

CERCETAREA PARTICULARITĂȚILOR DE ELABORARE ȘI IMPLEMENTARE A SISTEMELOR SATELITAR DE TELEVIZIUNE DIGITALĂ

Mihail MEREUȚĂ

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa SCE-211M, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, R. Moldova.

*Autorul corespondent: Mereuță Mihail, mihail.mereuta@tse.utm.md

Coordonator științific: Tatiana ȘESTACOVA, dr., conf.univ., Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, R. Moldova

Rezumat. În lucrarea dată a fost efectuat cercetarea particularităților de elaborare și implementare a sistemelor satelitar de televiziune digitală. Au fost luate în considerare principiile de bază ale construirii sistemelor de comunicații prin satelit, au fost studiate caracteristicile și tehnologiile de construire și implementare a comunicațiilor prin satelit VSAT. De asemenea, a fost efectuată o analiză a topologiei construirii unei rețele VSAT, a echipamentelor și a fost efectuat un calcul energetic al comunicațiilor prin satelit.

Cuvinte cheie: televiziunea digitală, sisteme satelitar, rețele VSAT

Introducere

Comunicațiile prin satelit sunt unul dintre tipurile de comunicații radio bazate pe utilizarea sateliților artificiali ca repetitoare. Comunicarea prin satelit se realizează între stațiile terestre, care pot fi atât staționare, cât și mobile. Industria de comunicații prin satelit și de radiodifuziune este un element esențial al pieței globale de telecomunicații. Noile aplicații prin satelit permit crearea rapidă de noi servicii de difuzare și rețele private, ceea ce oferă un impuls spre dezvoltare atât în comunicații, cât și în sectorului IT.

În cadrul acestei lucrări se realizează atât crearea și lansarea navelor spațiale, cât și introducerea noilor tehnologii în domeniul dispozitivelor cu microunde și microprocesor. În acest sens, orice problemă de pe piața telecomunicațiilor afectează într-un fel sau altul dezvoltarea comunicațiilor prin satelit. În această lucrare va fi luat în considerare un sistem de transmisie a semnalului de televiziune. Televiziunea prin satelit este o metodă de transmitere a datelor video prin transmiterea unui semnal printr-un satelit artificial de pe Pământ (AES).

1. Principii de construire a sistemelor de comunicare prin satelit

Principiul comunicației prin satelit este de a transmite semnalul de la stațiile terestre de transmisie către receptori prin echipamentul satelitului. Satelitul este un dispozitiv de comunicație care primește semnale de la o stație terestră (ES), care ulterior le amplifică și le transmite într-un mod de difuzare simultan către toate ES care se află în raza de vizibilitate a satelitului. Principiul comunicării prin sateliți constă în transmiterea semnalelor de la una sau mai multe stații terestre către sateliți, cu retransmiterea lor ulterioară către toate ES ale sistemului. În prezent, se utilizează mai multe tipuri de orbite pentru a găzdui sateliții. Atragem atenția la sistemele de orbită joasă, geostaționare și eliptice. Principiul de funcționare a sistemelor de comunicații prin satelit (SCS) se bazează pe utilizarea unui releu intermediar prin satelit (SR), prin care se asigură comunicația între ES (Fig. 1).

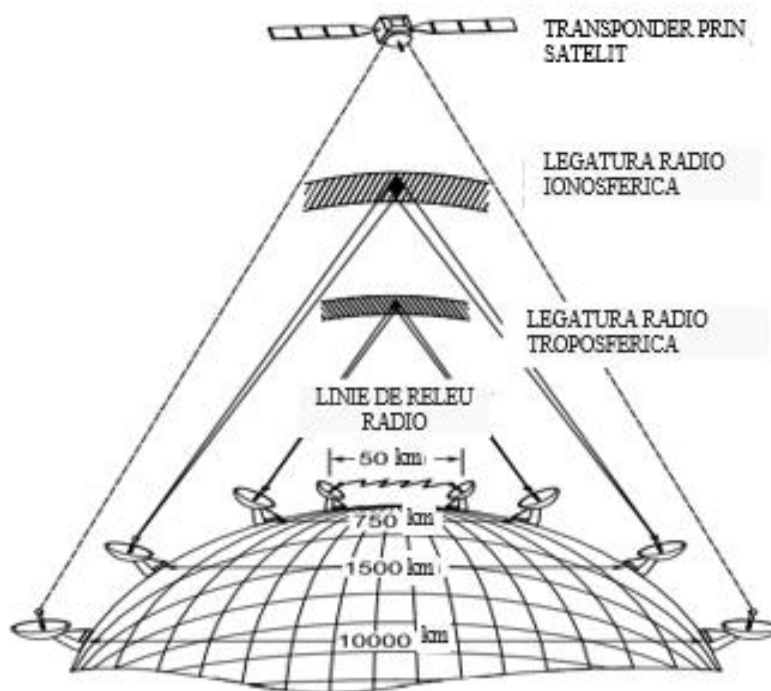


Figura 1. Principiul de funcționare a sistemelor de comunicații prin satelit

În funcție de scopul SSN, punctele care trebuie conectate pot fi localizate pe suprafața Pământului, în atmosferă sau în spațiu. În fiecare dintre aceste puncte, este instalată de obicei o stație radio de comunicații de transmisie și recepție (un singur canal sau multicanal), iar pe sateliți - SR-uri care primesc semnale radio de la unii abonați și transmit aceste semnale către alți abonați. În cel mai simplu caz, retransmiterea se reduce la amplificarea puterii semnalelor de intrare și transferul spectrelor acestora către alte frecvențe purtătoare. Cu toate acestea, într-un număr de SCS -uri din SR, se realizează o procesare mai complexă a semnalului pentru a reduce diafonia între semnalele de la diferite SCS -uri și pentru a crește imunitatea la zgomot a sistemului. În cazul general, pentru a asigura o comunicare de înaltă calitate între toate punctele (abonați), SR-ul trebuie plasat pe mai mulți sateliți care se rotesc pe orbite diferite.

Prin afiliere, SCS -urile sunt împărțite în internaționale, naționale, corporative. În funcție de zona de serviciu, SCS -urile sunt împărțite în globale, regionale, zonale .

Alocarea benzilor de frecvență între diferitele servicii de radiocomunicații se ocupă de una dintre organizațiile specializate ale ONU - Uniunea Internațională de Telecomunicații (ITU), care, pe baza studiilor efectuate în țările membre ale UIT și înaintate Comitetului Consultativ Internațional Radio (CCIR).), la conferințele sale administrative elaborează reguli și proceduri adecvate de guvernare. Principalul document internațional care reglementează utilizarea frecvențelor este Regulamentul Radio.

Acesta conține Tabelul de alocări ale benzilor de frecvență între servicii, anumite restricții tehnice impuse cu privire la partajarea între diferite servicii, proceduri pentru sistemele de coordonare și reguli de înregistrare a asignărilor de frecvență în Consiliul Internațional de Înregistrare a Frecvenței . Au fost alocate benzi de frecvență pentru sistemele de difuzare prin satelit (Tabelul 1).

Benzi Ka și K nu sunt aproape niciodată folosite și în prezent sunt considerate experimentale. Cu toate acestea, difuzarea programelor TV prin satelit în aceste benzi va reduce semnificativ diametrul antenelor de recepție.

Benzile de frecvență ale sistemelor de difuzare prin satelit

Numele intervalului	Banda de frecvență, GHz
L - diapazon	1,452 – 1,550 și 1,61 – 1,71
S - diapazon	1,93 – 2,70
C - diapazon	3,40 – 5,25 și 5,725 – 7,075
X - diapazon	7,25 – 8,40
KU - diapazon	10,70 – 12,75 și 12,75 – 14,80
Ka - diapazon	15,4 – 26,5 și 27,0 – 50,2
K - diapazon	84 - 86

2. Cercetarea caracteristicilor de construcție și aplicare a sistemului de televiziune digital prin satelit

O caracteristică distinctivă a transmisiunii de televiziune prin satelit (STV) este capacitatea abonatului de a primi programul necesar de la orice satelit.

Avantajele televiziunii prin satelit sunt:

- în primul rând, este o imagine de înaltă calitate, fără interferențe, datorită tehnologiei utilizate pentru comprimarea semnalului transmis;
- posibilitatea de a viziona TV prin satelit oriunde
- în oraș sau la țară;
- calitate ridicată a sunetului;
- sute de canale interesante, atât cu plată, cât și gratuite;

Acest lucru se datorează faptului că atât de multe canale sunt în difuzare deschisă; STV se efectuează în două moduri. Prima metodă este următoarea: semnalul primit de la satelit este trimis către centrul local de televiziune, care asigură retransmisia lui ulterioară

A doua modalitate este următoarea: recepția semnalului de televiziune prin satelit se realizează pe o unitate de recepție separată cu o antenă mică. Pentru a asigura o astfel de recepție, este necesar să se folosească un satelit cu o putere de emițător relativ mare și o bună precizie de păstrare a orbitei pentru a exclude utilizarea receptorilor de urmărire.

3. Calcul energetic al liniei de comunicație

Pentru a efectua un calcul energetic al unei linii de comunicație prin satelit, este necesar să se cunoască coordonatele satelitului selectat și locația stației de recepție. Considerăm că modulul de abonat receptor se află în Chișinău. Vom determina locația pe hartă .

Indicăm coordonatele geografice:

- latitudine - 47°0'18,0" latitudine nordică, 47,0056 în grade zecimale;
- longitudine - 28°51'27,7" longitudine estică, 28,8575 în grade zecimale.

Fasciculele puternice și concentrate în bandă Ku oferă servicii de bandă largă pentru Europa, Rusia, Africa, Orientul Mijlociu și Asia .

Pentru a rezolva o serie de probleme care apar la proiectarea unei linii de comunicație prin satelit, este necesar să se cunoască relațiile geometrice care determină poziția relativă a stației terestre și a satelitului. Deci, pentru orientarea corectă a antenei ES, este necesar să se cunoască unghiul de elevație β și azimutul α al acesteia. Azimutul este unghiul măsurat în plan orizontal în sensul acelor de ceasornic de la direcția către Polul Nord până la direcția de la stația terestră la satelit. Unghiul de elevație este unghiul măsurat în plan vertical de la tangenta la orizont la direcția de la stația terestră la navă spațială. Intervalul de înclinare este distanța de la stația terestră la navă spațială. Intervalul de înclinare este determinat de formula:

$$d = R_p \cdot \frac{\sqrt{1 + \gamma_o^2 - 2\gamma_o \cdot \cos\psi}}{\gamma_o}, C = W \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{III}} \right), \quad (1)$$

γ_o și $\cos\psi$ prezenți în formulă sunt coeficienți intermediari.

Găsim coeficientul intermediar folosind formula:

$$\gamma_o = \frac{R_p}{R_p + H}, \quad (2)$$

unde H este înălțimea orbitei geostaționare.

Al doilea coeficient intermediar:

$$\cos\psi = \cos\varphi_{ct} \cdot \cos\Delta\lambda \quad (3)$$

a) Pierderi în spațiu.

Un factor important care afectează nivelul semnalului la intrarea receptorului este pierderea de energie în timpul propagării semnalului de-a lungul legăturii radio prin satelit. Atenuarea energiei semnalului în spațiul liber, cauzată de o scădere a densității fluxului de putere cu distanța de la emițător, este determinată de următoarea formulă:

$$L_{sl} = 20 \lg \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 38267520}{0,025641} \right) = 205,4 \text{ dB}, \quad (4)$$

unde d - este intervalul de înclinare, în metri; λ - este lungimea de undă.

Lungimea de undă este determinată de formula:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{11,7 \cdot 10^9} = 0,02564 \text{ m}, \quad (5)$$

unde c - este viteza luminii (m/s); f - este frecvența de funcționare (Hz).

b) Pierderea energiei semnalului în atmosferă.

Absorbția undelor radio în atmosferă este cuantificată prin coeficientul L_a . S-a stabilit că în intervalele de frecvență de peste 500 MHz, absorbția principală este determinată de troposferă și anume gazele troposferei: oxigen și vapori de apă, precum și ploaia și alți hidrometeori. În acest caz, ionosfera și alte gaze ale troposferei, cum ar fi dioxidul de carbon sau azotul, joacă un rol nesemnificativ.

Absorbția undelor radio în atmosferă este determinată de formula:

$$L_{atm} = L_o \cdot l_1 + L_{H_2O} \cdot l_2, \quad (6)$$

unde - L_o este coeficientul de absorbție pe unitate (dB/km) în oxigen:

$$L_o = \rho_o \cdot l_o; \quad l_o = \frac{h_o - h_t}{\sin\beta}$$

L_{H_2O} - coeficient liniar de absorbție (dB/km) în vapori de apă:

$$L_{H_2O} = \rho_{H_2O} \cdot l_{H_2O}; \quad l_{H_2O} = \frac{h_{H_2O} - h_3}{\sin\beta},$$

$h_o = 6\text{km}$ - este grosimea echivalentă a stratului de oxigen din atmosfera standard; $h_t = 0,176 \text{ km}$ - este înălțimea stației terestre deasupra nivelului mării; h_{H_2O} - este grosimea echivalentă a stratului de vapori de apă din atmosfera standard. L_1 - este lungimea traseului echivalent în oxigen; L_2 - este lungimea echivalentă a căii semnalului în vapori de apă.

c) Calculul pierderilor de energie în precipitații

Pierderea semnalului de ploaie este calculată folosind formula empirică:

$$L_{pl} = a \cdot I^b \cdot l, \text{ (dB)}, \quad (7)$$

unde I - este intensitatea precipitațiilor (mm/h); l - este lungimea traseului semnalului în stratul de ploaie (km); a și b sunt coeficienți auxiliari.

Coeficienții a și b depind puternic de frecvență, influența altor factori (dimensiunea și temperatura picăturilor de ploaie, polarizarea semnalului) este mult mai slabă

$$a = 4,21 \cdot 10^{-5} \cdot F^{2,49}, \text{ cînd } 2,9 \leq F \leq 54 \text{ GHz}; \quad b = 1,41 \cdot F^{-0,0779}, \text{ cînd } F \leq 25 \text{ GHz}$$

Concluzii

În această lucrare a fost realizat un studiu al caracteristicilor construcției și utilizării sistemelor de televiziune digitală prin satelit. În urma muncii depuse, se pot trage următoarele concluzii:

1. Televiziunea prin satelit este în prezent una dintre cele mai fiabile și economice modalități de a transmite semnale de televiziune de înaltă calitate în orice parte a țării noastre .
2. La construirea unui sistem de comunicații prin satelit, este necesar să se țină cont de caracteristicile tranziției de la o formă analogică a unui semnal de televiziune la una digitală (potrivit spectrul unui semnal de televiziune digitală cu lățimea de bandă a unui canal de comunicație prin satelit), caracteristicile trecerii unui semnal de televiziune printr-un canal de comunicație prin satelit.
3. Comunicații prin satelit VSAT nu are restricții în legătură cu terenul și permite organizarea canalelor de comunicații de telecomunicații unde construirea altor sisteme de comunicații este neprofitabilă sau imposibilă: regiuni slab populate sau nepopulate, teritorii fără infrastructură terestră, rute de transport maritim. Astfel, prin instalarea VSAT, utilizatorul are acces la toate serviciile de telecomunicații practic oriunde în lume: difuzare TV, acces la Internet, telefonie IP cu furnizarea unui număr sau mai multe numere, canale pentru conferințe audio și video.
4. Caracteristicile diferitelor topologii de comunicații prin satelit (VSAT SCPC, VSAT - STAR, VSAT - STAR cu tehnologie TDM/TDMA, VSAT cu tehnologie MESH HYBRID) vă permit să selectați topologia corespunzătoare pe baza cerințelor tehnice specificate pentru sistemul prin satelit (cost, numărul de abonați etc.).
5. În partea practică au fost efectuate calculele în baza echipamentului ales, rezultatul obținut ne arată ca acest sistem va asigura o calitate înaltă a semnalului recepționat. S-a ales un satelit de pământ artificial care îndeplinește următorii parametri: asigură o comunicație stabilă și neîntreruptă la Chișinău în banda Ku, respectiv satelitul Intelsat 33e, situat pe o orbită geostaționară la 60° Est. Au fost selectate echipamente de constelație terestră: un set de echipamente, care include: o antenă cu diametrul de 0,6 m; receptor Castpal DS701; convertor Universal Single LNB. Acest echipament a fost selectat în conformitate cu calculele.
6. Calculul energetic al canalului satelit „nava spațială – stație terestră” a arătat că echipamentul selectat va asigura recepția de înaltă calitate a semnalului satelitului de la satelitul Intelsat 33e către stația de recepție situată în Chișinău.

Referințe

1. Jerry Whitetaker. Digital television transmission systems. McGraw-Hill, 2000. ISBN: 007-139-14-57.
2. Drury G., Markarian G., Pickavance K. Coding and modulation for digital television. Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN: 079-237-969-1.
3. Constantin I., Marghescu I., Transmisiuni analogice și digitale. – București: Ed. Tehnică, 1995. ISBN/COD:973-31-0676-3.
4. Arhitectura și principiile de bază de funcționare a sistemelor de comunicații prin satelit [Sursă web]. Disponibil: <https://docplayer.ru/75447592-4-arhitekturai-osnovnye-principy-raboty-sputnikovyh-sistem-svyazi.html>.