

PLANUL DE MANAGEMENT AL SPECTRULUI DE FRECVENȚĂ PENTRU INTRODUCEREA TEHNOLOGIEI DE TRANSMISIE VDSL2

1. Introducere

VDSL2 este o tehnologie de transmisie de bandă largă de tip DSL - *Digital Subscriber Line* destinată livrării către utilizatorii finali a serviciilor *triple play* (televiziune digitală, acces internet, telefonie), prin intermediul liniilor telefonice existente la operatorii de comunicații electronice. Față de tehnologiile ADSL2 și mai ales ADSL2+ ce pot în mod curent furniza debite de până la 20 Mbps, tehnologia VDSL2 poate asigura debite de date mult mai mari, de până la 100 Mbps și peste, devenind astfel o tehnologie capabilă să asigure suportul pentru furnizarea de noi servicii cu cerințe mari privind debitul de date transmise (ex. HD video streaming, VoD, HDTV, online HD gaming). Pentru asigurarea acestor debite de transmisie a datelor, tehnologia VDSL2 trebuie implementată pe bucle locale constituite din fire de cupru cu o lungime redusă, preferabil nu mai mari de 1 km. Dacă buclele locale sunt mai lungi, debitul maxim de transmisie a datelor și frecvența maximă utilizabilă a tehnologiei VDSL2 se micșorează, iar peste anumite lungimi ale buclei locale, avantajul debitelor de transmisie asigurate de VDSL2 față de ADSL2+ se pierde. Bucula locală, segmentul de rețea de la comutatorul principal la locația utilizatorului, se poate scurta prin implementarea tehnologiei VDSL2 de la cabinete stradale, pe segmentul de rețea cuprins între cabinetul stradal și locația utilizatorului – subbucula locală.

VDSL2 este la ora actuală o tehnologie în curs de implementare la scară națională în rețeaua operatorului de comunicații electronice Romtelecom S.A. și totodată este implementată în mai multe țări din Europa. O implementare tipică implică desfășurarea VDSL2 de la comutatorul principal către utilizatorii din apropiere (bucula locală) și prin cabinete stradale dispuse la distanță de comutatorul principal (subbucula locală) pentru oricare alți utilizatori.

Managementul spectrului implică gestionarea unei rețele de acces astfel încât sisteme de transmisie diferite să poată coexista în aceeași rețea de acces. În legătură cu sistemele DSL, managementul spectral asigură coexistența și buna funcționare a sistemelor în același cablu constituit din fire de cupru. Folosirea limitelor spectrale ale semnalelor este necesară pentru toate instalările de sisteme DSL și servește interesului tuturor operatorilor DSL implicați. Asemenea reguli sunt relativ simple pentru sistemele de transmisie ADSL, SDSL și HDSL (a se vedea în acest sens Anexa 1 la prezenta decizie), dar sunt mult mai complicate pentru sistemele VDSL2. Această complexitate este determinată de instalarea sistemelor VDSL2 în locații situate la distanță de comutatorul principal (de exemplu în cabinete stradale), locații în care sistemele VDSL2 coexistă cu sistemele de transmisie instalate anterior la comutatorul principal.

Planul de management nu reglementează aspecte privind cerințele esențiale ce trebuie respectate de echipamentele radio și echipamentele terminale de telecomunicații, și nici aspecte privind cerințele de protecție ce trebuie respectate pentru introducerea pe piață și pentru funcționarea aparatelor electrice și electronice din punct de vedere al compatibilității electromagnetice.

2. Definiții și abrevieri

În cuprinsul planului de management al spectrului de frecvențe pentru tehnologia VDSL2 sunt aplicabile definițiile prevăzute la art.4 alin. (1) din Ordonanța de Urgență a Guvernului nr.111/2011 privind comunicațiile electronice, aprobată cu modificări și completări prin Legea nr.140/2012, și la art.2 din Decizia președintelui Autorității Naționale pentru Administrare și Reglementare în Comunicații nr.653/2010 privind obligațiile impuse operatorului cu putere semnificativă pe piața serviciilor de acces la elemente de infrastructură.

În cuprinsul planului de management al spectrului de frecvențe pentru tehnologia VDSL2 sunt utilizate următoarele abrevieri:

1. ADSL – Asymmetrical Digital Subscriber Line;
2. ADSL2+ – Asymmetrical Digital Subscriber Line Two Plus;
3. ANCOM – Autoritatea Națională pentru Administrare și Reglementare în Comunicații;
4. DPBO - Downstream Power Back-off;
5. DSLAM - Digital Subscriber Line Access Multiplexer
6. ETSI – European Telecommunications Standards Institute;
7. FDD – Frequency Division Duplexing;
8. HDSL – High bit-rate Digital Subscriber Line;
9. ISDN-BRA – Integrated Services Digital Network - Basic Rate Access;
10. ITU-T – International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector;
11. POTS – Plain Old Telephony System;
12. PSD – Power Spectral Density;
13. SDSL – Symmetrical single pair high bit-rate Digital Subscriber Line (SDSL :: Fn – denumire generică pentru semnalele SDSL, unde Fn este un parametru care indică rata simbolurilor [kbaud] ce poate fi atinsă în cadrul semnalului respectiv);
14. 2B1Q – Two Binary One Quaternary;
15. UPBO - Upstream Power Back-off;
16. VDSL2 - Very High Speed Digital Subscriber Line transceivers 2.

3. Standarde și recomandări

La elaborarea Planului de management al spectrului de frecvențe pentru tehnologia VDSL2 au fost avute în vedere următoarele standarde și recomandări de referință:

1. Recomandarea ITU-T G.993.2 „Very high speed subscriber line transceivers 2 (VDSL2)” vers. 12/2011:

Recomandarea ITU-T G.993.2 „Very high speed subscriber line transceivers 2 (VDSL2)” Ammendment 1 (04/2012);

Recomandarea ITU-T G.993.2 „Very high speed subscriber line transceivers 2 (VDSL2)” Corrigendum 1 (06/2012);

Erată (09/2012) la Recomandarea ITU-T G.993.2 (2011), Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2);

2. Standardul ETSI TR 101 830-1 v1.5.2 (2009-05) „Spectral management on metallic access networks; Part 1: Definitions and signal library”.

3. Standardul ETSI TR 101 830-1 v1.2.1 (2008-07) „Spectral management on metallic access networks; Part 2: Technical methods for performance evaluations”

4. Elaborarea planului de management

4.1 Reguli de acces pentru VDSL2

Sistemele VDSL2 operează într-un mediu în care coexistă și funcționează mai multe sisteme DSL, îndeosebi atunci când buclele locale de cupru fac obiectul unor obligații de punere la dispoziție pentru a permite accesul unor operatori alternativi la rețeaua de acces. Sistemele VDSL2 vor împărți același cablu din rețeaua de acces constituită din fire de cupru cu sistemele de transmisie instalate anterior (versiuni diferite de ADSL, SDSL și HDSL), care vor trebui să rămână operaționale.

Sistemele VDSL2 utilizează un spectru mai larg de frecvențe (banda de frecvențe până la 17 MHz sau chiar până la 30 MHz) decât sistemele DSL anterioare (banda de frecvențe până la 2,2 MHz) și sunt în general destinate a fi instalate în locații la distanță (cabinete stradale), complementar instalării comunicațiilor pe fibră optică pe segmentul cuprins între comutatorul principal și locația la distanță. Datorită acestui fapt, o problemă tehnică majoră o reprezintă asigurarea coexistenței sistemelor DSL în același cablu, lucru care implică adoptarea unor măsuri pentru prevenirea influențării negative a funcționării diferitelor modemuri DSL instalate.

Adoptarea acestor măsuri are în vedere următoarele obiective:

- protejarea instalărilor existente prin luarea de măsuri de prevenire astfel ca sistemele VDSL2 să nu influențeze într-o modalitate disproporționată sistemele din bucla locală. Acesta poate fi cazul înlocuirii unui sistem mai vechi cu un sistem VDSL2, când se constată că performanța altor sisteme mai vechi scade datorită acestei schimbări;
- optimizarea instalărilor actuale prin prevenirea ca alte sisteme VDSL2 să fie implementate în același cablu printr-o modalitate incompatibilă. Altfel, sistemele VDSL2 nu vor putea fi utilizate, în acest caz, la debitul maxim disponibil;
- luarea de măsuri de prevenire în ceea ce privește folosirea ineficientă a benzilor de frecvențe superioare, în scopul unei utilizări ulterioare a sistemelor DSL de nouă generație.

Soluția generică constă în a limita semnalele transmise de sistemele VDSL2 prin intermediul unor reguli de acces: sistemele DSL vor trebui să satisfacă mai întâi aceste reguli de acces la rețeaua de fire de cupru pentru a putea fi admisă instalarea lor în rețeaua de acces.

Aceste reguli de acces sunt prevăzute la punctul 4.2 (4.2.1 - 4.2.4) și vor fi obligatorii pentru toți operatorii implicați, în caz contrar o singură abatere de la aceste reguli poate degrada performanța tuturor operatorilor prezenți, prin instalările lor, în rețeaua de acces.

4.2. Planurile de alocare a frecvențelor compatibile cu rețeaua de acces a Romtelecom S.A.

Un *plan de alocare a frecvențelor* identifică frecvențele care sunt permise pentru transmiterea semnalelor în sensul *aval* și *amonte*. În cazul sistemelor VDSL2, pentru a recupera datele din semnalele recepționate, benzile de frecvențe pentru sensurile de transmisie *aval* și *amonte* se mențin strict separate; folosirea benzilor de frecvențe superioare de către sistemele VDSL2 determină această cerință de a menține benzile de frecvențe în sensul de transmisie *aval* și *amonte* strict separate, datorită interferențelor de tip *near-end* semnificative.

O separare strictă a benzilor de frecvențe în sensul *aval* și *amonte* nu este relevantă pentru frecvențele joase din cablul de fire de cupru și deci nu se aplică la sistemele ADSL, HDSL, SDSL, ISDN care au planul de management al spectrului limitat la frecvența de 1 MHz. Totuși, toate variantele tehnologiei VDSL2 descrise în Recomandarea ITU-T G.993.2 mențin ambele direcții de transmisie *aval* și *amonte* separate pentru frecvențele înalte.¹

În practica internațională a apărut problema majoră a existenței a mai mult de 30 de planuri de frecvență pentru Europa și America de Nord, fiecare plan având mai multe variante; multe din aceste planuri sunt incompatibile și nu pot fi mixate în același cablu. Acest aspect presupune că planul de alocare a frecvențelor se adoptă pe baza planurilor de afaceri ale operatorului și a caracteristicilor rețelei de acces în cauză, astfel încât planul de alocare a frecvențelor devine specific la nivel regional sau național, în funcție de acoperirea rețelei de acces. Conform practicilor internaționale, aceasta semnifică faptul că un operator implementează un plan de frecvențe comun care se aplică pentru toate sistemele instalate și pentru toate perechile de fire/cablurile dintr-o rețea de acces constituită din fire de cupru.

4.2.1. Planul de bandă

Un *plan de bandă* (*bandplan*) este o listă de benzi de frecvențe rezervate pentru transmiterea semnalelor.

Planul de bandă 997 (planul „E1” conform ETSI) a fost al șaptelea plan evaluat de către ITU-T, pentru a oferi un compromis între ratele de debit de date asimetric și simetric.

Planul de bandă 998 (planul „E2” conform ETSI) a fost al optulea plan evaluat de către ITU-T pentru oferirea de debite de date asimetric (debite foarte ridicate în sensul de transmisie *aval* și debite reduse în sensul *amonte*).

Ambele planuri au similarități în ceea ce privește operarea sistemelor VDSL2 în mod FDD - *Frequency Division Duplex* semnificând faptul că semnalele în sensul de transmisie *amonte* și în sens *aval* sunt strict separate și benzile de frecvență nu se suprapun.

¹ ITU-T Recommendation G993.2 "Very high speed Digital Subscriber Line Transceivers 2 (VDSL2)" (including all corrigenda)

În Europa, exceptând Marea Britanie, operatorii și autoritățile de reglementare naționale au implementat planul de bandă asimetric 998. De asemenea, Romtelecom S.A. utilizează planul de bandă asimetric 998 în rețeaua de acces pentru implementarea tehnologiei de transmisie VDSL2, deoarece această tehnologie este utilizată în principal pentru abonații rezidențiali și, exceptând serviciile VoIP care necesită o bandă simetrică îngustă de frecvențe, celelalte servicii oferite sunt asimetrice (Internet, IPTV, VoD). Pentru clienții persoane juridice planul de bandă de frecvențe pentru livrarea VDSL2 este tot cel asimetric dar se pot defini specific pentru acești abonați profile de linie simetrice.

Planul de bandă este unic și specific unei rețele de acces pentru ca mai mulți operatori să poată partaja infrastructura de cabluri pasive constituite din fire de cupru a operatorului de comunicații electronice în cauză.

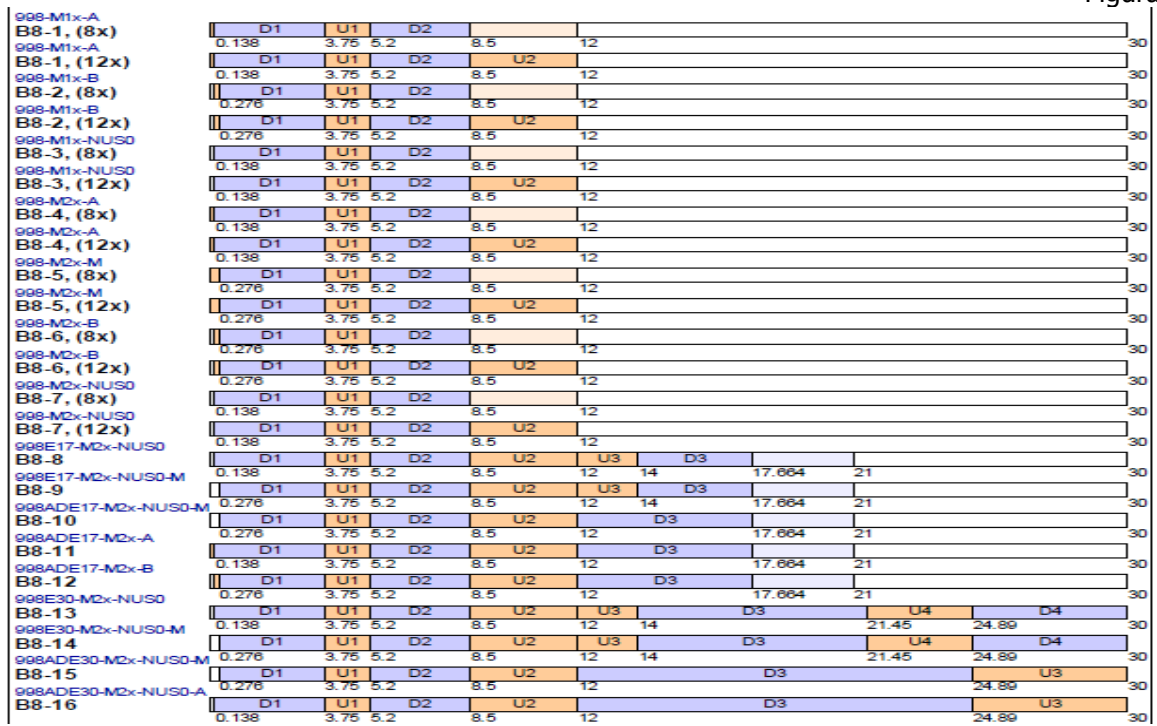
Astfel, în vederea implementării tehnologiei VDSL2, Romtelecom S.A. utilizează planul de bandă asimetric 998.

4.2.2 Planul de alocare a frecvențelor

Un plan de alocare a frecvențelor este un subset al planului de bandă și listează toate benzile de frecvențe care sunt alocate pentru transmisia semnalelor.

Figura nr.1 prezintă planurile de alocare a frecvențelor identificate în Europa pe baza planului de bandă asimetric 998.

Figura 1



Planurile de alocare a frecvențelor corespunzătoare planului de bandă 998 utilizate în Europa pentru implementarea tehnologiei VDSL2, sunt următoarele:

- B8-4 (US0 tip A², Anexa A G992.5) folosind unul dintre profilele 8D, 12A;
- B8-7 (fără US0) folosind unul dintre profilele 8D, 12A;
- B8-8, B8-9 (amândouă fără US0) folosind unul dintre profilele 8D, 12A, 17A;

² US0 tip A este necesar pentru a păstra compatibilitatea cu tehnologia ADSL2+ utilizată de Romtelecom S.A. în baza specificațiilor din Recomandarea ITU-T G.992.5 „ADSL2plus over POTS”, Anexa A.

- B8-13, B8-14 (amândouă fără USO) folosind unul dintre profilele 8D, 12A, 17A, 30A.

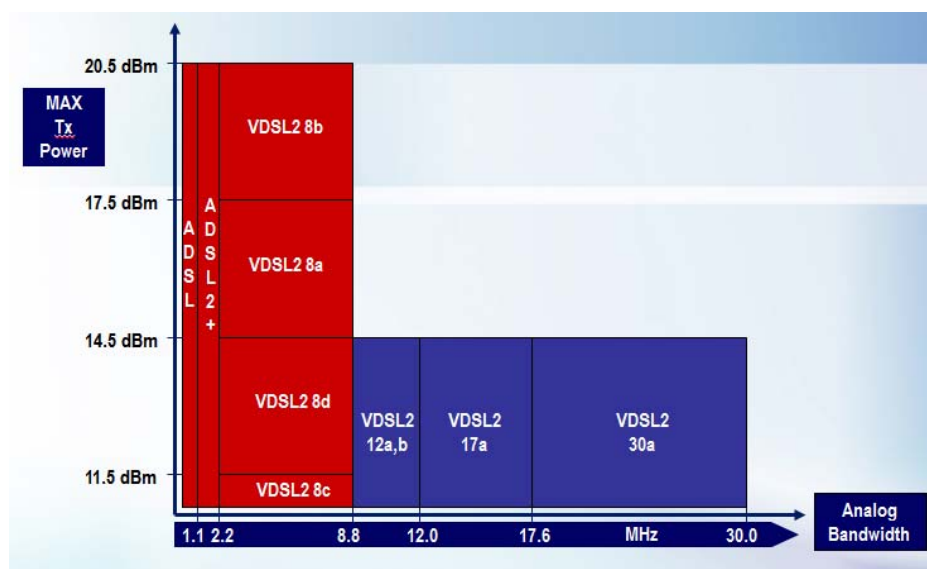
În vederea implementării tehnologiei VDSL2, Romtelecom S.A. utilizează planurile de alocare a frecvențelor corespunzătoare planului de bandă 998 și unul din profilurile menționate mai sus.

4.2.3 Profilurile aplicabile tehnologiei VDSL2

Un *profil* este o listă conținând restricțiile de implementare a tehnologiei VDSL2, cum ar fi puterea maximă a semnalului complex, planul de alocare a frecvențelor selectat, prezența anumitor benzi de frecvență, ecartul purtătoarelor semnalului DSL selectat. Versiunea curentă a Recomandării ITU-T G.993.2 permite folosirea următoarelor profile pentru tehnologia VDSL2: 8A, 8B, 8C, 8D, 12A, 12B, 17A și 30A.

Principalii parametri, incluzând *puterea maximă transmisă* (pentru sensul de transmisie *aval* sau pentru sensul de transmisie *amonte*) permisă³ pentru fiecare din profilele menționate mai sus, sunt prezentate în Figura 2 și Tabelul 1.

Figura 2



Tabelul 1 prezintă valorile parametrilor pentru fiecare profil acceptat pentru tehnologia VDSL2 conform Recomandării ITU-T G.993.2:

Tabelul 1

Parametru/Profil	8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
Banda [Mhz]	8.5	8.5	8.5	8.5	12	12	17,7	30
Tonuri D/S	1,971	1,971	1,971	1,971	2,770	2,770	4,095	2,098
Spațierea [KHz]	4.312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	8,625
Puterea Tx D/S dBm	+17,5	+20,5	+11,5	+14,5	+14,5	+14,5	+14,5	14,5

Romtelecom S.A. respectă cerințele referitoare la profilele asociate planurilor de alocare a frecvențelor menționate la pct. 4.2.

În vederea implementării tehnologiei VDSL2, Romtelecom S.A. utilizează *planul de bandă asimetric 998* și *planul de alocare frecvențe B8-8* (998E17-M2x-NUS0, fără USO), *profil 17A* (pentru Regiunea Europa)⁴.

³ Recomandarea ITU-T G.993.2

4.2.4. Măștile Densității Spectrale de Putere (PSD)

O *mască PSD*⁵ reprezintă o descriere a nivelelor spectrului semnalului care nu vor fi depășite de emițătoarele sistemelor VDSL2⁶.

Amendamentul 1 din Anexa B a Recomandării ITU-T G.993.2 „*Very high speed Digital Subscriber Line Transceivers2 (VDSL2)*”, definește limitele măștilor PSD atât pentru sensul de transmisie *aval*, cât și pentru sensul de transmisie *amonte*, pentru fiecare plan de alocare a frecvențelor, inclusiv pentru planul B8-8 utilizat de Romtelecom S.A..

Măștile PSD⁷ utilizate de Romtelecom S.A. pentru implementarea tehnologiei VDSL2, corespunzând planului de alocare a frecvențelor B8-8 și profilului 17A, sunt prezentate în Tabelul 2:

Tabelul 2

	Downstream Limit PSD masks for band plan 998	Upstream Limit PSD masks for band plan 998	B8-8 's Usage
kHz	dBm/Hz	dBm/Hz	DS or US
0	-97.5	-100	
4	-97.5	-100	
4	-92.5	-100	
80	-72.5	-100	
138	-44.2	-100	
138	-36.5	-100	DS1
1.104	-36.5	-100	DS1
1.622	-46.5	-100	DS1
2.208	-48	-100	DS1
2.500	Interp	-100	DS1
3.575	Interp	-100	DS1
3.750	-51.2	-80	DS1
3.750	-80	-51.2	US1
3.925	-100	Interp	US1
5.025	-100	Interp	US1
5.200	-80	-52.7	US1
5.200	-52.7	-80	DS2
7.050	Interp	-100	DS2
7.225	Interp	-100	DS2
8.500	-54.8	-80	DS2
8.500	-80	-54.8	US2
8.675	-100	Interp	US2
10.000	-100	-55.5	US2
12.000	-100	-55.5	US2
12.000	-100	-56.5	US3
13.825	-100	-56.5	US3
14.000	-80	-56.5	US3
14.000	-56.5	-80	DS3
14.175	-56.5	-100	DS3
17.664	-56.5	-100	DS3
21.000	-80	-100	
21.450	-100	-100	
30.000	-100	-100	
30.000	-110	-110	
30.175	-110	-110	
>30.175	-110	-110	

Valorile PSD între punctele de frângere (breakpoints), inclusiv valorile marcate cu "interp" se obțin prin interpolare între punctele de frângere adiacente, după cum urmează:

- sub f1 pe baza formulei dB/log(f);
- peste f1 pe baza dB/f, unde f1 are valoarea 138 kHz pentru aval și 3575 kHz pentru amonte.

⁴ Anexa B a Recomandării ITU-T G.993.2

⁵ PSD este acronimul pentru *Power Spectral Density* (Densitatea Spectrală a Puterii) care măsoară (în mod intuitiv) conținutul în domeniul frecvență a unui proces stocastic (semnal) și ajută la identificarea periodicității acestuia.

⁶ Standardul ETSI TR 101 830-1 „*Spectral Management, part 1: Definitions and signal library*” versiunea 2009 descrie limitele măștilor spectrale pentru toate sistemele DSL

⁷ Recomandarea ITU-T G.993.2

4.3. Perturbații

Deși planul de management a fost conceput astfel încât riscul perturbațiilor să fie eliminat, în practică pot apărea perturbații în unele cazuri, precum:

- a) deranjamente ale echipamentelor, care determină o putere crescută pe bucla locală;
- b) echipamente neconforme cu specificațiile tehnice;
- c) nivel ridicat al cuplajelor parazite (diafonia).

Romtelecom S.A va colabora cu furnizorii de rețele sau de servicii de comunicații electronice implicați, în vederea eliminării perturbațiilor. În cazul în care nu sunt eliminate perturbațiile, se va elabora un set de reguli privind tratamentul perturbațiilor, în cadrul unui grup de lucru constituit din reprezentanți ai Romtelecom S.A., ai furnizorilor de rețele și servicii de comunicații electronice care beneficiază de acces necondiționat la bucla locală și ai ANCOM.

5. Alte caracteristici și recomandări privind implementarea sistemelor VDSL2

Sistemele VDSL2 sunt echipate cu o serie de capabilități pentru limitarea nivelului semnalelor emise pe firele de cupru și minimizarea interferențelor:

- *Alocarea frecvențelor*, în scopul restricționării utilizării (protejării) anumitor frecvențe pentru scopuri specifice definite la nivel național;
- *Downstream Power Back-off* (DPBO) care reprezintă o reducere suplimentară a măștii PSD a semnalelor emise în sensul de transmisie *aval* cu scopul evitării perturbării de către sistemele VDSL2 instalate pe subbucla locală a sistemelor mai vechi instalate pe bucla locală;
- *Upstream Power Back-off* (UPBO) constă într-o reducere suplimentară a măștii PSD în sensul de transmisie *amonte*, pentru a compensa eventuale diferențe semnificative între buclele/subbuclele din rețeaua de distribuție.

Aceste capabilități facilitează un control flexibil al comportării modemului prin intermediul unui sistem de management VDSL2. Limitele acceptate pentru capabilitățile menționate sunt specifice rețelei de acces în cauză, datorită diferențelor care există între necesitățile determinate de planul de afaceri al operatorului, între topologia rețelei și alegerile efectuate pentru implementarea sistemelor DSL.

Instalările sistemelor VDSL2 în cazul Romtelecom S.A., conform strategiei utilizate de operator, au fost limitate până în prezent la principalele orașe din țară și au fost corelate cu un amplu proiect de modernizare a rețelei de acces, prin instalarea unor cabinete stradale din noua generație și luarea unor măsuri de reducere a lungimii buclelor/subbuclelor locale din cupru la maximum 800 m în orașele vizate pentru instalarea tehnologiei VDSL2.

Ca rezultat al respectării acestei strategii de implementare a sistemelor VDSL2, UPBO nu a fost necesar a fi implementată în rețeaua de acces a Romtelecom S.A.. Dezvoltarea unor arhitecturi de rețea de acces de tip VDSL + FTTC a condus la scurtarea drastică a segmentelor de transmisie pe fire de cupru, buclele/subbuclele locale ajungând la lungimi cuprinse între 400 – 800 m, prin urmare nu există bucle/subbucle locale foarte scurte sau foarte lungi pentru același DSLAM, în cazul Romtelecom S.A.

În același timp, implementarea tehnologiei VDSL2 în principalele orașe din țară a fost corelată cu migrarea clienților pentru care se utilizau tehnologii ADSL de la comutatorul principal la cabinetele stradale echipate cu sisteme VDSL2 și înlocuirea cablurilor de transport din cupru cu unele realizate din fibră optică. Astfel, utilizarea DPBO a devenit inutilă în cazul Romtelecom S.A..

Având în vedere cele menționate, UPBO și DPBO devin inutile pentru operatorii alternativi, atunci când utilizează infrastructura Romtelecom S.A. bazată pe firele de cupru.

6. Modificarea planului de management

Planul de management poate fi modificat, la solicitarea Romtelecom S.A., a altor furnizori de rețele sau de servicii de comunicații electronice, precum și din oficiu, de către ANCOM, în următoarele cazuri:

- a) introducerea unor tehnologii noi care nu sunt compatibile cu măștile PSD;
- b) modernizarea unor tehnologii existente;
- c) eliminarea unor tehnologii depășite moral.

De asemenea, planul de management va fi revizuit în cazul în care, în urma implementării sale, se constată apariția unor perturbații semnificative.

ANCOM poate aproba efectuarea unor teste în rețeaua de acces, în vederea evaluării unor tehnologii de transmisie care nu sunt compatibile cu planul de management, stabilind și condițiile de realizare a acestora, cu consultarea Romtelecom S.A. și a altor persoane interesate.