

# Pozemské digitálne rozhlasové vysielanie na šírenie varovných hlásení

V prvej časti informačného dokumentu sú analyzované súčasné a perspektívne technológie digitálneho rádiového vysielania, ktoré je možné využiť pri prenose varovných hlásení. Vzhľadom na zameranie projektu na digitálne technológie nie sú v dokumente analyzované metódy vysielania varovných hlásení a rôznych informácií analógovým rozhlasovým vysielaním.

V prvej kapitole je realizovaná technická analýza systémov pozemského digitálneho rozhlasového vysielania, a to systému DRM, DRM+ a systémov T-DAB a T-DAB+. Súčasťou kapitoly je porovnanie dvoch koncepcií vysielania varovných hlásení – EWF a EWS. Na konci kapitoly je čiastkový záver s návrhom vybranej technologickej platformy na prenos varovných hlásení rozhlasovým vysielaním.

Ďalšia kapitola je venovaná technickému návrhu spôsobu šírenia varovných hlásení prostredníctvom digitálneho rozhlasového vysielania a po analýze možností implementácie varovného hlásenia do multiplexu vybranej technologickej platformy je navrhnuté technické riešenie problému.

## 1 TECHNICKÁ ANALÝZA SYSTÉMOV POZEMSKÉHO DIGITÁLNEHO ROZHLASOVÉHO VYSIELANIA

V kapitole je uvedený technický popis jednotlivých štandardov digitálneho rozhlasového vysielania so zameraním na možné využitie štandardu na prenos varovných hlásení.

### 1.1 SYSTÉM DRM

**DRM** (Digital Radio Mondial) je univerzálny otvorený štandard digitálneho rozhlasového vysielania určený pre všetky rozhlasové frekvencie, vrátane pásiem dlhých, stredných a krátkych vln (DV, SV, KV), ako aj pásiem z pásma VHF (VKV I, VKV II, TV III) [1]. Systém je popísaný v norme ETSI ES 201 980 v4.1.1 [2]. Z hľadiska robustnosti sa rozlišuje 5 módov:

- módy A, B, C, D (pozri **tab. 1.1**) sú určené na vysielanie vo frekvenčnom pásme do 30 MHz, t. j. v pásmach DV, SV, KV. Preto sa tento systém niekedy označuje ako **DRM30**,
- mód E je určený na vysielanie v pásme VHF, hlavne v pásmach I (podľa STN 34 5353 [3] označovaného ako TV I) a II (podľa STN 36 5353 označovaného ako VKV II), ale možno ho použiť aj v pásme III (podľa STN 36 5353 označovaného ako TV III). Tento systém sa označuje aj ako **DRM+**.

Digitálny systém **DRM30** odstraňuje známe nedostatky analógového vysielania a zároveň zachováva výhody, ktoré prináša vysielanie v pásmach DV, SV, KV. Systém tak možno charakterizovať týmito hlavnými znakmi [4]:

- pokrytie nie je závislé od priamej viditeľnosti vysielateľa,
- na príjem postačuje jednoduchá anténa malých rozmerov,
- kvalitný príjem v členitom teréne a v mobilných prostriedkoch,

- na pokrytie rovnakého územia stačí oproti analógovému vysielaniu použiť výkon o 6 až 9 dB nižší,
- vyššia kvalita zvuku – vyšší odstup signálu od šumu, nižšie nelineárne skreslenie, bez rušivých efektov.

DRM30 sa používa na vysielanie **1 programovej služby**, doplnenej o prípadné ďalšie dátové služby. Umožňuje nezávislý výber modulačných parametrov (napr. kódový pomer, konštelácia modulácie, ochranný interval a pod.), čo umožňuje kompromis medzi prenosovou rýchlosťou a robustnosťou signálu. DRM podporuje prácu vo viacfrekvenčných a jednofrekvenčných sieťach (MFN, SFN) a prepnutie na iné frekvencie, resp. siete (DRM do AM, FM, DAB a späť).

Na vysielanie možno použiť rôzne **šírky kanála** (pozri aj **tab. 1.1**):

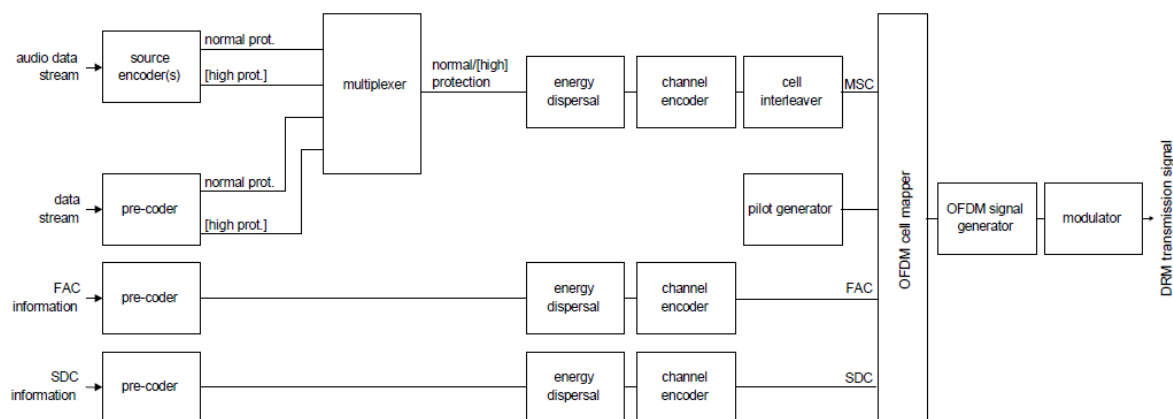
- 9 kHz, resp. 10 kHz, t. j. rovnaké šírky ako pri analógovom AM vysielaní v pásmach DV, SV, resp. KV. V tomto prípade je teda možné použiť existujúce skoorinované vysielacie frekvencie,
- polovičnú šírku kanála (4,5 kHz, resp. 5 kHz), aby bolo možné simultánne vysielanie s analógovým signálom AM,
- dvojnásobnú šírku kanála (18 kHz, resp. 20 kHz), aby bolo možné získať väčšiu kapacitu vysielania (ak obmedzenia frekvenčného plánovania dovoľia využiť túto možnosť). Tento prípad je určený hlavne na vysielanie stereo-módu.

**Tabuľka 1.1 – Módy robustnosti systému DRM a ich využitie**

Mód robustnosti	Používané šírky kanálov	Typické využitie a podmienky šírenia
A	4,5; 5; 9; 10; 18; 20	Lokálne pozemné vlny, regionálne vysielanie v pásmach DV a SV; (KV pásmo 26 MHz v dosahu priamej viditeľnosti)
B	4,5; 5; 9; 10; 18; 20	Vlny šíriace sa odrazom od ionosféry, národné a medzinárodné pokrytie v pásmach SV a KV
C	10; 20	Vlny šíriace sa odrazom od ionosféry vyžadujúce vyššiu robustnosť pre medzinárodné pokrytie v pásme KV
D	10; 20	Vlny šíriace sa blízkym odrazom od ionosféry vyžadujúce vyššiu robustnosť pre národné pokrytie v pásme KV

Z hľadiska **kódových pomerov a konštelácií** existuje v systéme DRM30 viacero možností na realizáciu jednej alebo dvoch úrovní protichybovej ochrany súčasne v tom istom čase. Protichybová ochrana sa vzťahuje na každú službu, prípadne jej časť.

Všeobecná bloková schéma vysielacieho reťazca systému DRM je uvedená na **obr. 1.1**. Podobne vyzerá aj bloková schéma prijímača, ibaže jednotlivé bloky sú zoradené v opačnom poradí a majú inverzné funkcie (napr. kóder – dekováder, multiplexor – demultiplexor atď.) [4].



**Obrázok 1.1 – Všeobecná bloková schéma vysielacieho reťazca systému DRM [4]**

Informácie vysielané v systéme DRM možno zatriediť do dvoch skupín:

- kódovaný zvuk a dáta, ktoré sú združené do jedného dátového toku a tvoria **kanál hlavnej služby MSC** (Main Service Channel),
- informácie, ktoré obchádzajú multiplexor a vytvárajú **kanál rýchleho prístupu FAC** (Fast Access Channel) a **kanál opisu služby SDC** (Service Description Channel). Táto skupina informácií slúži na identifikáciu a nastavenie parametrov vysielania; pomocou nich prijímacia strana dokáže vybrať správnu metódu a parametre pre dekódovanie.

V rámci dátových služieb DRM+ môžu byť vysielané individuálne dáta (enkapsulácia IP, prenos súborov a pod.), ako aj štandardizované dátové aplikácie pre DRM a DAB [4]:

- textové správy sprevádzajúce program,
- elektronický programový sprievodca EPG (Electronic Programme Guide),
- interaktívna informačná služba „Journaline“,
- dopravné a cestovné informácie TMC (Traffic Message Channel), resp. TPEG (Transport Protocol Experts Group),
- sprievodné obrázky k programu „MOT (Multimedia Object Transfer) Slideshow“,
- automatické prepínanie frekvencie v súčinnosti s AFS (Alternative Frequency Signalling).

Z hľadiska zamerania projektu je najzaujímavejšou službou možnosť informovať veľké množstvo poslucháčov o očakávaných katastrofách pomocou **služby núdzového varovania EWF** (Emergency Warning Function) [5]. V prípade nutnosti sú DRM prijímače prepnuté do prijmu núdzového vysielania nútene, alebo sa prepnú automaticky. Núdzové vysielanie kombinuje signalizáciu na monitore, audio vysielanie, textové správy a môže obsahovať „Journaline“ s detailnou informáciou vo viacerých jazykoch.

### 1.1.1 FUNKCIA EWF

Funkcia EWF je súčasťou špecifikácií DRM, popísaných v odporúčaní ITU-R BS.1114-9 [6] a je štandardom ETSI (ES 201 980). Funkcia komunikuje s akýmkoľvek DRM prijímačom bez nutnosti doplnenia prídavných komponento, alebo prenosovej siete. Podpora funkcie EWF je povinná a je uvedená medzi minimálnymi požiadavkami na prijímače DRM, pričom nepotrebuje žiadne prispôbenie na príjem tejto služby.

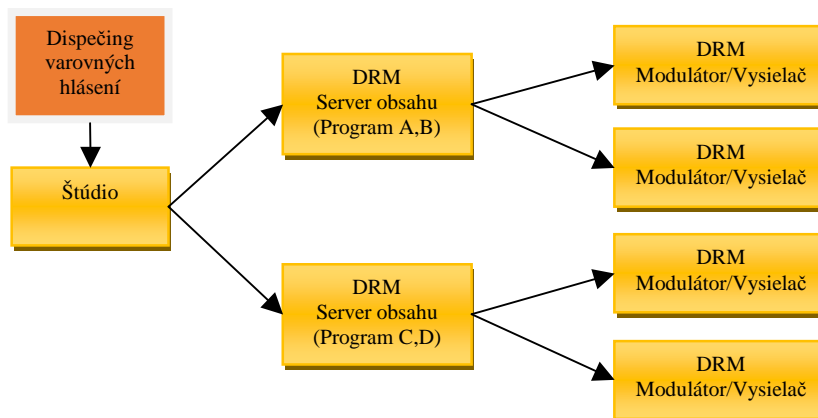
Cieľom je informovať verejnosť o hrozíacej katastrofe čo možno najskôr a poskytnúť verejnosti všetky relevantné informácie.

Služba EWF využíva **signalizáciu alternatívnej frekvencie AFS** (Alternative Frequency Signalling), ktorá je používaná štandardom DRM. Systém AFS pracuje aj v prípade, že prijímač je naladený na inú frekvenciu a prijíma inú službu digitálnych vysielačov.

Poslucháč prijíma núdzové vysielanie, ktoré obsahuje:

- Audio program (v danom čase v jednom jazyku).
- Textovú správu (krátka správa zobrazená na displeji, automaticky aktualizovaná po niekoľkých sekundách).
- Textovú správu typu „Journaline“ (detailné inštrukcie súčasne prenášané vo viacerých jazykoch). Textová správa môže obsahovať:
  - dôvod varovania,
  - inštrukcie, čo robiť,
  - detaily kontaktu pre ďalšiu informáciu,
  - zoznam postihnutých oblastí,
  - zoznam postihnutých osôb (hľadané osoby atď.).

Vysielací reťazec DRM je tvorený viacerými blokmi (**obr. 1.2**).



**Obrázok 1.2 – DRM vysielací reťazec s funkciou EWF**

Požiadavky na začlenenie núdzového vysielania do reťazca sú nasledovné:

- Po spustení núdzovej správy daným úradom musí byť signál automaticky prenesený do štúdia, ktoré aktivuje **server obsahu** (Content Server).
- Núdzový signál musí byť aktivovaný pre všetky vysielané služby DRM.
- Typické rozhranie pre spustenie (aktivovanie) núdzového signálu na server obsahu môže byť riešené pomocou webového rozhrania alebo pomocou medzinárodného štandardu pre automatickú distribúciu hlásení v štúdiu - **komunikačný protokol univerzálneho kódera UECP** (Universal Encoder Communication Protocol).

## 1.2 SYSTÉM T-DAB A T-DAB+

**Systém pozemského digitálneho rozhlasového vysielania T-DAB** (Terrestrial

Digital Audio Broadcasting) patrí medzi najstaršie plne digitálne audiovizuálne systémy. Je opísaný v norme ETSI EN 300 401 V2.1.1 [7].

Pôvodné rozhodnutie uskutočniť spoločný vývojový projekt systému digitálneho rozhlasu podporili v roku 1985 vlády Francúzska, Nemecka, Holandska a Veľkej Británie. Projekt bol schválený na konferencii v Štokholme v roku 1986 pod názvom Eureka 147. Práce na ňom boli začaté až o dva roky. Voľba audio kódovača, modulácie a kódovacích schém viedli k prvému skúšobnému vysielaniu, ktoré sa uskutočnilo v roku 1990.

Komerčné prijímače T-DAB sa začali predávať v roku 1999. V roku 2001 už bolo v Londýne k dispozícii viac ako 50 komerčných služieb spoločnosti BBC. V roku 2006 už bolo celosvetovo signálom T-DAB pokrytých asi 500 miliónov ľudí [8].

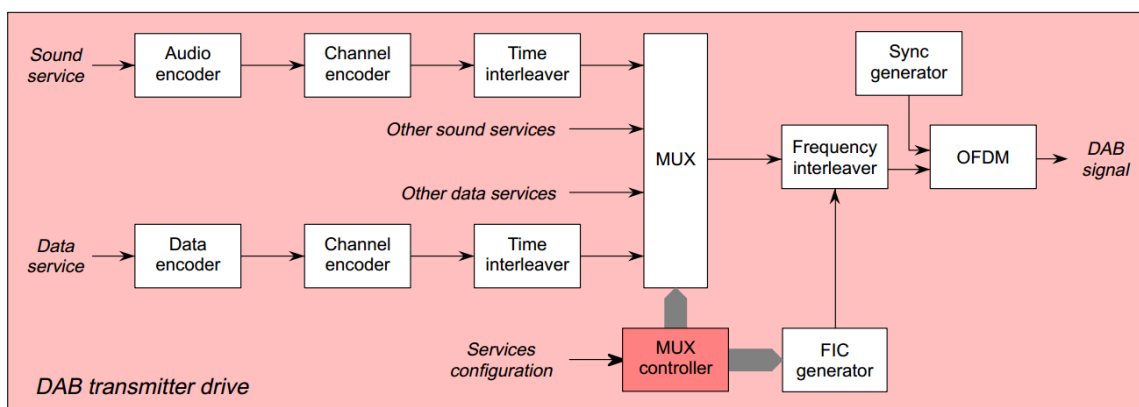
Systém T-DAB je navrhnutý tak, aby zabezpečil vysokokvalitný multiprogramový prenos digitálneho zvuku a prenos dátových služieb nielen do pevných prijímačov, ale hlavne do prijímačov vo vozidlách a prenosných prijímačov vybavených jednoduchou všesmerovou anténou. Systém T-DAB dokáže pracovať vo frekvenčných pásmach VHF a tiež v rámci káblových sietí. Na rozdiel od analógových rozhlasových služieb umožňuje systém T-DAB multiplexovať niekoľko zvukových programov a vysielat' ich na tej istej frekvencii. Počet programov v multiplexe závisí od:

- Kódovanej bitovej rýchlosti daného audio programu.
- Voľby kvality korekčného kódu.
- Veľkosti dát doplnkových služieb, ktoré sú pridané do multiplexu.

V roku 2007 bol implementovaný do systému T-DAB nový **progresívny audio kódovač AAC** (Advanced Audio Coding) a systém bol označený **T-DAB+**. Kódovač pracuje s viacerými profilmi. Podrobnejšie o jednotlivých profiloch pojednáva [8].

### 1.2.1 KONCEPCIA VYSIELAČA A PRIJÍMAČA T-DAB

Zjednodušená koncepcia vysieláča T-DAB je na **obr. 1.3**, kde zvuk a dátové služby sú kódované individuálne (zdrojové kódovanie), potom sú pridané bity korekčného kódu (kanálové kódovanie) a nasleduje časové prekladanie. Zvukové a dátové služby sú multiplexované do **kanála hlavnej služby MSC** (Main Service Channel) spolu s ostatnými službami podľa vopred definovanej, no variabilnej konfigurácie. Výstup multiplexora je frekvenčne prekladaný a kombinovaný s riadením multiplexu a informáciou o službe, ktoré sú prenášané **rýchlym informačným kanálom FIC** (Fast Information Channel). Tento kanál nie je časovo prekladaný. Pridané sú synchronizačné impulzy, je realizovaný OFDM multiplex a signál je modulovaný moduláciou D-QPSK na veľký počet nosných signálov – kompletný DAB signál.



Obrázok 1.3 – Zjednodušená koncepcia vysieláča T-DAB [4]

Systém T-DAB teda prenáša informácie pomocou dvoch hlavných informačných kanálov:

- rýchly informačný kanál FIC,
- kanál hlavnej služby MSC.

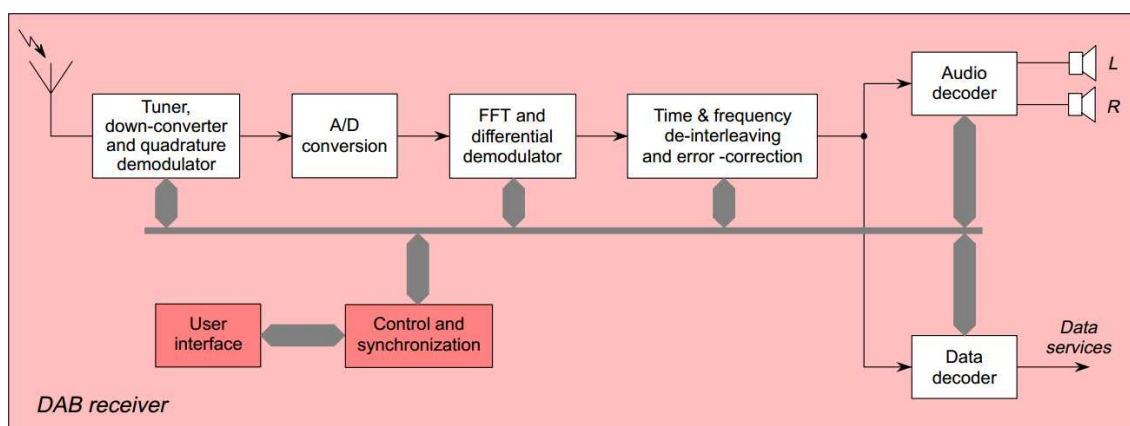
Hlavnou úlohou kanála FIC, ktorý je tvorený **rýchlymi informačnými blokmi FIB** (Fast Information Blocks), je prenášať riadiacu informáciu, potrebnú na interpretáciu konfigurácie kanála MSC. Podstatná časť tejto informácie je **informácia o konfigurácii multiplexu MCI** (Multiplex Configuration Information), prípadne o jeho rekonfigurácii.

Ďalšie typy informácie, ktoré môžu byť vložené do kanála FIC, predstavujú **informáciu o službe SI** (Service Information), informáciu o manažovaní **podmieneneho prístupu CA** (Conditional Access) a **rýchly informačný dátový kanál FIDC** (Fast Information Data Channel). Aby bola možná rýchla a bezpečná odozva na MCI, je kanál FIC vysielaný bez časového prekladania, ale s kvalitnou ochranou proti chybám pri prenose.

Kanál MSC je tvorený postupnosťou **spoločne prekladaných rámcov CIF** (Common Interleaved Frames), ktoré sa vysielajú každých 24 ms. Najmenšia adresovateľná jednotka CIF je **jednotka kapacity CU** (Capacity Unit), ktorej veľkosť je 64 bitov. Určitý počet CU je zoskupený do základnej transportnej jednotky MSC, ktorá sa nazýva **subkanál**. MSC je teda tvorený multiplexom subkanálov.

Pre **zložky služby SC** (Service Components) v kanáli MSC sú definované dva odlišné transportné módy – *mód toku* (stream mode) a *paketový mód* (packet mode). Mód toku poskytuje transparentný prenos od zdroja ku koncovému bodu s pevnou bitovou rýchlosťou v danom subkanáli. Paketový mód je definovaný na prenesenie niekoľkých zložiek dátovej služby do jediného subkanála. Každý subkanál môže prenášať jednu alebo viacero zložiek služby [7].

**Obr. 1.4** predstavuje zjednodušené koncepčné riešenie prijímača T-DAB. Signál T-DAB je prijímaný analógovým tunerom, potom je preložený do základného pásma a demodulovaný. Nasleduje **konverzia analógového signálu na digitálny A/D** (Analog/Digital) a digitalizovaný výstup je vedený do stupňa **rýchlej Fourierovej transformácie FFT** (Fast Fourier Transform) a je diferenciálne demodulovaný. Nasledujú operácie časového a frekvenčného prekladania a oprava chýb. Signál je dekódovaný audio dekódovačom a vedený na výstup prijímača ako ľavý a pravý audio signál [9].



**Obrázok 1.4 – Zjednodušená koncepcia prijímača T-DAB [9]**

## 1.2.2 PRENOSOVÉ MÓDY T-DAB

Pre systém T-DAB boli v minulosti špecifikované 4 prenosové módy, avšak v súčasnosti je ETSI EN 300 401 V2.1.1 definovaný jediný prenosový mód I [7]. Špecifikácia prenosového módu I je definovaná v **tab. 1.2**.

**Tabuľka 1.2 – Prenosový mód T-DAB [7]**

	<b>Mód I</b>
Maximálna frekvencia (MHz)	300
Počet nosných OFDM	1536
Odstup nosných (kHz)	1
Šírka symbolu ( $\mu$ s)	1246
Šírka ochranného intervalu ( $\mu$ s)	246
Trvanie prenosového rámca (ms)	96
Počet symbolov v rámci	76
Šírka nulového symbolu ( $\mu$ s)	1297
Počet blokov FIB v prenosovom rámci	12
Počet rámcov CIF v prenosovom rámci	4

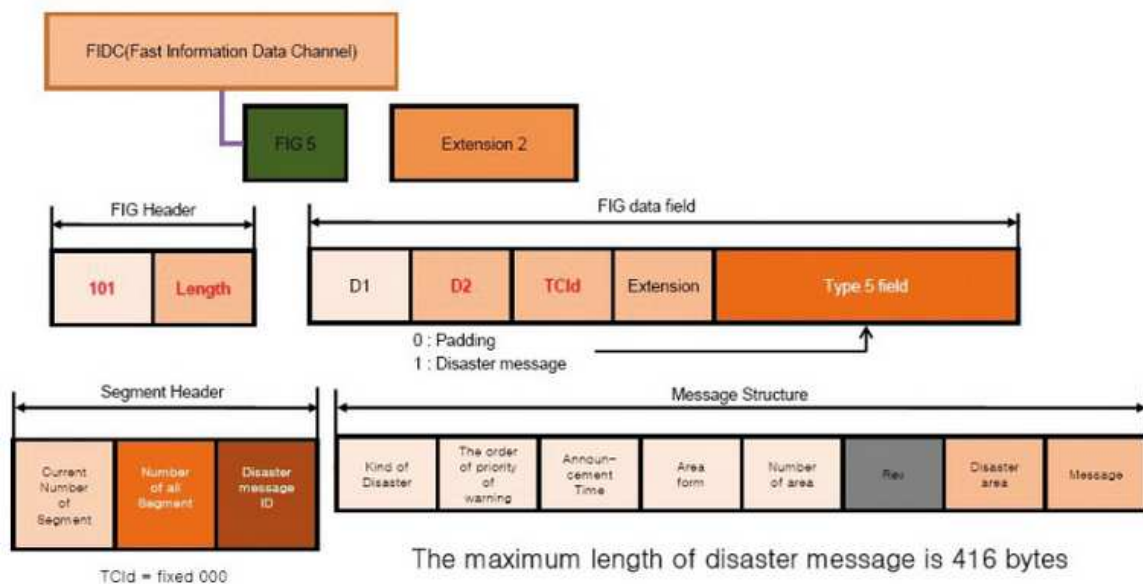
## 1.2.3 EWF VERZUS EWS

Štandardy T-DAB a T-DAB+ sú efektívnym nástrojom na implementáciu  **systému núdzového varovania EWS** (Emergency Warning System). Systém EWS je súčasťou normy ETSI EN 300 401 v2.1.1 [7], podľa ktorej je systém EWS zastrešený pod funkcionalitou **AA** - Alarm Announcement. Umožňuje pozemské vysielanie varovných hlásení pre oblasti s veľkou populáciou pomocou FIC kanála systému T-DAB+. Prax ukázala, že rozhlasové vysielanie núdzového varovania je vysoko spoľahlivé, zatiaľ čo ostatné prenosové médiá, ako internet alebo telekomunikačné siete, boli neúčinné [13].

V roku 2007 bola služba EWS implementovaná do systému DAB/DMB v Južnej Kórei pod štandardom s názvom *Automatic Emergency Alert Service*. Služba umožňuje vysielateľ krátke textové správy do prijímačov štandardu **pozemského digitálneho vysielania multimedialneho obsahu T-DMB** (Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting), ktoré pripravuje národná agentúra núdzového varovania NEA (National Emergency Agency). Správa EWS obsahuje nasledujúce údaje:

- Typ katastrofy (3-bajtová informácia, napr. FLW – Flood warning).
- Priorita varovania (4 priority, podľa ktorých prijímač signalizuje núdzovú správu rôznym spôsobom – blikanie displeja, vyzváňanie,...).
- Čas varovania.
- Oblasť katastrofy.
- Samotná správa.

Pretože na prenos núdzovej správy je potrebná len malá prenosová rýchlosť, systém používa kanál FIC, ktorý je vďaka robustnému kanálovému kódovaniu (kódový pomer 1/3) vhodný. Okrem toho FIC kanál nie je časovo prekladaný, takže môže byť okamžite dekódovaný, bez nutnosti čakať na príjem ďalších prenosových rámcov. Kanál FIC prenáša údaje **rýchlej informačnej skupiny FIG** (Fast Information Group), konkrétne FIG typu 5 v rozšírení 2 (FIG 5/2) (**obr. 1.5**).



**Obrázok 1.5 – Konfigurácia kanálu FIC systému EWS v Južnej Kórei[13]**

Iný spôsob núdzového vysielania spočíva vo vyslaní núdzového varovania v kombinácii s *funkciou automatického prepnutia frekvencie*. V tomto prípade jedna služba DAB obsahuje núdzové varovanie a všetky ostatné služby sa prepnú na túto službu s varovným vysielaním. Hlásením môže byť text, reč, alebo programom pridružené dátové služby, alebo všetky spolu v rovnakom čase, ak je umožnený príjem multimediálnych správ.

Kanál FIC môže byť opäť použitý s údajmi FIG (0/18) Podpora hlásenia (Announcement Support), FIG (0/19) Prepnutie hlásenia (Announcement Switching), resp. FIG (0/21) Informácia o frekvencii (Frequency Information) [13].

**Funkcia núdzového varovania EWF** (Emergency Warning Functionality) bola navrhnutá v [11]. Na rozdiel od funkcie EWS (popísanej vyššie) nepotrebuje funkcia EWF špeciálny prijímač a je určená na príjem varovných hlásení širokou verejnosťou.

Funkcia dokáže prenášať detailnú informáciu o varovaní v textovej forme:

- Dôvod vyslania núdzovej správy.
- Inštrukcie pre ďalšiu činnosť.
- Detail kontaktu pre podrobnejšiu informáciu.
- Zoznam postihnutých oblastí.
- Zoznam postihnutých osôb (hľadané osoby, ...).

Textová správa je okamžite k dispozícii vo viacerých jazykových mutáciách v jednom vysielaní. Funkcia využíva DAB multimediálne aplikácie na vyslanie a zobrazenie varovného hlásenia:

- Dynamické menovky (Dynamic labels) – ide o sprievodné menovky vysielané s programom (128 znakov, vysielané maximálne každých 20 sekúnd, ktoré sa zobrazia na monitore prijímača ako krátka správa).
- „Journaline“ – textová informačná správa (Unicode) podporovaná všetkými triedami prijímačov, ktorá obsahuje detailnú textovú informáciu vo viacerých jazykoch (skriptoch).



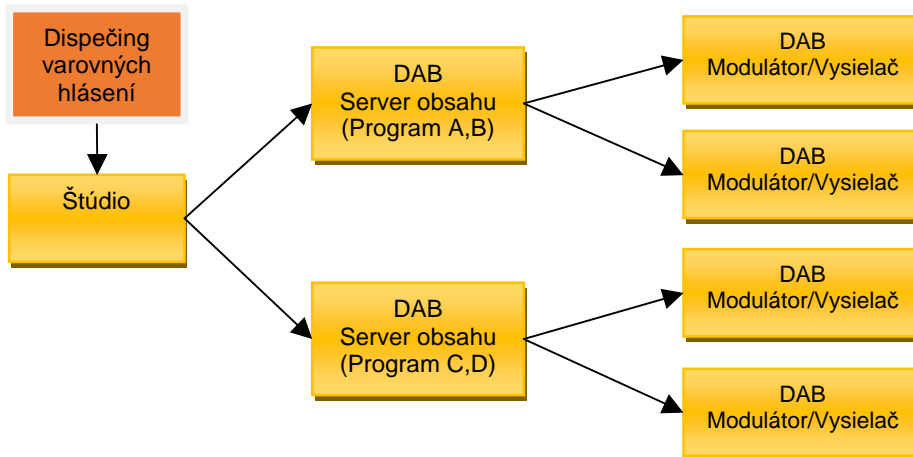
Príjem varovného hlásenia:

- Zapnuté prijímače DAB systému dokážu varovné hlásenie v multiplexe DAB identifikovať a prepnúť sa na núdzové vysielanie (ak je to požadované).
- Vypnuté prijímače DAB sa zapnú automaticky (túto funkciu musia podporiť výrobcovia prijímačov).

Prijímače DAB prezentujú varovné hlásenie dvomi spôsobmi:

- Audio prenos.
- Textový prenos – detailná informácia a inštrukcie („Journaline“), alebo len textové titulky (dynamické menovky). Túto možnosť majú len prijímače vybavené displejom.

Typická vysielacia štruktúra funkcie DAB EWF je na **obr. 1.6**.



**Obrázok 1.6 – Vysielacia štruktúra funkcie EWF v DAB systéme [11]**

Manažment varovných hlásení spúšťa poplach pre všetky relevantné DAB multiplexy. Server obsahu potom vloží do vysielania varovné hlásenie, prípadne dynamicky rekonfiguruje vysielanie tak, aby sa mohlo varovné hlásenie vložiť do multiplexu [11].

Prenos núdzového vysielania od dispečingu varovných hlásení do serveru obsahu je možné dvomi spôsobmi:

1. Medzinárodným štandardom pre automatickú distribúciu hlásení v štúdiu UECP.
2. Webovým rozhraním – umožňuje manuálne spustiť poplachový spínač v servri obsahu (napr. z panelu operátora, alebo ako rezervný mechanizmus).

## **2 TECHNICKÝ NÁVRH SPÔSOBU ŠÍRENIA VAROVNÝCH HLÁSENÍ PROSTREDNÍCTVOM POZEMSKÉHO DIGITÁLNEHO ROZHLASOVÉHO VYSIELANIA**

Návrh technického spôsobu šírenia varovných hlásení prostredníctvom systémov DAB, resp. DAB+ je závislý predovšetkým od koncepcie a tvorby multiplexu, resp. komplexného dátového toku DAB/DAB+.

Varovné hlásenia spolu s rýchlymi informáciami o dopravnej situácii patria do kategórie rýchlych textových správ. Je teda zrejme, že v prípade varovných hlásení sa požaduje predovšetkým schopnosť čo najrýchlejšie a spoľahlivo dekodovať a zobraziť varovné hlásenia, resp. upozornenia. Nároky na prenosovú kapacitu sú relatívne nízke, nakoľko je potrebné oznámiť, resp. zobraziť len varovné informácie o vzniknutej situácii, prípadne iné

doplnkové informácie (neprenášajú sa objemné audio, resp. video dáta). Vyžaduje sa však veľká spoľahlivosť a robustnosť dátovej komunikácie.

Vzhľadom na vyššie uvedené skutočnosti je zrejmé, že na prenos varovných hlásení je potrebné zvoliť jednak vhodnú metódu prenosu dát, ale tiež vhodný logický prenosový kanál. Podrobná analýza možností implementácie varovných hlásení do systému DAB/DAB+ je uvedená v ďalšej časti tohto dokumentu.

## 2.1 PODROBNÁ ANALÝZA MOŽNOSTÍ IMPLEMENTÁCIE VAROVNÝCH HLÁSENÍ DO SYSTÉMU T-DAB+

Základný prehľad možností implementácie varovných hlásení prostredníctvom pozemského digitálneho rozhlasového vysielania je zrejмый z **obr. 1.7**, kde je hierarchicky znázornený súbor všetkých dôležitých aplikácií a protokolov, ktoré priamo súvisia s digitálnym rozhlasovým vysielaním v perspektívnych systémoch DAB, resp. DAB+ [12].

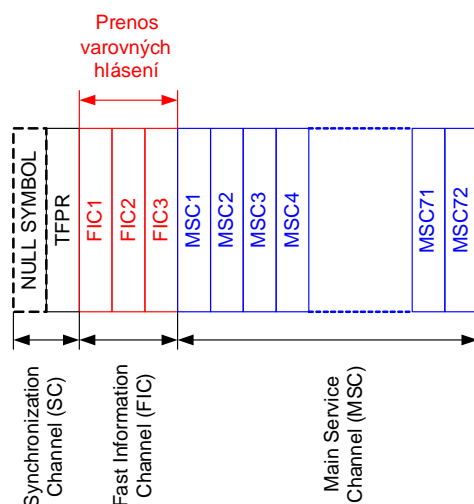
<b>MCI</b> – Multiplex Configuration Information Informácia o konfigurácii multiplexu	<b>SI</b> – Service Information Prídavné informácie o transportovaných službách	<b>TMC/EWS</b> – Traffic Message Channel/ Emergency Warning System Dopravné informácie/Varovné hlásenia	<b>FIC</b>	<b>DAB Radio</b> MPEG 1/2	<b>DAB+ Radio</b> HE AAC v2	<b>DMB</b> – Digital Multimedia Broadcasting (MPEG-4 ...) Prenos videobsahu (napr. pre mobilné prijímače)	<b>Broadcast WebSite</b> www aplikácie a dátové služby	<b>Slide Show</b> Prenos prezentácií	<b>Top News</b> Prenos textových informácií	<b>Middleware/Java</b>	<b>EPG</b> DAB Electronic Program Guide	<b>TPEG</b> – Transport Protocol Expert Group	<b>BT Movie</b> Prenos IP video aplikácií	<b>External Application</b>
				<b>FEC</b>	<b>MPEG-2</b> Transport Stream	<b>MOT</b> – Multimedia Object Transfer Prenos multimediálneho obsahu	<b>TDC</b>	<b>IP</b>						
				<b>LFA</b> – Logical Frame Alignment	<b>FEC</b>	<b>FEC - optional</b>								
				<b>Stream Mode</b> Súvislý synchrónny dátový tok		<b>Packet Mode</b> Asynchrónny paketový tok								
<b>FIC - Fast Information Channel</b> Informácie o prenášaných službách				<b>MSC – Main Service Channel</b> Prenos užitočných dát (služieb a aplikácií)										
<b>DAB/DAB+ Physical Layer</b> Fyzická vrstva - prenosové médium														

Obrázok 1.5 – Vrstvový model DAB/DAB+

Pomocou uvedeného obrázku je možné získať základný prehľad o možnostiach implementácie varovných hlásení v perspektívnych systémoch pozemského digitálneho rozhlasového vysielania. Všetky segmenty, ktoré sa týkajú implementácie varovných hlásení do systémov DAB, resp. DAB+, sú zvýraznené farebne.

Ako je z **obr. 1.7** zrejmé, celková prenosová kapacita je rozdelená na dva základné logické bloky, označované ako logické prenosové kanály – kanál hlavnej služby MSC a rýchly informačný kanál FIC.

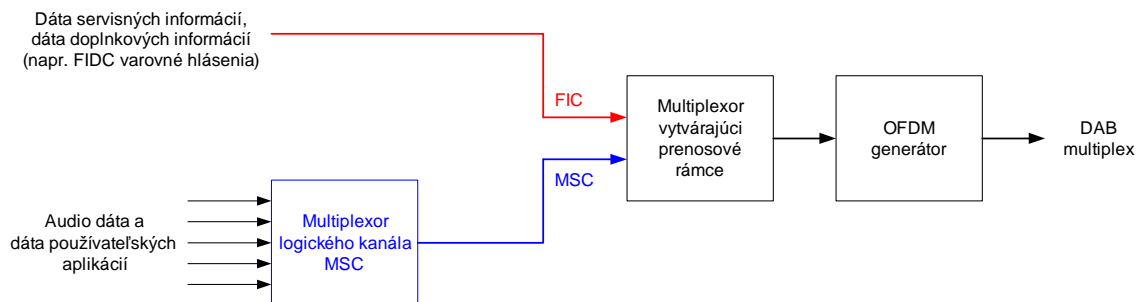
Z **obr. 1.7** je ďalej zrejmé, že všetky dáta (MSC a FIC) sa transportujú prostredníctvom **DAB/DAB+ fyzickej vrstvy** (DAB/DAB+ Physical Layer), a to pomocou tzv. **prenosového rámca**. Prenosový rámec je definovaný ako periodicky sa opakujúca postupnosť OFDM symbolov, pričom každý OFDM symbol jednoznačne prislúcha k danému logickému kanálu (MSC alebo FIC). Usporiadanie prenosového rámca je znázornené na **obr. 1.8** [12].



**Obrázok 1.6 – Prenosový rámeč**

Proces vytvárania DAB/DAB+ multiplexu je blokovo znázornený na **obr. 1.9**. Ako je z **obr. 1.9** zrejme a ako už bolo uvedené, užitočné dáta prenášaných aplikácií (audio dáta, dáta rôznych doplnkových používateľských aplikácií) sú transportované prostredníctvom kanála MSC. Užitočné dáta kanála MSC sa v rámci vytvárania multiplexu DAB/DAB+ združujú do celkov určitej veľkosti, tzv. spoločných prekladaných rámcov CIF.

Dáta servisných a rôznych doplnkových informácií, kam patria aj dáta varovných hlásení, sú transportované prostredníctvom logického kanála FIC. Podobne ako dáta prislúchajúce k logickému kanálu MSC, aj dáta prenášané logickým kanálom FIC sa združujú do celkov určitej veľkosti - rýchlych informačných blokov FIB. Následne je vytvorený prenosový rámeč (**obr. 1.8**), ktorý pozostáva z určitého počtu rámcov CIF a rámcov FIB, ktoré sú zlúčené do jedného logického celku – prenosového rámeča. Takto vytvorený prenosový rámeč je následne mapovaný do určitého počtu OFDM symbolov.

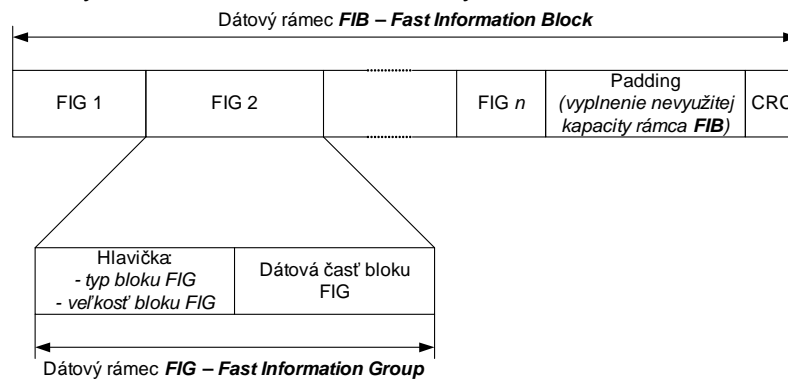


**Obrázok 1.7 – Blokovo znázornenie vytvárania multiplexu DAB/DAB+**

Logický prenosový kanál FIC teda pozostáva z určitého počtu rámcov FIB. Každý dátový blok – rámeč FIB pozostáva z 32 bajtov. Pre účely detekcie chýb CRC sú použité 2 bajty. Zvyšných 30 bajtov rámeča FIB je rozdelených na ďalšie bloky – rýchle informačné skupiny FIG. Jednotlivé dátové bloky FIG sú podľa ich účelu a funkcie diferencované podľa časti **typ dátového bloku** (type field), ktorá sa nachádza v hlavičke každého bloku FIG. Rozlišujeme rôzne typy dátových blokov FIG. Z hľadiska EWS je dôležitý FIG typu 5 – prenáša dáta prostredníctvom logického kanála FIDC. Ako vidieť na **obr. 1.7**, práve prostredníctvom logického kanála FIDC, a teda prostredníctvom dátových blokov FIG typu 5, je možné prenášať varovné hlásenia.

Na **obr. 1.10** [12] je znázornená štruktúra jedného prenosového rámeča FIB, ktorý pozostáva z nasledovných dátových častí:

- **FIG 1 až FIG n** – je  $n$  dátových blokov rôznej veľkosti, prostredníctvom ktorých sa prenášajú rôzne servisné a doplnkové informácie (prostredníctvom logického kanála FIDC aj dopravné a varovné hlásenia).
- **Padding** – nepovinný dátový blok, slúžiaci na vyplnenie nevyužitej kapacity rámca FIB.
- **CRC** – dátový blok slúžiaci na detekciu chýb.

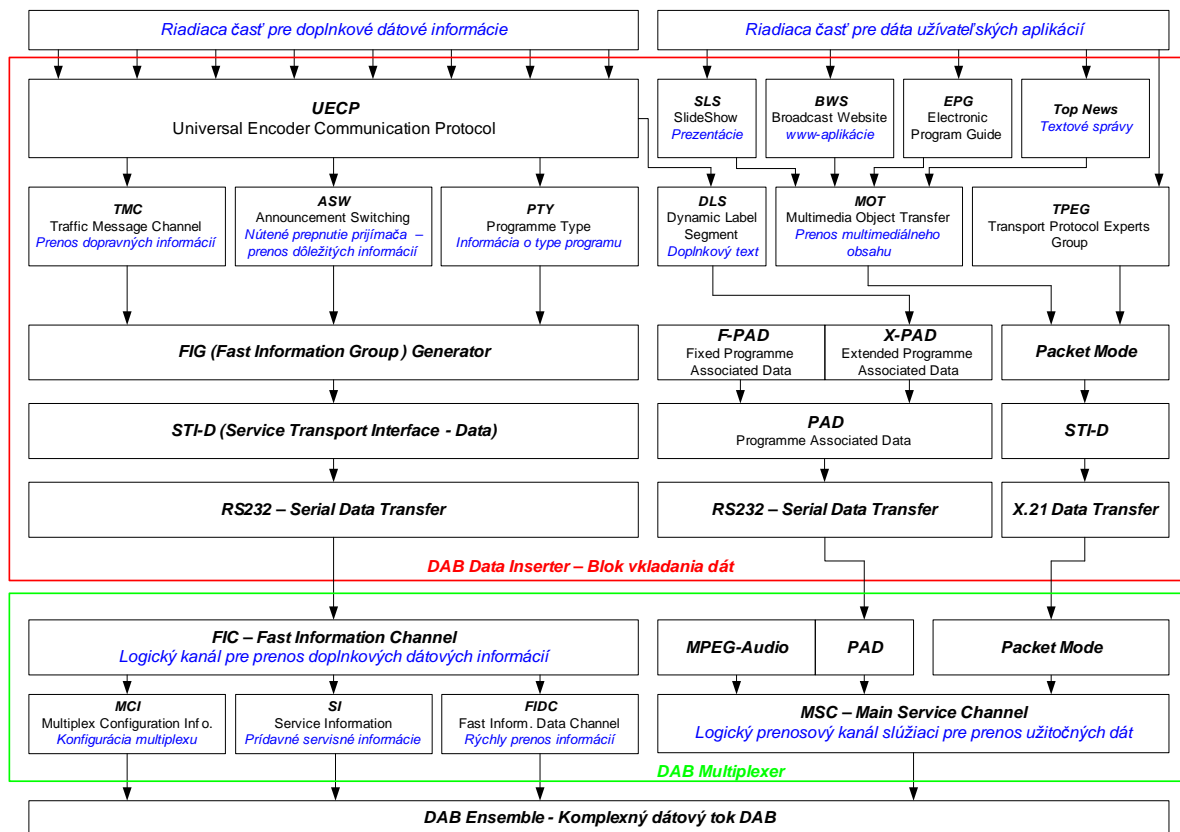


**Obrázok 1.8 – Štruktúra prenosového rámca FIB**

Technická realizácia vkladania dátových rámcov, resp. dátových informácií do multiplexu DAB/DAB+ sa vo všeobecnosti vykonáva pomocou **bloku vkladania dát DAB** (DAB Data Inserter Block).

Na **obr. 1.11** [12] je znázornené jedno z možných technických riešení bloku vkladania dát DAB, kde sú na prenos dát použité určité konkrétne protokoly (UECP, RS232, X.21). Odlišnosti pri iných technických riešeniach vyplývajú predovšetkým z použitia iných transportných protokolov.

Hlavnou funkciou bloku vkladania dát DAB je predovšetkým kódovanie dátového obsahu prichádzajúceho z rôznych zdrojov (napr. vysielačie rozhlasové štúdio) do formy daného prenosového protokolu, ktorý prislúcha k danému logickému dátovému kanálu DAB/DAB+.



**Obrázok 1.9 – Technické riešenie bloku vkladania dát DAB (Data Inserter)**

Do bloku vkladania dát DAB vstupuje dátový obsah z rôznych dátových zdrojov. Tento dátový obsah je následne kategorizovaný do troch základných tried:

- *Trieda 1* – rýchle dáta prislúchajúce logickému prenosovému kanálu FIC (prenos servisných informácií, prenos informácií o zložení multiplexu a prenos doplnkových informácií prostredníctvom kanála FIDC).
- *Trieda 2* – **doplnkové dáta pridružené k programu PAD** (Programme Associated Data), ako textové informácie o interpretoch a vysielaných skladbách, informácie o programe, doplnkové reklamné informácie a podobne.
- *Trieda 3* – dáta prenášané v paketovom režime (prenos multimedialných prezentácií, prenos aplikácií www, prenos TPEG aplikácií a podobne).

Kategorizácia dátového obsahu na tri základné triedy následne súvisí s koncepciou bloku vkladania dát DAB. Ako vidieť na **obr. 1.11**, blok vkladania dát DAB je možné rozdeliť na tri základné časti:

1. Časť pre spracovanie FIC dát (prvý výstup z bloku vkladania dát DAB).
2. Časť pre spracovanie PAD dát (druhý výstup z bloku vkladania dát DAB).
3. Časť pre spracovanie dát prenášaných v paketovom režime (tretí výstup z bloku vkladania dát DAB).

Z hľadiska prenosu varovných hlásení je dôležitá najmä časť pre **vkladanie FIC dát** (FIC data inserter). Prídavné servisné informácie SI, ktoré sú do multiplexu DAB/DAB+ vkladane prostredníctvom časti vkladania FIC dát, poskytujú doplnkové informácie o transportovaných audio a dátových službách. Dáta prídavných servisných informácií SI sú kódované do dátových blokov FIG, ktoré majú v závislosti od typu dát SI statický alebo dynamický charakter a sú prenášané prostredníctvom logického kanála FIC.

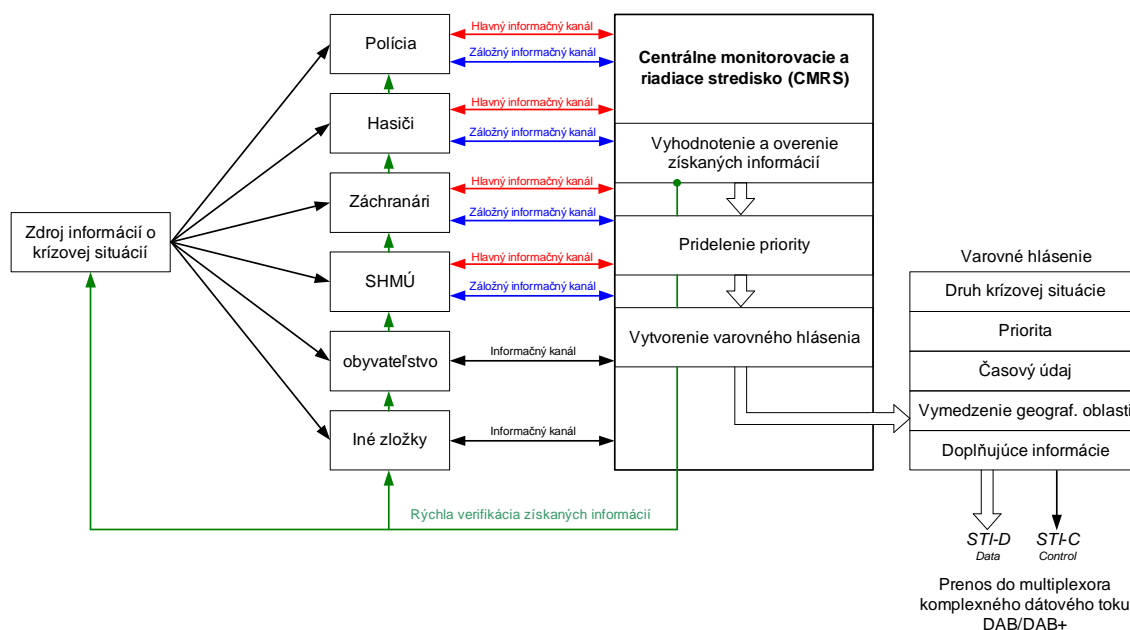
## 2.2 NÁVRH TECHNICKÉHO RIEŠENIA

Implementácia varovných hlásení do systému DAB/DAB+ vyžaduje činnosť existujúceho **centrálneho monitorovacieho a riadiaceho strediska (CMRS)** ako zložky Ministerstva vnútra SR. V oblasti pozemského digitálneho rozhlasového vysielania je úlohou strediska vytvárať varovné hlásenie ako stručnú, ale výstižnú správu o vzniknutej krízovej situácii a túto následne urgentne postúpiť do vysielacieho štúdia, resp. priamo do časti DAB/DAB+ serverov obsahu.

Varovné hlásenie (výstup z CMRS) by malo mať unifikovaný formát. Navrhujeme, aby pozostávalo z nasledovných častí:

- Druh krízovej situácie (živelná pohroma, havária, teroristický útok a podobne).
- Pridelená priorita varovného hlásenia (ohrozenie majetku, možné ohrozenie zdravia, ohrozenie života a podobne).
- Čas získania informácie o krízovej situácii a čas odoslania varovného hlásenia.
- Vymedzenie geografickej oblasti, ktorej sa dané varovné hlásenie týka.
- Krátka správa o vzniknutej krízovej situácii, resp. doplňujúce informácie týkajúce sa danej krízovej situácie.

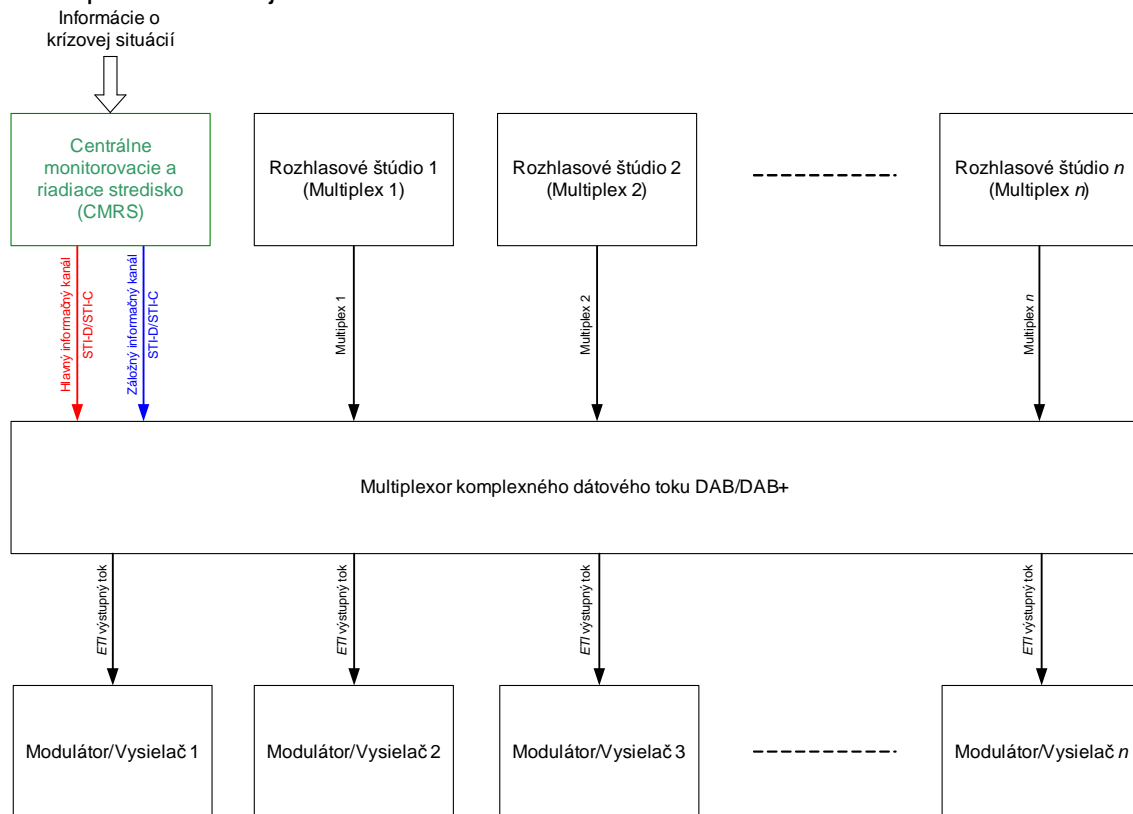
Na **obr. 1.12** je znázornená navrhovaná koncepcia centrálneho monitorovacieho a riadiaceho strediska (CMRS) a jeho prepojenie s rôznymi informačnými zdrojmi.



**Obrázok 1.10 – Navrhovaná koncepcia centrálneho monitorovacieho a riadiaceho strediska**

Ako je z **obr. 1.12** zrejmé, navrhujeme, aby prepojenie CMRS s inými dôležitými informačnými zložkami (ako je napr. polícia, hasiči, záchranári a podobne) bolo realizované minimálne dvomi nezávislými informačnými cestami (hlavný a záložný informačný kanál), čím sa minimalizuje riziko výpadku spojenia. Vytvorená správa – varovné hlásenie je ďalej postúpená priamo do multiplexora komplexného dátového toku DAB/DAB+ prostredníctvom STI-D (data – informačná časť) a STI-C (control – riadiaca časť). Opäť navrhujeme, aby sa prenos varovných hlásení z centra varovných hlásení do multiplexora komplexného dátového toku realizoval minimálne dvomi nezávislými informačnými cestami. V multiplexore komplexného dátového toku DAB/DAB+ sa k dátam prenášajúcim varovné hlásenia pridružia všetky ostatné dátové toky z jednotlivých rozhlasových štúdií a vytvorí sa komplexný dátový

tok rozhrania prenosu súboru programových a dátových služieb ETI (Ensemble Transport Interface), ktorý je ďalej postúpený k jednotlivým vysielačom. Navrhovanú koncepciu znázorňuje **obr. 1.13**.

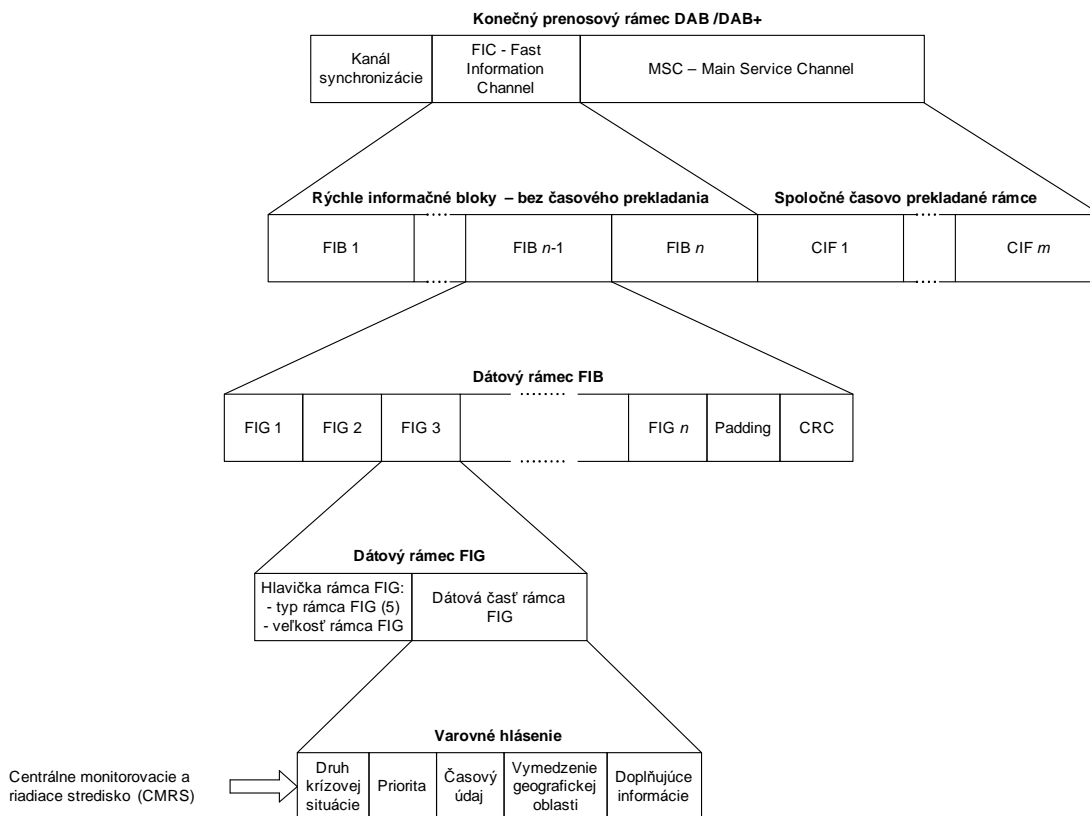


**Obrázok 1.11 – Navrhovaná koncepcia prepojenia centrálného monitorovacieho a riadiaceho strediska so systémom vysielača DAB/DAB+**

Nakoľko pri prenosu varovných hlásení je extrémne dôležitá spoľahlivosť a robustnosť dátového spoja, navrhujeme varovné hlásenia prenášať výlučne prostredníctvom rýchleho informačného kanála FIC v logickej časti FIDC. Navrhovaný proces zapuzdrenia varovného hlásenia do konečného prenosového rámca je nasledovný:

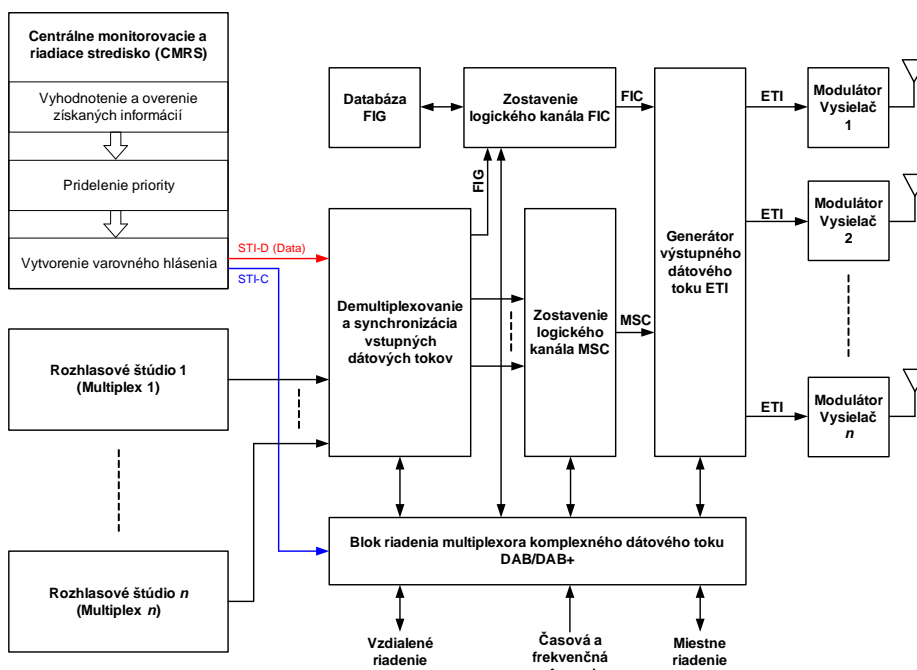
- Správa z CMRS – varovné hlásenie – sa zapuzdrí do rámca, resp. viacerých rámcov FIG. K správe sa teda doplní typ bloku FIG a jeho veľkosť. Pre prenos varovných hlásení je vyhradený FIG typu 5.
- Z rámcov FIG sa následne zostaví 32 bajtový dátový rámec FIB. K rámcom FIG sa teda doplní 2 bajtový dátový blok pre detekciu chýb CRC a ak je to potrebné, aj nepovinný dátový blok na vyplnenie zvyšnej kapacity rámca FIB – výplň (padding).
- Nakoniec sa z rámcov FIB a CIF zostaví konečný prenosový rámec, ktorý je následne mapovaný do 77 OFDM symbolov.

Popísaný proces zapuzdrenia varovného hlásenia do konečného prenosového rámca je znázornený na **obr. 1.14**.



**Obrázok 1.12 – Navrhovaný proces zapuzdrenia varovného hlásenia do konečného prenosového rámca DAB/DAB+**

Na základe predošlého rozboru a predošlých návrhov je ďalej možné navrhnúť komplexnú koncepciu rozhlasového systému DAB/DAB+ s implementovanou funkcionalitou umožňujúcou prenášať varovné hlásenia. Bloková schéma návrhu je znázornená na **obr. 1.15**.



**Obrázok 1.13 – Navrhovaná koncepcia systému DAB/DAB+ s implementovanou funkcionalitou pre prenos varovných hlásení**



Ako je z **obr. 1.15** zrejme, základnou časťou navrhovanej koncepcie je centrálna monitorovacia a riadiaca stredisko (CMRS). Výstup z centra je varovné hlásenie, ktoré sa vo formáte STI-D a STI-C prenáša do multiplexora komplexného dátového toku DAB/DAB+. V multiplexore komplexného dátového toku sa varovné hlásenie zapuzdrí do dátového rámca FIG a FIB a prostredníctvom logického kanála FIC, resp. FIDC sa prenáša do generátora výstupného dátového toku. Komplexný dátový tok DAB/DAB+ sa následne vo formáte ETI prenáša k jednotlivým OFDM modulátorom a vysiela sa ako multiplex k jednotlivým DAB/DAB+ prijímačom.

### 3 CELKOVÝ ZÁVER

Na základe analýzy konštatujeme, že z hľadiska cieľov projektu je najjednoduchšia implementácia vysielenia varovných hlásení pomocou štandardu DRM, ktorý obsahuje povinnú podporu funkcie EWF v ktoromkoľvek prijímači DRM. Avšak vzhľadom na súčasný rozvoj tohto vysielenia, a najmä stav v dostupnosti prijímačov, sa v súčasnosti ako jedinou vhodnou technologickou platformou pre realizáciu vysielenia varovných hlásení digitálnym rozhlasovým systémom ukazuje **štandard T-DAB+**. Na vytvorenie efektívneho varovného systému, ktorý bude založený na štandarde T-DAB+, je však nutná implementácia funkcie EWF podľa možností do všetkých prijímačov štandardu T-DAB+, čo vyžaduje podporu výrobcov rozhlasových prijímačov tohto štandardu.

Navrhujeme, aby prepojenie centra CMRS dôležitými informačnými zložkami (ako je napr. polícia, hasiči, záchranári a podobne) bolo realizované minimálne dvomi nezávislými informačnými cestami (hlavný a záložný informačný kanál), čím sa minimalizuje riziko výpadku spojenia.

Vytvorené varovné hlásenie, ktoré obsahuje druh krízovej situácie, prioritu, časový údaj, vymedzenú geografickú oblasť, príp. doplňujúce informácie, navrhujeme multiplexovať do dátového toku DAB/DAB+ prostredníctvom rozhrania prenosu služby STI-D a STI-C. V multiplexore komplexného dátového toku navrhujeme varovné hlásenie zapuzdriť do dátového rámca FIG a FIB a prostredníctvom logického kanála FIC, resp. FIDC ho preniesť do generátora výstupného dátového toku. Komplexný dátový tok DAB/DAB+ sa následne vo formáte ETI prenáša k jednotlivým OFDM modulátorom a vysiela sa ako multiplex k jednotlivým T-DAB/DAB+ prijímačom.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] <http://www.drm.org/drm-features/>
- [2] ETSI ES 201 980 V4.1.1:2014 „Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification“
- [3] STN 34 5353: 2001 „Frekvenčné pásma na šírenie televíznych a rozhlasových signálov“
- [4] Pozemské digitálne rozhlasové vysielanie v pásmach LF, MF, HF a VHF s využitím systémov DRM a DRM+. Záverečná správa úlohy 358/122, 2008, VÚS Banská Bystrica
- [5] <http://www.drm.org/wp-content/uploads/2014/07/DRM-EWF-Emergency-Warning-Overview-v2.pdf>
- [6] Rec. ITU-R BS.1114-9 „Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz“
- [7] ETSI EN 300 401 V2.1.1 (2017-01) “Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers”
- [8] Hagara, L.: Analýza možností šírenia varovných hlásení prostredníctvom digitálneho rozhlasového systému T-DAB+. Bakalárska práca. Žilina 2016
- [9] Kozamernik, F.: Digital Audio Broadcasting– radio now and for the future. [https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev\\_265-kozamernik.pdf](https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_265-kozamernik.pdf)
- [10] Perspektívne systémy na poskytovanie rozhlasových a iných služieb v pásmach AM, TV III a L. Záverečná správa úlohy 322/122, 2009, VÚS Banská Bystrica
- [11] Zink, A.: DAB EWF – Emergency Warning & Alert Functionality. In: [http://www.dutchguild.nl/14nov13/DAB-EWF\\_Emergency-Warning\\_zink\\_v1\\_2013-11-12.pdf](http://www.dutchguild.nl/14nov13/DAB-EWF_Emergency-Warning_zink_v1_2013-11-12.pdf)
- [12] Hoeg, W., Lauterbach, T.: Digital Audio Broadcasting – Principles and Applications of DAB, DAB+ and DMB. John Wiley & Sons Ltd., 2009

## ZOZNAM SKRATIEK

AA	Alarm Announcement poplašné hlásenie
AAC	Advanced Audio Coding zdokonalené kódovanie zvuku
AAC-LC	AAC Low-Complexity zdokonalené kódovanie zvuku s nízkou zložitosťou
AM	amplitúdová modulácia
BER	Bit Error Rate bitová chybovosť
BPSK	Binary Phase Shift Keying binárne kľúčovanie s posuvom fázy
CIF	Common Interleaved Frames spoločný prekladaný rámec
CMRS	Centrálne monitorovacie a riadiace stredisko
CRC	Cyclic Redundancy Check kontrola cyklickým redundantným kódom
DRM	Digital Radio Modial svetový digitálny rozhlas
DRM30	DRM pre pásmo do 30MHz
DV	dlhé vlny
EPG	Electronic Programme Guide elektronický programový sprievodca
ETI	Ensemble Transport Interface rozhranie prenosu súboru programových a dátových služieb
ETSI	European Telecommunication Standardization Institute Európsky inštitút pre telekomunikačné normy
EFW	Emergency Warning Functionality funkcia núdzového varovania
EWS	Emergency Warning System systém núdzového varovania
FEC	Forward Error Correction dopredná korekcia chýb
FFT	Fast Fourier Transform rýchla Fourierova transformácia
FIB	Fast Information Block rýchly informačný blok
FIC	Fast Information Channel rýchly informačný kanál
FIDC	Fast Information Data Channel rýchly informačný dátový kanál
FIG	Fast Information Group rýchla informačná skupina
FM	frekvenčná modulácia
MCI	Multiplex Configuration Information
MOT	Multimedia Object Transfer prenos multimedialného objektu

MSC	Main Service Channel kanál hlavnej služby
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing multiplex s ortogonálnym frekvenčným delením
PAD	Programme Associated Data dáta pridružené k programu
PTY	Programme Type typ programu
QAM	Quadrature Amplitude Modulation kvadratúrna amplitúdová modulácia
QPSK	Quadrature Phase ShiftKeying kvadratúrna kľúčovanie s posuvom fázy
SC	Synchronization Channel synchronizačný kanál
SI	Service Information informácie o službe
SNR	Signal to Noise Ratio odstup signálu od šumu
STI-D	Service Transport Interface - Data rozhranie prenosu služby - dáta
STI-C	Service Transport Interface - Control rozhranie prenosu služby - riadenie
SV	stredné vlny
T-DAB	Terrestrial Digital Audio Broadcasting - pozemské digitálne rozhlasové vysielanie
TDM	Time Division Multiplex multiplex s časovým delením
T-DMB	Terrestrial DMB pozemské DMB
TFPR	Time-Frequency-Phase Reference časová-frekvenčná-fázová referencia
TMC	Traffic Message Channel kanál dopravných správ
TS	Transport Stream transportný tok
UECP	Universal Encoder Communication Protocol komunikačný protokol univerzálneho kódovača
UHF	Ultra High Frequency ultravysoké frekvencie
VHF	Very High Frequency veľmi vysoké frekvencie
VKV	veľmi krátke vlny