

REALIZAREA PROTOCOLULUI DE COMUNICAȚIE TELEMETRICĂ AX.25 PENTRU NANOSATELIȚII "TUMnanoSAT"

Grigorii MIHAILOVSKII, Alexei MARTÎNIUC

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În prezent în jurul Pământului orbitează mai mult de 1000 de sateliți artificiali funcționali. Din ce în ce mai mulți sateliți se folosesc în scopuri științifice și educaționale și se numesc „universitari”. Pentru această clasă de sateliți comunicația cu stațiile terestre este stabilită ca standard în baza protocolului de transfer a datelor AX.25. În prezenta lucrare este descris formatul protocolului de comunicare AX.25 și metoda de realizare pentru stabilirea legăturii dintre stația terestră și nanosateliitul „TUMnanoSAT”.

Cuvinte cheie: cadru, încapsulare, bitstuffing, NRZ-I, scrambling.

Introducere

AX.25 este un protocol data link de nivel înalt (HDLC) și o extensie a protocolului X.25 pentru aplicarea în rețelele de comunicare dintre radioamatori. În cadrul standardului, protocolul este descris ca un protocol link layer care ocupă cele trei niveluri inferioare din modelul OSI. Acest standard nu descrie nivelul fizic, care mai mult sau mai puțin a devenit de facto în diverse implementări din comunitatea radioamatorilor. Protocolul oferă servicii caracteristice nivelului de rețea pentru rutare de cadre AX.25 cu protocoale de nivel superior, de ex. TCP. În lucrarea curentă vor prezenta realizarea protocolului AX.25 pe nanosateliitul TUMnanoSat pentru comunicare cu stațiile terestre [1,2].

1. Realizarea protocolului de comunicație telemetrică AX.25

AX.25 – protocol de transfer a datelor la nivel de canal (al doilea nivel de jos în modelul OSI). Este destinat comunicării între amatorii radio, de aceea este pe larg folosit în rețelele radioamatori de comunicare pe bază de pachete. Cu scopul ca orice radioamator să poată stabili legătura cu sateliitul „universitar” în sistemul de comunicare stație terestră – satelit universitar este recomandat în calitate de standard protocolul AX.25 [3,4]. Modelul simplificat de comunicare a abonaților în baza acestui protocol este prezentat în fig. 1.

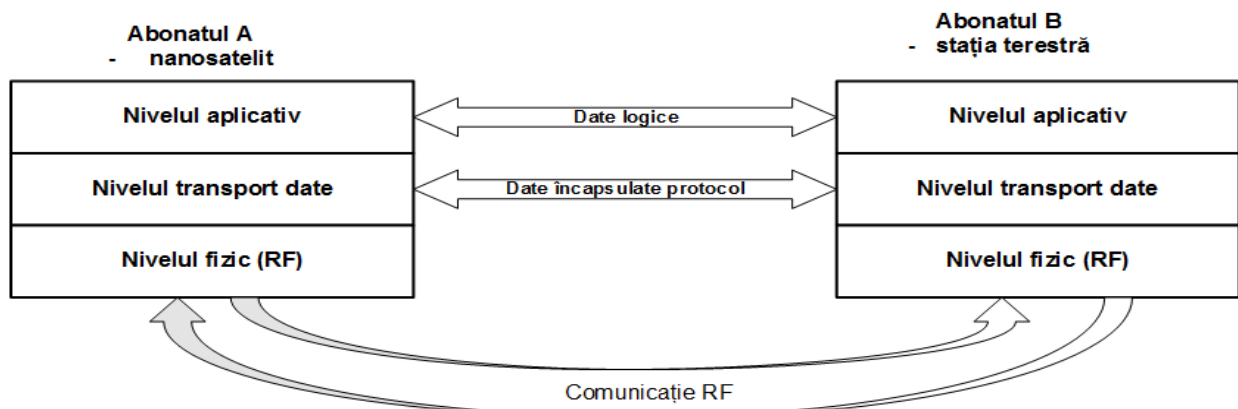


Fig.1. Modelul simplificat al unei arhitecturi de comunicare multinivel.

Eficiența comunicației satelit-stația terestră depinde de modul de distribuție a funcțiilor nivelelor pe componentele sateliitului. Am propus următoarea distribuție a funcțiilor nivelelor în modul următor:

- Nivelul fizic fizic este realizat de către modulul RF: emisia/recepția concomitant modulația/demodulația semnalelor radio, în caz particular AFSK a datelor furnizate sau aculumulate de microcontrolerul local al modului de comunicație.

- Nivelul de încapsulare/decapsulare a datelor în conformitate cu protocolul AX.25 se realizează pe calculatorul de bord (OBC) al nanosateliitului;

- Nivelul de aplicație este realizat pe pe calculatorul de bord (OBC) al nanosateliitului, care cuprinde achiziționarea datelor de la senzorii de bază, inclusive a datelor de la sarcina utilă și captarea imaginilor

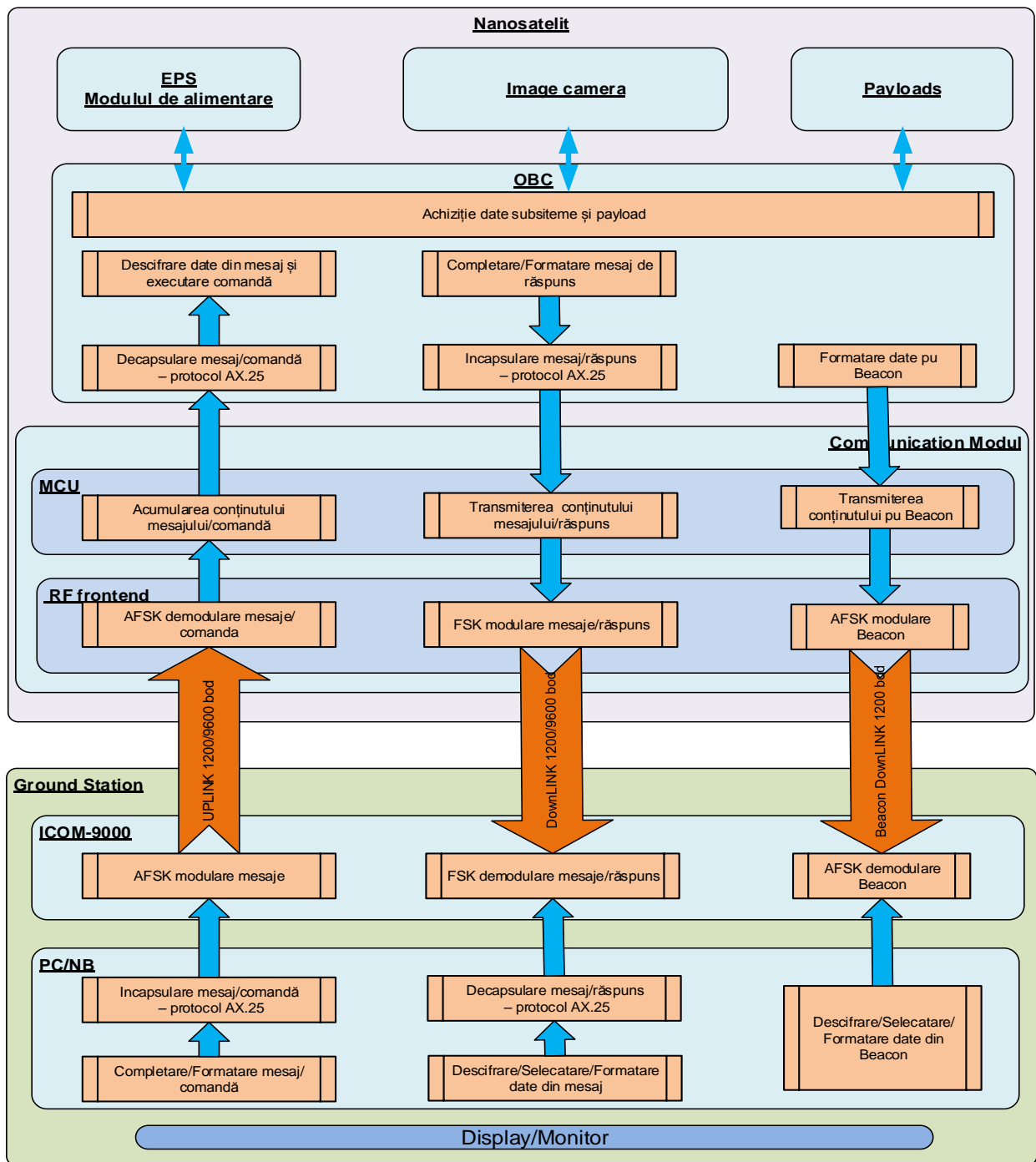


Fig. 2. Diagrama de interacțiune a componentelor satelitelui și stației terestre în proces de comunicație.

Procesul de transmitere/recepționare a datelor, folosind protocolul AX.25, este realizat după următorul algoritm, prezentat în fig. 3:

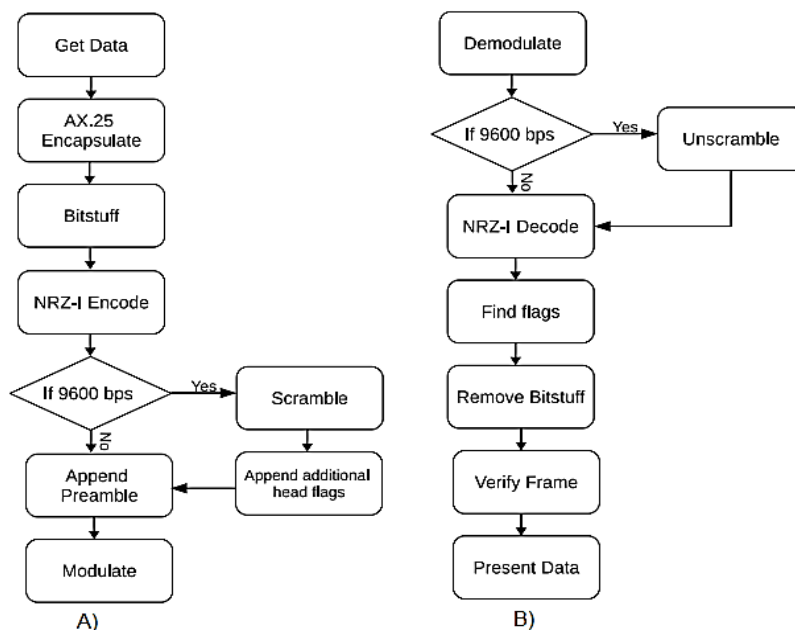


Fig.3. Algoritm de transmisie (A) și recepție (B) a pachetelor de date AX.25.

Toate procedurile de mai sus, prezentate în algoritm, în afară de modulare/demodulare au fost realizate într-o aplicație embedded rulată pe microcontrolerul MCU STM32F407 al calculatorului de bord. Realizarea protocolul AX.25 necesită încapsularea datelor în patru tipuri de cadre. Pentru schimbul de date dintre stația terestră și nanosatelit cel mai frecvent se utilizează doar cadrul UI – Unnumbered Information. În fig.4 este prezentată structura cadrului UI care conține următoarele câmpuri:

1. Flag – indică începutul și sfârșitul cadrului;
2. Address – conține adresele sursei și destinației;
3. Control – conține informația privind formatul cadrului;
4. PID – conține informația privind versiunea protocolului AX.25 utilizată;
5. Info – conține datele propriu-zise expediate;
6. FCS – suma de control, calculată pentru 4 câmpuri precedente și permite detecția erorilor singulare și duble în pachet.

Flag	Address	Control	PID	Info	FCS	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	8 Bits	N*8 Bits	16 Bits	01111110

Fig.4. Structura unui cadru UI AX.25

După încapsulare, cadrul este supus bitstuffing-ului (înserării biților adiționali de „0” după fiecare 5 biți consecutivi de „1”). Pentru a preveni detecția eronată a flag-ului în interiorul cadrului am propus următoarele proceduri de prelucrare la nivelul fizic al protocolului.

După procedura de bitstuffing asupra cadrului se efectuează codarea binară NRZ-I. Într-un flux binar codat după tehnica NRZ-I, zerourile logice sunt reprezentate ca tranziții de la nivelul logic precedent la cel opus, iar unitățile logice – prin păstrarea nivelului logic precedent pe durata unui simbol (bit). Împreună cu bitstuffing-ul, codarea NRZ-I a fluxului binar permite extragerea semnalului de sincronizare din acesta, deci sincronizarea receptorului cu fluxul binar recepționat.

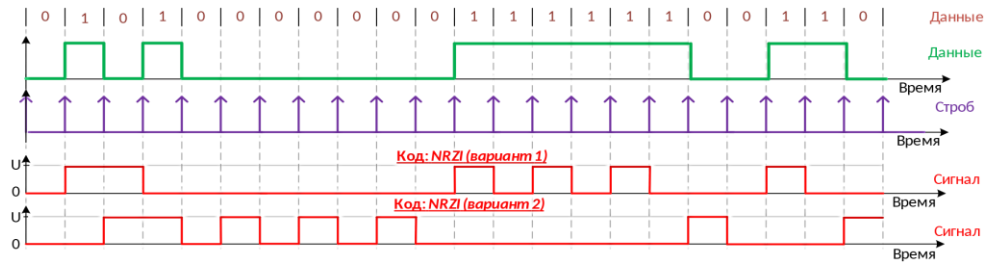


Fig.5. Tehnica de codare NRZ-I.

Scrambling este o procedură de pseudo-randomizare fluxului binar transmis cu ajutorul unui registru de deplasare cu bucle de reacție (LFSR), astfel că probabilitatea de emisi a zerourilor și unităților logice este aproape echivalentă. Scrambling-ul permite utilizarea mai eficientă a spectrului semnalului de emisie, făcându-l mai uniform pe banda de frecvențe emisă. Polinomul propus în procedura de scrambling este:

$$X(Y) = X(1) (+) X(12) (+) X(17),$$

unde: $X(Y)$ este valoarea pseudo-aleatorie.

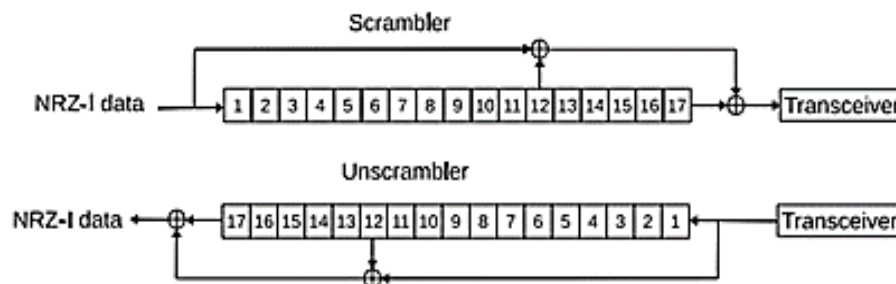


Fig.6. Schema de structură a scrambler-ului și descrambler-ului, utilizat în protocolul AX.25.

Concluzii

Protocolul AX.25 este un protocol simplu și robust, potrivit pentru realizarea comunicării între sateliți universitari și stațiile terestre, inclusiv cele de amatori.

În cadrul acestei lucrări a fost realizată o implementare sub formă de bibliotecă de funcții și proceduri în limbajul C care realizează toate procedurile de creare, codare și decodare a pachetelor AX.25. Biblioteca protocolului AX.25 realizată permite implementarea acestuia și în sisteme embedded. Prin urmare implementarea bibliotecii este posibilă atât în sisteme cu RTOS cât și sisteme simple fără sistem de operare real-time.

Bibliografie

1. Nicolae Secrieru, Nicolae Levineț, Sergiu Candraman, Ilco Valentin, Adrian Girscan, Andrei Margarint. TUMnanoSat family for diverse educational space mission. - In: *The 9th International Conference on Microelectronics and Computer Science & The 6th Conference of Physicists of Moldova*, Chișinău, Republic of Moldova, October 19-21, 2017, pp. 143-150.
2. BOSTAN Ion, PISO Ioan-Marius, BOSTAN Viorel, BADEA Alexandru, SECRIERU Nicolae TRUSCULESCU Marius, CANDRAMAN Sergiu, MĂRGARINT Andrei, MELNIC Vladimir. Arhitectura rețelei stațiilor terestre de comunicații cu sateliți. *Academos*, Nr. 2(41), 2016, pp. 69-76. ISSN 1857-0461
3. Beech A., Nielsen E., Taylor J. AX.25 Link Access Protocol for Amateur Packet Radio. 1998. P. 143.
4. Gronstad M. Implementation of a communication protocol for CubeSTAR. University of Oslo. Oslo, 2010. P. 147.