vykonajme postupne Zengovu metódu III.C a Procedúru 1:

```
set64KfromFrank1024 =
  ZengProcedure1[ZengMethodIIIC[{FrankSequence[32]}, H8, 1], H8];
```

Výsledkom je zoznam ôsmich prvkov, z ktorých každý predstavuje postupnosť dĺžky 65 536. Skutočne dostaneme maticu  $8 \times 65536$ , ktorej riadky predstavujú postupnosti.

### A.2.1.3 Obmedzenie pásma s cieľom vytvorenia množiny tvarov signálov

Definujme ekvivalentný počet nosných frekvencií v hypotetickom systéme OFDM založeného na 64K (t. j. 65 536) DFT, ktoré zaberajú rovnakú šírku pásma ako tzv. normálna verzia 8K DVB-T2 (ktorá obsahuje 6 817 nosných frekvencií):

```
n64kActiveCarriers = 6816 (65536/8192) + 1;
```

Vytvoríme Blackmanovo okienko, ktorého dĺžka zodpovedá tomuto ekvivalentnému počtu nosných frekvencií:

```
windowbasis64K =
  Table[0.42 + Cos[(2 Pi i)/(n64kActiveCarriers - 1) - Pi]/2
        + 0.08 Cos[2 ((2 Pi i)/(n64kActiveCarriers - 1) - Pi)],
        {i, 0, n64kActiveCarriers - 1}];
```

Využitím zápisu DFT pomocou *Mathematica* vypíňame ho s cieľom jeho prispôsobenia k 64K DFT nulami a vykonajme cyklickú rotáciu tak, aby sa špička postavila na pozíciu nosnej frekvencie s nulovým indexom (DC):

```
windowPadded64K =
  RotateLeft[windowbasis64K~Join~ConstantArray[0, 11007], 27264];
```

Pomocou jednej operácie aplikujme obmedzenie pásma na všetky množiny postupností:

```
waveforms64KfromFrank1024=
  (65536*25/(1024 Sqrt[648798]))Map[InverseFourier[
  zwindowPadded64K Fourier[#]]&,zset64KfromFrank1024];
```

POZNÁMKA 1. – Ak sa tento program využíva na stanovenie hodnôt koeficientov frekvencie na použitie v rovnici v článku 6.7, je nutné nastaviť predvolené hodnoty Fourierovej transformácie pomocou nastavenia FourierParameters -> {1, -1}, aby sa zabezpečilo jej vykonanie v súlade s definíciou DFT v článku 6.6.2. (Toto nie je potrebné, keď Fourierova transformácia a inverzná Fourierova transformácia sú používané spoločne ako je vyššie uvedené, ak definícia uceleného zápisu DFT vedie k rovnakému výsledku.)

POZNÁMKA 2. – Prídavný činiteľ 65 536 v poslednom vyššie uvedenom výpise programu koriguje činiteľ (1/65 536) zabudovaný v operácii InverseFourier v *Mathematica* za predpokladu, že FourierParameters sú nastavené ako v poznámke 1. Keď nastane tento prípad, výsledné tvary signálov sa normujú tak, aby mali jednotkovú efektívnu hodnotu (RMS).

## A.2.2 Program napísaný pomocou MATLAB

MATLAB je produktom spoločnosti The Mathworks, Inc. <http://www.mathworks.com/>.

```
m=1024; n=8; d=1;
cpSamples = 14546;

% Make the Frank sequence
q=0:m-1;
c=exp(j*2*pi*floor(q/32).*mod(q,32)/32);

% Make the Hadamard sequence
b = hadamard(n);

% Make the intermediate GO sequences
% Make matrix A
ii=repmat((0:n-1)', 1, m); % ii is row number (the i in expression for a_i,j)
jj=repmat(0:m-1, n, 1); % jj is column number
A = c(mod(jj*(n+d)+ii+d*floor((ii+1)/n), m) + 1); % Add 1 for matlab indexing
% Read column-wise (equiv to transpose and read row-wise in definition)
u = A(:);
% Form S'
sdash = repmat(u.', n, 1) .* repmat(b,1,m);

% Make final set of GO sequences
% Read column-wise. (uu is the new u of clause 6.4.5)
uu = sdash(:);

% Form S
s = repmat(uu.', n, 1) .* repmat(b,1,m*n);

% 64K DFT
N = m*n*n;
V = fft(s.');
```

```
Vdash = fftshift(V,1);
kdash = (-N/2:N/2-1)';

% Filtering window
% Generate window
Kh = 27264;
W = 0.42+0.5*cos(pi * kdash/Kh) + 0.08*cos(2*pi*kdash/Kh);
W(abs(kdash)>Kh) = 0;
% Apply window
X = repmat(W, 1, n) .* Vdash;

% convert to time domain
coeffScale = 25*sqrt(1+2*Kh)/(1024*sqrt(648798));
overallScale = 1/sqrt(1+2*Kh);
x = N * overallScale * ifft(fftshift(coeffScale*X,1));

% add cyclic prefix
x = [x(end-cpSamples+1:end,:); x];
```

## Príloha B (informatívna)

### Použitie označovacích rámcov FEF na meranie

#### B.1 Úvod

Predmetom tohto dokumentu je špecifikovať vysielaný signál. Napriek tomu kvôli rozsiahlym možnostiam, ako sa môže označenie vysielateľa využiť, je osožné poskytnúť nejaké vysvetlenie. Preto táto príloha opisuje spôsoby, akými sa označovacie rámce FEF z kapitoly 6 môžu využiť v meracom prijímači pri monitorovaní jednofrekvenčnej vysielacej siete (SFN). Vôbec to nie je úplné.

V sieťach SFN vyžarujú všetky vysielateľa v podstate identické signály, výnimkou sú označenia, pokiaľ existujú, a určité využitia, ako napríklad použitie niektorých buniek na redukciiu PAPR podľa metódy v článku 9.3. Signály sú vyžarované v menovite identických časoch a frekvenciách, porušené prístrojovými chybami a navyše s vloženými úmyselnými posunmi podľa voľby prevádzkovateľa siete. V niektorých lokalitách sa bude prijímaný signál javiť ako identický s vysielaním z virtuálneho jednoduchého vysielateľa, ktorým prechádza zložený kanál pozostávajúci zo superpozície impulzových odoziev kanála od každého jednotlivého reálneho vysielateľa. Relatívne časovanie zložiek prenosovej cesty bude závisieť od relatívnych pozícií vysielateľov vzhľadom na prijímač plus posun vložený úmyselne alebo náhodne. Každá zložka prenosovej cesty bude potenciálne mať individuálnu frekvenčnú chybu alebo frekvenčný posun.

Ochranný interval zabudovaný do systému T2 so všetkými dátovými symbolmi v rámci T2 znamená, že spoľahlivý príjem zostáva možný tak dlho, pokiaľ celkový rozsah zdanlivých oneskorení prenosovej cesty, kanálové rozšírenie, nepresiahne čas trvania ochranného intervalu (za predpokladu, že prijímač je schopný primeranej časovej synchronizácie). Keď existujúce prenosové cesty majú širšie kanálové rozšírenie, potom je nevyhnutná nejaká degradácia, s jedinou výnimkou, ak najviac rozprestrené zložky prenosovej cesty majú veľmi malú amplitúdu.

Bežný prijímač T2 používa meranie odpovede kanála, ktoré sú založené na využívaní rozptýlených pilotných signálov (Scattered Pilots – SPs). Z nich môže odhadnúť impulzovú odpoveď kanála pomocou aplikácie inverznej DFT. Presnosť tohto odhadu impulzovej odpovede sa začína zhoršovať, keď kanálové rozšírenie presiahne čas trvania ochranného intervalu; a stáva sa dramaticky chybná, keď sa kanálové rozšírenie dostatočne zväčšuje až do tej miery, že je prekročený Nyquistov limit. Je potrebné si uvedomiť, že rôzne voľby ochranného intervalu a pozícií pilotných signálov v T2 sú prepojené, takže obyčajne ochranný interval dosahuje 75% alebo 89% Nyquistovho limitu.

Hoci je merací prijímač založený na bežných technológiách na príjem T2 takto obmedzený kanálovým rozšírením, môže merať spoľahlivo; okrem toho pri indikácii zložiek prenosovej cesty a ich oneskorení, ktoré zodpovedajú jednotlivým vysielateľom v SFN, nemôže jednoznačne preukázať, ktorý je ktorý. Tieto dve obmedzenia sú kľúčovými dôvodmi existencie označenia vysielateľa založeného na FEF.

V rámci obmedzení môže obvyklý prístup tiež poskytnúť aj informácie týkajúce sa frekvenčnej chyby/odchýlky jednotlivých vysielateľov, keďže argument príslušnej komplexnej hodnoty špičky impulzovej odpovede bude v priebehu času rotovať. Rýchlosť rotácie udáva frekvenčnú chybu. Jednoznačne, a bez degradácie výkonu sa môžu rozlíšiť len malé chyby; zvyčajne toto nie je cieľom monitorovania siete pomocou statického prijímača, pretože povolené frekvenčné chyby vysielateľov sú v každom prípade skôr malé.

## B.2 Podstata označenia vysielča založeného na FEF

Ako sa vysvetlilo v kapitole 6, označenie vysielča založené na FEF je efektívne definované v časovej oblasti. Presnejšie, definovaná je množina nespojitých postupností (ktoré možno považovať za existujúce v časovej oblasti), potom je definovaný potrebný proces obmedzenia pásma, takže postupnosť sa má tvar signálu, ktorý sa môže vysielat' v rámci ohraničenej šírky pásma alokovaného vysielacieho spektra. Na lepšie pochopenie je toto obmedzenie pásma definované (a v praxi aj vykonané) pomocou transformácie do frekvenčnej oblasti, kde je spektrum limitované a tvarované. Týmto spôsobom označenie naozaj nadobúda definíciu vo frekvenčnej oblasti. V mnohých ohľadoch takto vytvorený prenos a následné spracovanie označenia v meracom prijímači má mnoho paralel s OFDM; môžu sa použiť podobné metódy spracovania.

POZNÁMKA. – Vytvorila sa časté odkazy na použitie DFT alebo inverznej DFT. Obyčajne akákoľvek praktická implementácia DFT bude využívať jeden z algoritmov FFT.

## B.3 Meranie impulzovej odpovede kanála

### B.3.1 Základné princípy

#### B.3.1.1 Bežné merania založené na pilotných signáloch OFDM (t. j. DVB-T2)

Prijímaný signál je konvolúciou vysielaného signálu a impulzovej odpovede kanála. Prijímač registruje časť tohto signálu, okienko FFT, ktorá má dĺžku rovnajúcu sa času trvania tzv. užitočného symbolu  $T_U = N_{FFT} T$ . Za predpokladu, že kanálové rozšírenie nepresahuje čas trvania ochranného intervalu (a prijímač je správne synchronizovaný), tvar signálu v rámci tejto periódy je kruhovou konvolúciou prenášaného užitočného symbolu a impulzovej odpovede kanála. Z toho vyplýva, že po transformácii do frekvenčnej oblasti sú frekvenčné koeficienty súčinom prenášaných komplexných hodnôt nosných frekvencií a vzoriek frekvenčnej odpovede kanála na zodpovedajúcich nosných frekvenciách.

V prípade rozptýlených pilotných buniek sú hodnoty prenášaných nosných frekvencií známe. Potom po *delení* týmito známymi hodnotami (ktoré sú len jednoduché  $\pm$  reálne konštanty) dostaneme hodnoty vzoriek frekvenčnej odpovede kanála pri každej pozícii SP. Pomocou inverznej DFT z tohto dostaneme odhadovanú impulzovú odpoveď kanála. Je potrebné poznamenať, že šírka pásma, v ktorom sa meria kanál, je zrazu obmedzená na šírku pásma obsadeného nosnými frekvenciami, ktoré sa práve prenášajú. Obmedzenie šírky pásma nepatrne rozprestrie špičky odhadovanej impulzovej odpovede, čo odpovedá Heisenbergovmu princípu; náhly nástup obmedzenia spôsobí ráz so značnými postrannými lalokmi. Skutočná impulzová odpoveď je fakticky konvolučná s funkciou SINC.

Pretože meranie je frekvenčne podvzorkované (SP sa nemôžu vyskytovať v jednom symbole na každej nosnej frekvencii, pretože neexistuje žiadna dátová kapacita!), existuje Nyquistov limit, ktorý určuje absolútne maximum kanálového rozšírenia, pri ktorom možno bez pochybností („aliasingu“) merať. Nyquistov limit je možné maximalizovať pomocou vykonania dočasnej interpolácie medzi meraniami v rôznych symboloch, takže meranie kanála bude k dispozícii s každou pilotne orientovanou nosnou frekvenciou.

#### B.3.1.2 Použitie tvaru signálu označenia v prípade samostatného vysielča

Predpokladajme, že rámec označenia FEF je vysielaný samostatným vysielčom a označenie chceme využiť na určenie impulzovej odpovede kanála od tohto vysielča po merací prijímač.

Najprv uvažujme o správaní jednej z dvoch periód označovania v označení FEF. Je vytvorená určitým spôsobom, ktorý je tak trochu podobný symbolu v ochrannom intervale systému OFDM, aký možno nájsť v hlavných rámcoch DVB-T2. Skladá sa z tvaru signálu označenia, analogicky s užitočným symbolom OFDM a cyklickej predvoľby, ktorá je vytvorená rovnakým spôsobom ako

ochranný interval OFDM, v tomto prípade pomocou použitia poslednej časti tvaru signálu označenia.

Cyklická predvoľba má presne rovnaký cieľ ako ochranný interval OFDM: mení normálnu konvolúciu prenášaného signálu a impulzovej odpovede kanála na *cyklickú*. Je potrebné poznamenať, že dĺžka cyklickej predvoľby označovania je značne väčšia ako ktorýkoľvek z variantov hlavného signálu T2. To znamená, že jednoznačne a bez chyby je možné merať značne väčšie kanálové rozšírenia ako v prípade postupov používaných bežnými prijímačmi, ako je opísané v prílohe B.3.1.1. Samozrejme, ak celkové kanálové rozšírenie presiahne cyklickú predvoľbu, potom bude meranie degradované. Maximálne povolené kanálové rozšírenie je tak  $2Z_0T = 14546T$ , čo v prípade systému 8 MHz predstavuje okolo 1,59 ms.

Na strane prijímača sa prijíma tvar signálu s vhodným časovým segmentovaním, ktorého dĺžka sa rovná dĺžke tvaru signálu označenia  $T_U = 65536T$ . Použitím 64K DFT sa pretransformuje do frekvenčnej oblasti, čím sa získajú koeficienty, z ktorých je možné určiť frekvenčnú odpoveď kanála, ak poznáme prenášané koeficienty frekvenčnej oblasti  $X_{h,k'}$  opísované v článku 6.6.3. Sú tu niektoré drobné odchýlky od postupu, ktorý je vysvetlený v prílohe B.3.1.1:

- prenášané koeficienty frekvenčnej oblasti  $X_{h,k'}$  nie sú jednoduché  $\pm$  reálne konštanty, podobne ako amplitúdy SP. Kvôli aplikácii okienka sú niektoré z nich zámerne malé. Z toho dôvodu delenie nie je vhodným riešením, pretože to môže viesť k zosilneniu šumu. Preto sa namiesto *delenia* koeficientmi  $X_{h,k'}$  používa *násobenie* prijatých koeficientov frekvenčnej oblasti *komplexnými konjugovanými* hodnotami  $X_{h,k'}^*$ ; výsledkami toho sú hodnoty vzoriek frekvenčnej odpovede kanála, ich amplitúdy sú upravené pomocou druhej mocniny Blackmanovho okienka. Keď sa vzorky transformujú späť pomocou IDFT, výsledkom bude konvolučný súčin impulzovej odpovede kanála a tvaru signálu označenia ACF. Táto ACF má hlavný lalok širší ako funkcia SINC bežného postupu založeného na SP, ráz ACF a jej postranné laloky, v rámci rozsiahlej ZCZ, sú zanedbateľné, takže v tomto prípade je menšia možnosť zámery špičiek postranných lalokov so skutočnými slabšími zložkami kanála;

možno poznamenať, že táto metóda je ekvivalentná so zavedením korelátora v časovej oblasti pri *prispôsobenom filtri* s výhodou implementácie FFT; tiež je potrebné zdôrazniť, že bežný prístup založený na SP opísaný v prílohe B.3.1.1 takisto patrí do tejto kategórie, len ak sa tu použijú veľmi odlišné tvary signálov (súbor SP); hoci na lepšie pochopenie je použitie *delenia* vysvetlené s metódou založenou na SP, v skutočnosti je možné ten istý postup vysvetliť ako konjugované násobenie (s výnimkou celkovej zmeny veľkosti), pretože amplitúdy pilotných signálov sú  $\pm$  reálne konštanty;

- vlastnosti tvaru signálov označenia ACF sú zachované pri cyklických posunutiach v rozsahu od  $-Z_0T$  do  $+Z_0T$ . Ak sa plne využije, je potrebné zariadiť, aby sa prvá možná prenosová cesta javila tak, že má maximálne záporné cyklické oneskorenie, pokiaľ sa uplatní okienko DFT, aby si tak všetky prenosové cesty v rámci maximálneho kanálového rozšírenia zachovali svoju cyklickú povahu; aby sa to mohlo vykonať, segment prijímaného tvaru signálu umiestnený v okienku DFT sa má pred vykonaním DFT cyklicky posunúť o  $-Z_0T$ , aby sa zabezpečilo, že prenosová cesta v strede prípustného rozsahu sa bude javiť, akoby mala nulové cyklické oneskorenie; toto je veľmi podobné normálnemu spracovaniu OFDM, pri ktorom sa vykonáva podobný posun (alebo iný ekvivalentný proces) o polovicu ochranného intervalu; v tomto prípade sa to robí preto, aby sa prenosové cesty javili ako ležiace v rámci rozsahu oneskorení od mínus polovice do plus polovice ochranného intervalu; toto zjednodušuje frekvenčnú interpoláciu tak, že sa môžu použiť reálne váhové koeficienty.

### B.3.2 Použitie tvaru signálov označenia v malých oblastiach SFN

Predpokladajme, že máme malú oblasť SFN s nie viac ako ôsmimi vysielačmi. V tomto prípade mapovanie tvaru signálov označenia (ktorých je osem) do prvej a druhej periódy označovania do každého vysielača môže nadobudnúť formu, ktorá umožní jednoduché vysvetlenie a spracovanie. Predpokladajme tiež, že bude platiť jednoduché pravidlo, že vysielač 1 vysiela tvar signálu 1 v oboch periódach označovania, vysielač 2 používa tvar signálu 2 tiež v oboch periódach atď.

Aby sa umožnilo meranie prenosovej cesty od jedného z vysielačov, uplatníme postup opísaný v prílohe B.3.1.2, pričom využijeme násobenie prijímaných koeficientov frekvenčnej oblasti a komplexných konjugovaných hodnôt  $X_{h,k}^*$ , ktoré zodpovedajú zvolenému tvaru signálu označenia do tohto vysielača. Za predpokladu, že každá prenosová cesta od iného vysielača leží vnútri prípustného kanálového rozšírenia, potom vlastnosti tvaru signálu označenia XCF zabezpečia, že merania jedného vysielača nie sú ovplyvnené súčasnou prítomnosťou označení iných vysielačov, ktoré používajú odlišné súčasti množiny tvaru signálu.

Tak pri využití signálu prijatého v prvej perióde označovania môže merací prijímač súčasne získať impulzovú odpoveď kanála samostatne s každým vysielačom. To sa môže opakovať pri použití druhej periódy označovania. Ak predpokladáme, že kanál zostane nezmenený, majú sa dosiahnuť rovnaké výsledky, s výnimkou:

- vplyvu šumu
- prítomnosťou frekvenčného posunu a Dopplerovho posunu na niektorej zložke prijímanej prenosovej cesty. To spôsobí, že zodpovedajúca špička impulzovej odpovede sa otočí v Argandovej rovine o uhol  $2\pi\Delta f 80082T$  radiánov, kde  $\Delta f$  predstavuje kombinovaný frekvenčný posun a Dopplerov posun tejto zložky prenosovej cesty;

Vhodný spôsob spracovania je jednoduché násobenie impulzovej odpovede vypočítanej z prvej periódy jej konjugovanou hodnotou vypočítanou z druhej periódy. Absolútna hodnota výsledku potom predstavuje výkon impulzovej odpovede, zatiaľ čo argument akejkoľvek špičky udáva frekvenčnú chybu príslušnej prenosovej cesty.

Označenie do každého vysielača umožňuje meranie času a frekvencie, ktoré sa vzťahujú na referenčné hodnoty dostupné prijímaču. Ak prevádzkovateľ siete používa tieto referenčné hodnoty na vytvorenie siete, možno realizovať absolútne merania. Ak tomu tak nie je, napríklad prijímač je jednoducho spriahnutý s celkovým prijímaným signálom, potom je možné určiť relatívne časovanie medzi vysielačmi. Okrem toho každý vysielač, ktorý má nevyhovujúcu frekvenčnú chybu, bude považovaný za odlišný od ostatných.

### B.3.3 Použitie tvaru signálov označenia vo väčších oblastiach SFN

Predpokladajme, že počet vysielačov v SFN je väčší ako osem, ale nie väčší ako 64. V tomto prípade bude možné každému vysielaču priradiť jeho vlastnú kombináciu tvaru signálov označenia, ak vo väčšine prípadov sa v prvej a druhej perióde označovania priradia rôzne tvary signálov.

Pre jednoduchosť uvažujme, že sme vykonali v podstate rovnaké spracovanie ako v prílohe B.3.2, teraz do každého vysielača použijeme vhodne pridelený tvar signálu s výpočtami z prvej a z druhej periódy.

Výpočet z prvej periódy bude obsahovať zloženú impulzovú odpoveď obsahujúcu prenosové cesty od všetkých vysielačov majúcich rovnaký tvar signálu označenia prvej periódy označovania. Výpočet z druhej periódy bude zahrňovať prenosové cesty od všetkých vysielačov majúcich rovnaký tvar signálu označenia druhej periódy označovania. Keďže každému vysielaču je



priradená jedinečná kombinácia, vysielajú, ktorý chceme merať, patria len zložky prenosovej cesty vyskytujúce sa v oboch meraniach.

Na chvíľu predpokladajme, že šum je zanedbateľne malý a že nijaké zložky prenosových ciest od rôznych vysieláčov nemajú presne rovnaké oneskorenie. Keď urobíme konjugované násobenie, výsledok bude potom presne taký, ako je uvedený v prílohe B.3.2. Kdekoľvek sa v prvom meraní objaví nežiaduca zložka prenosovej cesty patriaca niektorému inému vysieláču, neobjaví sa už v druhom meraní a naopak, takže nežiaduce prenosové cesty sa vynásobia nulou.

V skutočnosti, keď šum nie je zanedbateľný, nežiaduce prenosové cesty sa vynásobia malou šumovou hodnotou, a preto nebudú úplne vyrušené. Šum bude vymedzovať obmedzenie na najmenšiu prenosovú cestu, ktorá sa môže spoľahlivo rozpoznať z presluchovej pomociu tejto metódy.

A čo ďalšia možnosť? Predpokladajme, že prenosové cesty od dvoch vysieláčov majú rovnaké oneskorenie; špičku v odpovedi vypočítanú v ktorejkoľvek z dvoch období budú mať obidve cesty, a tak tvar signálu dostaneme vektorovým súčtom obidvoch prenosových ciest. Zodpovedajúca špička v inej perióde bude správnou hodnotou do vysieláča, o ktorý sa zaujímate. Keď urobíme konjugovaný súčin, výsledná špička bude mať nesprávnu veľkosť na meranie daného vysieláča. Tento chybný výsledok sa môže detegovať a označiť s poznámkou, že amplitúda špičky v prvej a v druhej perióde je významne odlišná (t. j. väčšia ako hodnota spôsobená šumom). V takýchto situáciách je riešenie nejasnosti možné pomocou:

- použitie smerovej antény nasmerovanej smerom k meranému vysieláču (za predpokladu, že geografia problému nie je zvlášť patologická);
- použitia komplikovanejších metód spracovania.

Nakoniec uvažujme sieť SFN, ktorá má viac ako 64 nezávislých vysieláčov. V tomto prípade sa budú musieť niektoré kombinácie označení vysieláčov použiť viackrát, takže výsledkom merania príslušnej kombinácie označenia bude zložená odpoveď dvoch alebo viacerých vysieláčov, ktorým je pridelený rovnaký kód. V tomto prípade prevádzkovateľ siete bude musieť využiť znalosti geografie, opatrne pridelovať jednotlivé kombinácie, na monitorovacích miestach používať smerové antény a možno aj kombinovať výsledky od viac ako od jedného monitorovacieho miesta, čo pri takto rozmernej sieti je v každom prípade potrebné, s cieľom odstránenia dvojznačností.

Nie všetkým vysieláčom bude nezávisle privedené a pridelené jedinečné označenie. Niekedy budú použité opakovače, ktoré prijímajú signál z iného hlavného materského vysieláča, potom ho filtrujú, zosilňujú a znovu vysielajú. Až na veľmi priaznivé situácie, pri ktorých je možné dosiahnuť veľké oddelenie medzi prijímacou a vysielacou anténou opakovača, bude tiež potrebné použiť nejaké spôsoby spracovania potlačenia echa, okrem prípadu, keď je výstupný výkon veľmi malý. Takéto kanálové opakovače, niekedy nazývané ako aktívne deflektory, budú nepochybne vysielat rovnaké označenie vysieláča ako ich materský vysieláč. Ich príspevok tak bude vytvárať časť meranej impulzovej odpovede ich materského vysieláča. Ich zaradenie do spracovania je možné rozpoznať pomocou vlastností geografie a známeho oneskorenia.

## História

<b>História dokumentu</b>		
V1.1.1	September 2010	Publikovanie