

ELEMENTE DE SINCRONIZARE A SEMNALULUI INFORMAȚIONAL ÎN REȚELE DVB-T2 CU O SINGURĂ FRECVENȚĂ

IACOB M.I., DEMCIUC Iu.I.

Stat Enterprise «Radiocomunicatii», Moldova

Abstract. In this article the technical aspects related to the synchronization of single frequency network DVB-T2, may present interest to technical specialists in the field of digital terrestrial television and also to the students of the faculties of telecommunications and radiocommunications.

Key words: DVB-T2, T2 Gateway, SFN, MFN, T2-Frame, T2-MI, COFDM, PLP, Base band frame, MER, BER.

INTRODUCERE

O rețea de televiziune digitală terestră cu o singură frecvență SFN (Single Frequency Network-SFN) este alcătuită dintr-un grup de emițătoare, care emit concomitent același semnal, pe aceeași frecvență purtătoare, fără a interfera unul cu celălalt și totodată formând aceeași arie de deservire. Într-o rețea SFN, emițătoarele trebuie să emită semnale sincronizate în timp; pe frecvențe nominal coerente; modulate de aceleași fluxuri de date [1]. Aria de deservire (clusterul) SFN trebuie proiectată astfel încât să fie minimizeze propriile interferențe a unui emițător și totodată să fie folosite semnalele utile emise de alte emițătoare. Standardul DVB-T2 [2] de televiziune digitală terestră este orientat pentru implementarea rețelelor cu o singură frecvență. Avantajele importante ale rețelelor SFN, în raport cu rețelele tradiționale de radiodifuziune MFN (Multi Frequency Network), sunt următoarele: utilizarea eficientă a spectrului de frecvențe radio; micșorarea semnificativă a suprafețelor ariilor de umbră în zona de deservire; distribuția mai uniformă a intensității câmpului, etc. Punerea în aplicație a tehnologiei SFN este facilitată de metoda de modulație cu divizarea frecvențelor ortogonale, așa numit COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing), care în anumite condiții asigură în punctul de recepție sumare constructivă a câtorva semnale utile de frecvențe radio RF (Radio Frequency).

I. MODELUL ARHITECTURAL AL SISTEMULUI SFN DVB-T2

Modelul arhitectural [3] al sistemului SFN DVB-T2 este prezentat în figura I.1. Segmentul de emisie al unei rețele SFN DVB-T2 este compus din 3 elemente de bază: stația de codare și multiplexare al conținutului audiovizual; stația de procesare a fluxurilor „T2 Gateway”; modulatorii DVB-T2. Primele două formează stația centrală a sistemului, așa numită stația „Head End”. Stația de codare și multiplexare generează fluxurile TS (Transport Stream), sau GS (Generic Stream), care ulterior sunt aplicate la intrarea dispozitivului „T2 Gateway” [4].

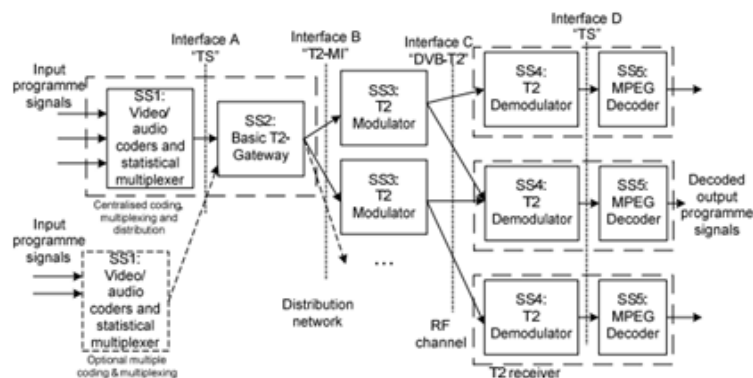


Figura I.1 Modelul arhitectural al sistemului SFN DVB-T2

Dispozitivul „T2 Gateway” efectuează, separat pentru fiecare flux logic, de la intrare, încapsularea acestora într-o serie de BB - cadre (Base band frame), care ulterior sunt transportate spre receptor într-un canal fizic individual PLP (Physical Layer Pipe). La ieșirea stației „T2 Gateway” se formează fluxul digital în serie T2-MI (DVB-T2 Modulator Interface), în pachetele cărui sunt încapsulate BB - cadre și totodată diferite

semnale și instrucțiuni necesare pentru funcționarea clusterului SFN, ca de exemplu: semnalul de sincronizare a momentului de emisie a simbolurilor COFDM de la ieșirea modulatorilor rețelei; semnalizarea L1 ce ține de planificarea resurselor timp-frecvență a cadrului DVB-T2 și alte instrucțiuni.

II. ELEMENTE DE SINCRONIZARE ALE SEMNALULUI ÎN CLUSTERUL SFN DVB-T2

În timpul recepției semnalului COFDM, este importantă sincronizarea precisă a receptorului și emițătorului atât în timp cât și în frecvență. Sincronizarea calitativă poate îmbunătăți în mod semnificativ imunitatea la zgomot a receptorului. Sistemul de sincronizare DVB-T2 asigură toate formele de sincronizare a semnalelor în domeniile de timp și de frecvență cadrelor DVB-T2, simbolurilor COFDM, intervalelor de eșantionare și sincronizare a frecvențelor subpurtătoare.

În sistemul SFN DVB-T2 se pot evidenția mai multe nivele de sincronizare a rețelei, și anume: 1. Elementele de sincronizare și estimare a canalului; 2. Sincronizarea timpului și frecvențelor între toate modulatorii rețelei și stația „T2 Gateway”; 3. Planificarea și introducerea duratei intervalului de gardă al simbolurilor COFDM; 4. Sincronizarea momentului de emisie al simbolurilor COFDM în rețea.

La nivelele de hardware și software ale sistemului DVB-T2, semnalele de sincronizare și estimare sunt plasate în structura cadrului DVB-T2 [5]. Pentru aceasta se utilizează semnalizarea introdusă în simbolurile P1 și P2 (vezi fig. II.1), precum și semnale pilot (vezi fig. II.2) amplasate în interiorul cadrului DVB-T2. Parametrii acestor elemente de sincronizare se instalează de sistem în mod automat în urma configurării rețelei, efectuată prin opțiunile meniului stației „T2 Gateway”.

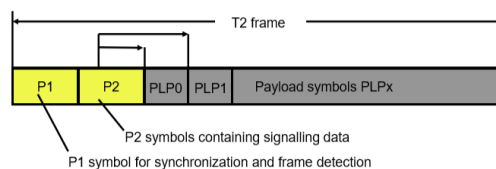


Figura II.1 Structura cadrului DVB-T2

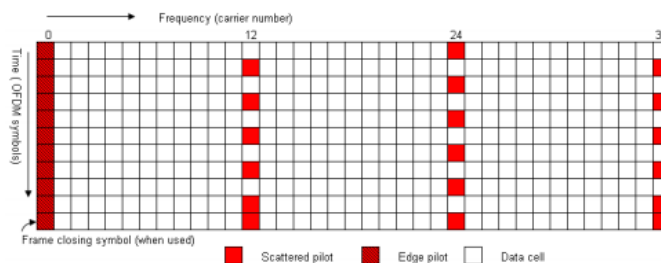


Figura II.2 Exemplu semnalelor-pilot în DVB-T2: șablonul PP4(SISO)

Implementarea rețelei SFN prevede emisia concomitentă a mai multor semnale identice cu legarea resurselor lor timp-frecvență de un singur sistem de sincronizare. Pentru realizarea acestui obiectiv este utilizat fluxul T2-MI și totodată sunt aplicate semnalele de referință 10 MHz și 1 pps (un impuls pe secundă) la intrarea fiecărui modulator din componența rețelei și la intrarea dispozitivului „T2 Gateway”. În aceste scopuri, pot fi utilizate receptoare globale de poziționare GPS, GLONASS sau alte surse externe de referință cu precizie înaltă. Semnalul 1 pps are o durată de 100 ns și se formează prin divizarea frecvenței de referință de 10 MHz [4].

În rețele SFN toate emițătoarele funcționează într-un singur canal de frecvențe. În același timp la intrarea receptorului ajung mai multe semnale atât directe, cât și reflectate. Toate aceste semnale, de regulă, pot fi caracterizate prin amplitudine și fază diferită, fapt ce poate provoca *fadingul* semnalului sumar și totodată interferențe între simbolurile COFDM.

Pentru evitarea în punctul de recepție a interferențelor între frecvențele ortogonale subpurtătoare a semnalelor, înaintea fiecărui simbol COFDM sunt introduse intervale de gardă GI (Guard Interval) (vezi figura II.3). Pe durata intervalului de gardă recepția semnalului în sistem este interzisă. Ortogonalitatea frecvențelor subpurtătoare poate fi restabilită în semnalul COFDM recepționat, chiar dacă în punctul de recepție există ecouri. Acest lucru este valabil atâta timp cât ecourile nu depășesc limita intervalului de gardă. În timpul proiectării rețelei SFN, distanța între emițătoarele rețelei se stabilește cu condiția că durata de întârziere a

semnalelor la intrarea receptorului, din cadrul zonei de deservire, să nu depășească durata intervalului de gardă [4].

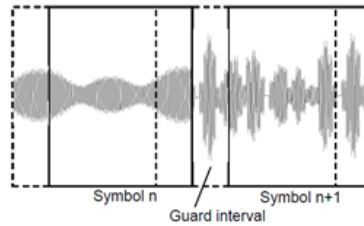


Figura II.3 Semnalul RF DVB-T2: Intervalul de gardă al simbolului COFDM

În canalul cu mai multe căi de propagare, semnalul la bornele antenei de recepție prezintă o sumă de oscilații cu diferite amplitudini, faze și unghiuri de cădere. Interferența acestor oscilații în condițiile, când diferența între căile de propagare a undelor nu rămâne constantă, prezintă o cauză principală a fadingului semnalului la recepție. Reieșind din această, pentru funcționarea stabilă a rețelei SFN este necesar de a efectua și sincronizarea momentului de emisie a simbolurilor COFDM de la ieșirea fiecărui modulator al rețelei [6]. Acest tip de sincronizare, numit ca sincronizare a fazei a semnalului, la fel este configurat în dispozitivul „T2 Gateway.” Lipsa sincronizării în fază a semnalelor în rețeaua SFN duce la scăderea nivelului semnalului DVB-T2 în zona de deservire. Pentru instalarea corectă a momentului de emisie este necesar de a cunoaște întârzierile semnalului informațional de la ieșirea „T2 Gateway” până la intrarea modulatorilor rețelei și totodată timpul procesării semnalului în modulatorii rețelei.

În figurile II.4 și II.5 sunt prezentați parametrii semnalului DVB-T2 recepționat, obținuți în urma efectuării măsurărilor [7], inițial în regimul MFN și apoi în regimul SFN. Se observă înrăutățirea semnificativă a parametrilor semnalului la trecerea de la regimul MFN la regimul SFN. Acest fapt vorbește despre apariția fadingului semnalului în receptor la trecerea rețelei în regim SFN.

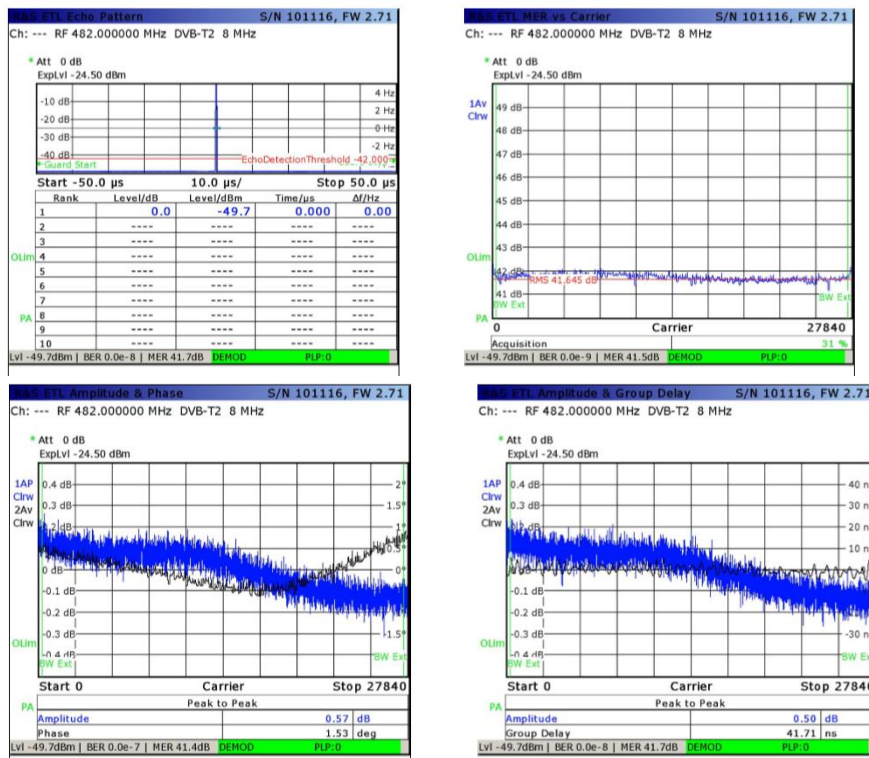


Fig. II.4 Valorile parametrilor semnalului DVB-T2 măsurați în regimul MFN: Nivel: 49.7 dBm; MER(f), Amplitudine: 0,57 dB; Faza: 1.53 grad; Reținere de grup: 41.71 ns; MER (PLP, rms): 41.7 dB.

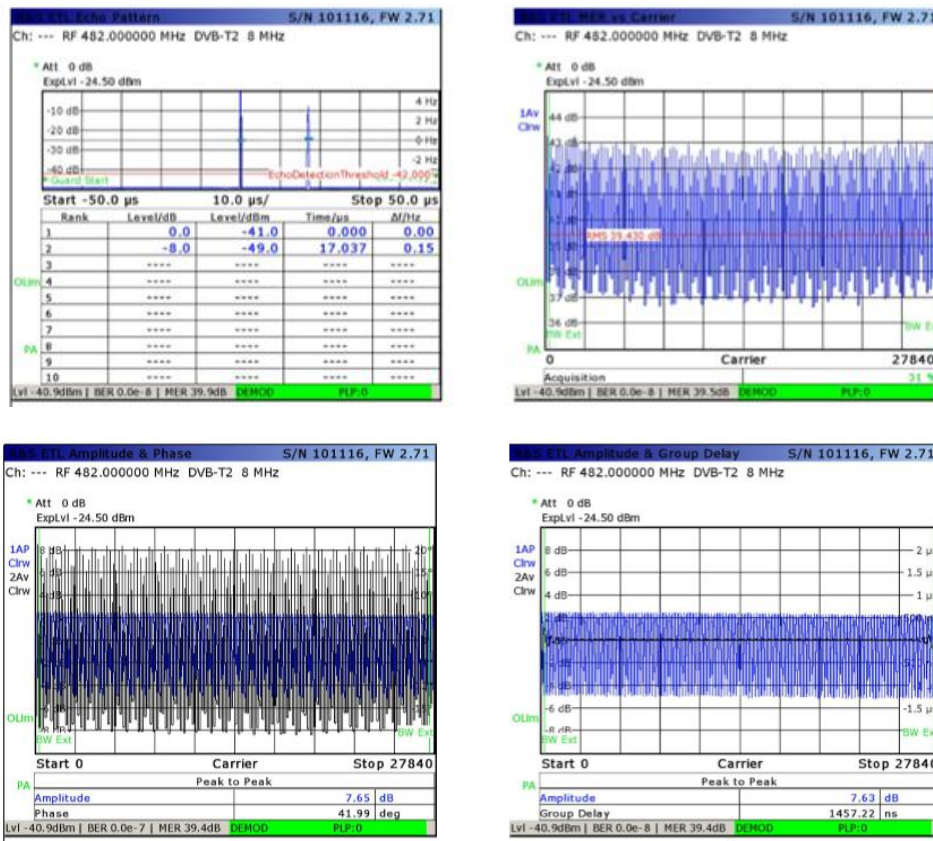


Fig. II.5 Valorile parametrilor semnalului DVB-T2 măsurate în regimul SFN: Nivel₁ :41.0 dBm; Level₂ :49.0 dBm; Time offset 17,037 μ s; Amplitudine: 7.65 dB; Faza: 41.99 grad; Reținere de grup :1457 ns; MER (PLP,rms): 39.4 dB.

Concluzii

1. Proiectarea și implementarea rețelei SFN DVB-T2 este o problemă complexă. Concomitent cu alegerea parametrilor de emisie, codare și modulare a semnalului este necesar de a implementa și elemente de sincronizare a rețelei cu încadrarea acestora în parametrii de configurare și dimensiunile zonei de deservire.

2. Interferențele reciproce ale semnalelor informaționale într-o rețea SFN sunt practic inevitabile. Planificarea și proiectarea corectă a rețelei permite de a minimiza efectul acestor interferențe în sistem.

Bibliografie

1. “Справочник по внедрению сетей и систем цифрового наземного телевизионного вещания,” Издание 2016 года, МСЭ-R, p. 52.
2. ETSI TS 102 831. Technical Specification Digital Video Broadcasting; Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)
3. ETSI TS 102 773 V1.1.1 (2009-09) Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)
4. М. А. Быховский, В. Г. Дотолев, А. В. Лашкевич, В. И. Носов, С. Г. Рихтер, Г. И. Сорокин, С. С. Тарасов “Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания,” Издательство “Горячая линия – Телеком,” Москва, 2015, p. 129-138, 145-146.
5. ETSI EN 302 755. Digital Video Broadcasting; Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).
6. В.Л. Карякин “Фазовая синхронизация информационного сигнала в передатчиках одночастотных сетей цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2,” Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 8-2014, с.52.
7. ETSI TR 101 290 V1.2.1 (2001-05). Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems.