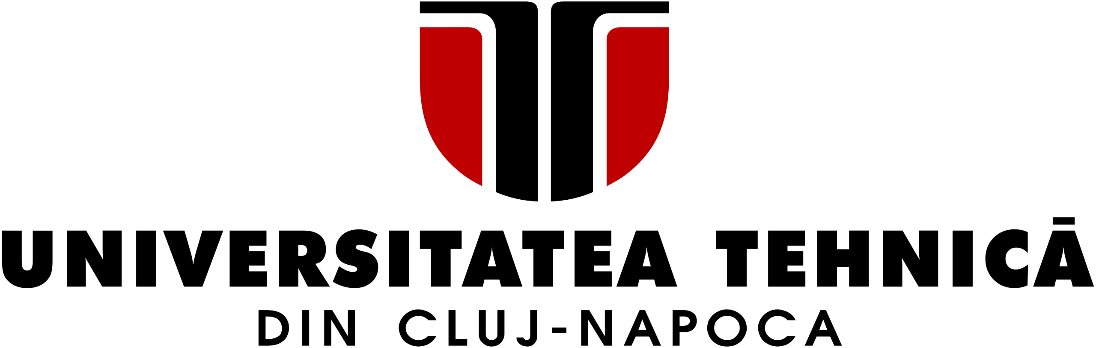
****

**Sisteme de comunicații satelitare -arhitectură și componente**

Student: Morar Denisa Alexandra

Profesor coordonator: Buta Rareș

Cuprins

[2 Abstract 3](#_Toc153479128)

[3 Principii de bază a comunicațiilor prin satelit 4](#_Toc153479129)

[3.1 Originile sateliților 4](#_Toc153479130)

[3.2 Comunicații prin satelit 4](#_Toc153479131)

[4 Orbite și traiectorii controlate 6](#_Toc153479132)

[4.1 Orbite sincrone cu soarele 6](#_Toc153479133)

[4.2 Comunicații prin satelit 6](#_Toc153479134)

[4.3 Tehnici de acces multiple 7](#_Toc153479135)

[4.4 Interfețe radio luate în considerare și scenarii 9](#_Toc153479136)

[5 Probleme de proiectare a frecvenței radio 10](#_Toc153479137)

[6 Codarea canalului 12](#_Toc153479138)

[6.1 Sisteme codificate 12](#_Toc153479139)

# Abstract

Sistemele de comunicații satelitare sunt rețele care utilizează sateliți pentru a transmite semnale de comunicații. Acești sateliți sunt amplasați în spațiu și sunt folosiți pentru a transmite și recepționa semnale de voce, date și imagini. Ele sunt utilizate pentru a asigura comunicarea în întreaga lume, inclusiv în zonele în care infrastructura terestră este limitată. Aceste sisteme sunt esențiale în domenii precum telecomunicații, televiziune prin satelit, navigație și monitorizare a mediului înconjurător.

# Principii de bază a comunicațiilor prin satelit

## Originile sateliților

Primul satelit artificial, numit Sputnik, a fost lansat de Uniunea Sovietică în 1957 și a transportat date de telemetrie timp de 21 de zile, semnalând începutul erei spațiale.

Discursul de Crăciun al președintelui Eisenhower a fost difuzat pe satelitul construit american *Score* în 1958, care a venit după această realizare. În 1960, au fost lansati doi sateliți: *Courier* și *Echo*, un satelit reflector. Faptul că *Courier* a înregistrat un mesaj care putea fi reluat ulterior a făcut-o deosebit de demn de remarcat. Primul satelit geostaționar, *Syncom*, a fost lansat în 1963, iar doi sateliți de comunicații activi, *Telstar* și *Relay*, au fost dați în funcțiune în 1962. Astfel, a început cursa pentru exploatarea spațiului în scopuri civile și comerciale. Când un satelit menține o poziție aparentă aproape constantă (staționară) față de pământ, se spune că este geostaționar. În mod normal, această locație este la 35.784 de kilometri de Pământ. Unghiul său de elevație este perpendicular pe ecuator, iar în spațiul inerțial, perioada sa de revoluție coincide cu cea a pământului. Un alt nume pentru un satelit geostaționar este o orbită geosincronă sau sincronă, sau doar un geosatelit. În 1965, au fost lansate *Intelsat* și *Molnya*, prima constelație comercială de sateliți geostaționari. Pentru telespectatorii lor, acești sateliți au oferit voce și video (televiziune și telefon). Organizația Internațională de Telecomunicații prin Sateliți, care este numele consorțiului de peste 100 de țări care deține și operează *Intelsat*, a început ca primul sistem comercial global de satelit. A fost prima companie care a oferit acoperire și conectivitate prin satelit în întreaga lume și este în continuare liderul furnizorului de comunicații cu cea mai largă ofertă de servicii. Alți furnizori pentru piețele industriale și interne sunt *Westar* în 1974, *Satcom* în 1975, *Comstar* în 1976, *SBS* în 1980, *Galaxy* și *Telstar* în 1983, *Spacenet* și *Anik* în 1984, *Gstar* în 1985, *Aussat* în 1985–1986, *Optus* A2 în 1985, *Hughes-Ku* în 1987, *NASA ACTS* în 1993, *Optus* *A3* în 1997 și *Iridium* și *Intelsat VIIIA* în 1998. Există planuri pentru și mai mult. Există canale special pentru comunicarea militară pe unii dintre acești sateliți. Tehnologia satelitului se dezvoltă la un nivel superior datorită necesității de dominare a pieței și de avantaj competitiv în domeniile de supraveghere militară și tactică. [1]

## Comunicații prin satelit

Doar comunicația radio cu linie de vedere este fezabilă deoarece undele radio, care sunt ideale ca purtători de informații cu lățime de bandă largă, se găsesc în intervalele de frecvență în care undele electromagnetice se propagă prin spațiu aproape în conformitate cu legea opticii. Astfel, curbura pământului și condițiile topografice stabilesc o limită pentru lungimea căii radio. Pentru a permite depășirea distanțelor mai lungi, trebuie instalate stații releu, cunoscute și sub denumirea de repetitoare (vezi Fig. 1). Este posibil ca radarul *Skyway* să nu aibă nevoie de repetoare, deoarece transmite date dincolo de orizont folosind ionosfera, care este situată între 70 și 300 de kilometri deasupra Pământului. Pe de altă parte, decolorarea și distorsiunile ionosferice afectează transmisia. Este nevoie de mai multe echipamente de monitorizare pentru a preleva instantaneu condițiile ionosferice pentru a vă asigura că sunt alese frecvențele potrivite.

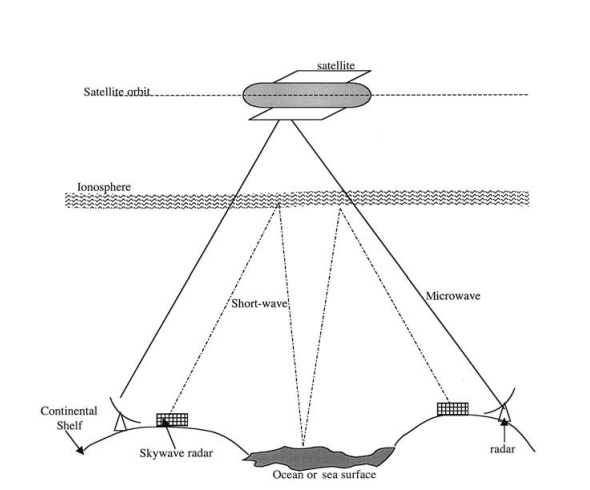


Fig 1. Căile de comunicare intercontinentale

Un satelit de comunicații care orbitează pământul depășește această din urmă condiție prealabilă. Sateliții pot parcurge distanțe mari – aproape jumătate din circumferința pământului – în funcție de diametrul orbitelor lor. Totuși, așa cum se vede în Fig. 2, o legătură de comunicație între două subsisteme – de exemplu, stații terestre sau terminale – prin satelit poate fi privită ca un caz special de releu radio, cu câteva caracteristici avantajoase:

* Este posibil să se stabilească legătura dorită între două terminale din zona de iluminare. Distanța dintre terminale nu are nicio influență asupra costului unei legături în zona de iluminare.
* O clauză care permite o acoperire largă în zone izolate sau inaccesibile sau este făcut pentru servicii noi.
* Operațiunile de dimensiuni medii punct-la-multiunități (difuzare) sunt cele mai potrivite pentru aceasta.

A diagram of a solar system

Description automatically generated

Fig 2. Comunicare între două stații terestre prin satelit.

# Orbite și traiectorii controlate

## Orbite sincrone cu soarele

Orbitele sincrone solare sunt utilizate în special de sateliții destinați aplicațiilor de teledetecție. Orbitele sincrone solare sunt cele care se învârt în jurul soarelui. Avioanele lor sunt aproape perfect aliniate cu soarele. Rezultatul principal este că punctul subsatelit, care este intersecția razei vectorului satelit și suprafața solului traversează în același timp local orice latitudine. Sunt necesare manevre în mod regulat pentru a menține proprietatea de mai sus în limitele de toleranță predeterminate ale misiunii de sarcină utilă, deoarece o orbită sincronă cu soarele este perturbată [2].

Tabel 1. Valori admisibile ale axei semi-mare, excentricității și înclinației pentru orbitele sincrone cu SoareA table with numbers and text

Description automatically generated

## Comunicații prin satelit

Infrastructurile terestre care folosesc fibre optice în legăturile de coloană vertebrală pentru a atinge o capacitate enormă au ajutat foarte mult comunicațiile multimedia.

Atunci când rețelele terestre nu sunt disponibile sau sunt supraîncărcate, utilizarea sateliților pentru a furniza servicii multimedia în bandă largă utilizatorilor de telefonie fixă și mobilă reprezintă o alternativă tehnologică. Chiar și acum, o mare parte a oamenilor care locuiesc în zone rurale sau subdezvoltate nu au speranța de a avea vreodată acces la navigarea rapidă pe web de mulți ani. Această problemă este extrem de gravă, barieră care împiedică toată lumea să se bucure de avantajele societății informaționale. Comunicațiile prin satelit reprezintă o modalitate de a aborda problema decalajului digital. poate ajunge rapid în diferitele regiuni Pământului oferind peste tot aceleași categorii de servicii. Sateliții sunt un mijloc crucial de livrare pentru servicii ale societății informaționale, inclusiv acces mobil de mare viteză și televiziune interactivă acces web. Sateliții sunt poziționați pe orbite adecvate în jurul Pământului și se împart în trei grupuri principale în funcție de altitudinea lor:

* Sateliți de pe orbită terestră joasă (LEO) care sunt situați sub centurile de radiație Van Allen, în special la o înălțime de 500–2.000 km. Timpul necesar pentru ca sateliții să fie vizibili este de aproximativ 15 minute, iar Pământul se rotește la fiecare 100 de minute. Aceste orbite pot fi înclinate sau polare.
* Forma Orbitei Pământului Mediu (MEO), care se află între cele două centuri de radiație Van Allen, la o altitudine de 8.000 până la 12.000 km, poate fi fie circulară, fie eliptică. Există o perioadă de rotație de 5-12 ore și o perioadă de vizibilitate prin satelit de 2-4 ore.
* La o înălțime de aproximativ 35.780 de kilometri, orbita terestră geosincronă (GEO) este situată în planul ecuatorial al Pământului. Perioada sa de rotație este de 24 de ore, iar timpul de vizibilitate prin satelit este de 24 de ore. Numeroase obiecte orbitale geostaționare (GEO) sunt alocate sloturi discrete pe orbita planului ecuatorial. S-a stabilit că orbita ecuatorială și altitudinea satelitului GEO permit sateliților să se rotească cu aceeași viteză ca Pământul. Drept urmare, un satelit GEO își menține poziția fixă pe cer în raport cu un anumit punct de pe Pământ, care este o caracteristică dorită pentru comunicații.

Viteza orbitală a satelitului este determinată de echilibrul dintre forța centrifugă și forța gravitațională care acționează pe Pământ. Mișcarea orbitală a sateliților este controlată de cele trei legi Kepler. Mulți sateliți care acoperă o zonă sau întregul Pământ, cunoscuți sub numele de constelație, și care de obicei au același tip de orbită - GEO, MEO sau LEO - se combină pentru a forma un sistem de comunicații prin satelit [3].

A diagram of a solar system

Description automatically generated

Fig 3. Descrierea tipurilor de orbită prin satelit.

## Tehnici de acces multiple

Capacitatea numeroaselor stații terestre de a-și interconecta simultan fluxurile de trafic multimedia individuale prin satelit este cunoscută ca acces multiplu. Aceste metode permit mai multor stații terestre să partajeze capacitatea disponibilă a unui transponder satelit. Cele mai utilizate metode sunt:

* Acces multiplu cu diviziune în frecvență (FDMA)
* Acces multiplu pe diviziune temporală (TDMA)
* Acces multiplu prin diviziune de cod (CDMA)

**FDMA**

Întreaga lățime de bandă este împărțită în porțiuni de dimensiuni egale în FDMA, iar o porțiune care înconjoară un purtător sau purtători este alocată permanent unei stații terestre.

Benzile de protecție sunt necesare pentru FDMA pentru a menține separarea semnalului. FDMA necesită mai mulți purtători care transmit simultan.

**TDMA**

Întreaga lățime de bandă în TDMA este adesea împărțită în intervale de timp care sunt aranjate în conformitate cu o structură periodică cunoscută sub numele de cadru. Un pachet este trimis peste fiecare slot. Pentru traficul de pachete, TDMA este, prin urmare, o potrivire bună. Stațiile terestre trimit alternativ rafale printr-un singur transponder prin satelit în transmisiile pe legătura ascendentă TDMA. În ceea ce privește transmisiile TDMA pe legătura descendentă prin satelit, este folosit un singur purtător. Fluxurile de trafic multimedia pot fi combinate cu TDMA, care este rezistent la zgomot și interferențe și ușor de ajustat pentru cerințele fluctuante ale traficului.

**CDMA**

Semnalele sunt codificate astfel încât numai o stație de recepție sincronizată corect, care cunoaște codul de transmisie (cunoscut și sub denumirea de „cod de amestecare”) poate identifica și prelua informații de la un singur transmițător. Doar perechile de stații comunicante dintr-o rețea de satelit descentralizată trebuie să își coordoneze transmisiile (trebuie să folosească același cod). Răspândirea semnalului transmis pe o bandă mult mai largă este ideea fundamentală din spatele CDMA (*Spread Spectrum*).

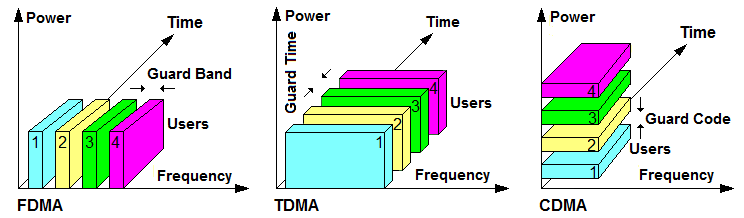


Fig 4. Tehnici comune FDMA, TDMA și CDMA

## Interfețe radio luate în considerare și scenarii

Există diverse interfețe aeriene standardizate disponibile pentru sistemele care utilizează comunicații prin satelit. Difuzarea video digitală prin satelit (DVB-S, DVB-S2 și DVB-RCS) și extinderea prin satelit a Sistemului Universal de Telecomunicații Mobile (UMTS) terestru sunt principalele idei ale acestei cărți. În plus, au fost luate în considerare scenarii care combină diverși factori, cum ar fi tipul de orbită a satelitului, utilizatorii de telefonie mobilă sau fixă și interfața aeriană aleasă. Mai exact, au fost recunoscute situațiile ulterioare:

* Scenariul 1: Satelit-UMTS (S-UMTS) pentru utilizatorii de telefonie mobilă prin satelit GEO cu țeavă îndoită;
* Scenariul 2: DVB-S/DVB-RCS pentru transmisii fixe în bandă largă prin

Sateliți cu țeavă îndoită GEO;

* Scenariul 3: Constelația LEO cu sateliți în regenerare pentru furnizarea de servicii multimedia utilizatorilor de telefonie mobilă care adoptă dispozitive portabile

.

Figura 5 prezintă o versiune simplificată a sistemului DVB-S/DVB-RCS,

arhitectură în care Centrul de control al rețelei (NCC), Poarta de trafic (GW) și Feeder(este stația terestră care transmite Forward Link (DVB-S)

semnal, unde datele utilizatorului și semnalele de sincronizare și control ISN sunt multiplexate

împreună) sunt „prăbușite” în NCC, adică într-o singură stație terestră [3].

A diagram of a satellite network

Description automatically generated

Fig 5. Exemplu de arhitectură de sistem DVB-S/DVB-RCS.

# Probleme de proiectare a frecvenței radio

Transmiterea puterii electromagnetice care transportă informații prin spațiu, optimizând în același timp raportul de putere purtător-zgomot recepționat (CNR), este scopul comunicațiilor radio. Acest lucru permite receptorului să reconstruiască semnalul transmis cât mai precis posibil. Pentru a face acest lucru este necesar:

* Pe cât posibil, transferarea puterii electromagnetice eficient în spațiu către punctul de recepție. Acest lucru necesită utilizarea unor părți adecvate (antene) pentru a alinia emițătorul și receptorul în raport cu spațiul, pentru a concentra puterea transmisă în direcția receptorului și pentru a extrage puterea necesară din unda electromagnetică. Deoarece undele electromagnetice din comunicațiile prin satelit trebuie de obicei să călătorească prin atmosfera pământului, fenomenele atmosferice pot modifica caracteristicile undei (amplitudine, polarizare, direcție de propagare și coerență), ceea ce ar putea avea un impact asupra nivelului de putere recepționat. Prin urmare, deoarece nivelul de putere recepționat depinde în mare măsură de nepotrivirea dintre caracteristicile undei și antenei, propagarea atmosferică și antenele necesită o considerare comună.
* Reduceți și/sau gestionați gradul surselor de afectare a semnalului în spațiu. În timp ce unele dintre aceste surse sunt artificiale (semnale interferente produse în cadrul aceluiași sistem sau de către alte sisteme terestre sau spațiale), altele sunt naturale (zgomot termic primit de antenă).

În ambele situații, este necesară atenția simultană pentru propagarea atmosferică și proiectarea antenei. În funcție de dimensiunea, performanța dorită și banda de frecvență de funcționare, antenele pot apărea foarte diferit.

Diferiți factori contribuie la reducerea eficienței diafragmei. Pentru cel mai comun tip de antenă ES, Cassegrain, principalii factori, prezentate în Fig 6. sunt următoarele:

* *Eficiența de deversare primară* (A). Eficiența spillover-ului primar reprezintă pierderea

datorită puterii radiate de alimentarea în afara subreflectorului.

* *Eficiență secundară de deversare* (B). Eficiența spillover-ului secundar reprezintă

pierderea datorată puterii împrăștiate de subreflector în afara reflectorului principal.

* *Eficiența iluminării* (C). Eficiența iluminării reprezintă abaterea

de la iluminarea uniformă de-a lungul deschiderii.

* *Eficiența preciziei suprafeței* (D). Eficiența acurateței suprafeței reprezintă energia împrăștiată din fasciculul principal din cauza rugozității suprafeței principale.
* *Eficiența radiațiilor* (E) [2]

A diagram of a circular object

Description automatically generated

Fig 6. Factori care contribuie la reducerea eficienței diafragmei într-o antenă Cassegrain

# Codarea canalului

Prin utilizarea redundanței și a interdependenței în reprezentarea biților de informații, codarea canalului este o tehnică de procesare a semnalului care permite protecția împotriva erorilor și media zgomotului în secvențe.

## Sisteme codificate

După cum se vede în Figura 7, codificarea este introdusă de obicei chiar înainte de modulare și decodificată după demodulare. Integrarea funcțiilor de codare și modulare este un concept de dorit. Împărțirea funcțiilor este acceptabilă pentru canalele binare; totuși, este preferată o interfață multibiți între demodulator și decodor, astfel încât demodulatorul să poată exprima încredere în alegerile sale cu privire la simbolurile binare pe care le-a primit pe canal. Când se folosește demodularea soft-decision în loc de doar ieșirea binară hard-decision de la demodulator, capacitatea de control a erorilor a codului poate fi aproape dublată. Cu toate acestea, nu toate decodoarele sunt capabile să utilizeze deciziile soft în mod eficient [4].

A diagram of a computer system

Description automatically generated

Fig 7. Codificarea canalelor în sistemul de comunicații digitale

**Bibliografie**

[1] Michael O. Kolawole, *Satellite Communication Engineering*, Marcel Dekker, New York, 2002

[2] Sebastiano Tirró, [*Satellite Communication Systems Design*](http://library.lol/main/723892E40CF89A7A6FAFCB53A779F814)*,* Springer US, 1993

[3] Giovanni Giambene, *Resource Management in Satellite Networks Optimization and Cross-Layer Design,* Springer, 2007

[4] Barry G Evans, *Satellite Communication Systems 3rd Edition,*   
Institution of Engineering and Technology, 1999