

2. Përpunimi digjital i sinjaleve

Procesimi i sinjalit është i nevojshëm për të bartur informatat nga një skaj i rrjetit në tjetrin. Pasi që sinjalet në brezin themelor nuk mund të shkojnë larg, për transmetim, sinjali i informacionit duhet të modulohet me një bartës në njërin skaj dhe duhet të demodulohet në skajin tjetër në mënyrë që të jetë i mundur shfrytëzimi i informacionit. Në rrjetat moderne ky informacion udhëton në të dy kahjet. Procesimi është një art (teknik) në vete. Këtu shpjegohet se cila teknikë e modulimit është më e përshtatshme dhe pse. Janë diskutuar drejtpërdrejt produktet e ditëve të sotme të cilat gjenden në treg.

2.1. Modeli i sistemit komunikues te komunikimet digjitale

Bloku diagrami i një sistemi komunikues digjital në formë pak a shumë të thjeshtuar është treguar në figurë.

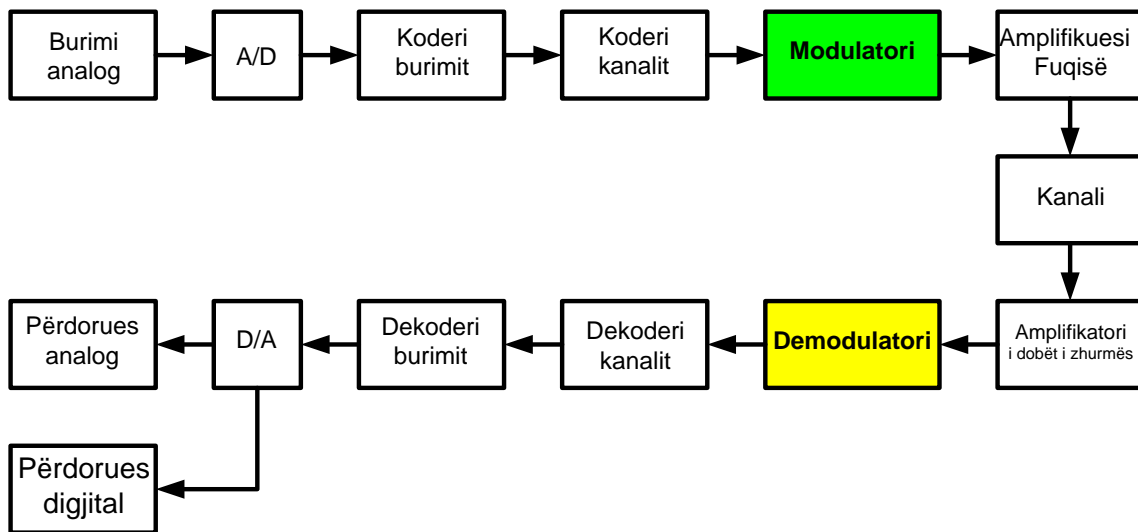


Fig.2.1. Bllok diagrami i një sistemi komunikues digjital.

Mesazhi ose informacioni që duhet të dërgohet nëpër sistemin e tillë mund të jetë një sinjal analog (p.sh zëri) që gjenerohet prej burimit analog ose mund të jetë sinjal digjital (p.sh të dhënat kompjuterike) pra që gjenerohet nga burimi digjital. Konvertuesi analog – digjital (A/D) e mostron dhe kuantizon sinjalin analog dhe atë e pasqyron me pulse digjitale si 1 dhe 0.

Koderi i burimit (source encoder) sinjalin digjital dhe atë e paraqet me një sinjal digjital më të shkurtër, pra në këtë proces optimizohet shpjetësia e transmetimit që ti pershtatet koderit të kanalit (channel encoder). Në kthim zhvillohet procesi i kundërt dmth, zvogëlohet gjerësia e brezit varësisht prej sistemit.

Koderi i kanalit (channel encoder) pranon sinjalin digjital që gjenerohet nga koderi i burimit, në dalje gjenerohet një sinjal digjital më i gjatë. Tepricat (redundancy) që shtohen me qëllimin e korrektimit të gabimeve që shkaktohen nga zhurma ose interferenca e simboleve gjatë transmetimit nëpër kanal transmetues duhet shtuar me kujdes dmth, në gjuhën që kuptohet në pranim.

Transmetimet më të shpeshta bëhen në brezin lëshues të frekuencave të larta (high frequency Passband), modulatori pra i fikson (mbështjellë ose interferon) simbolet digjitale të koduara me një bartës.

Nganjëherë transmetimi bëhet në brezin bazë, prandaj modulatori është modulues i brezit bazë, i njohur si formësues, i cili formëson simbolet digjitale të koduara me një formë valore të përshtatshme për transmetim.

Zakonisht modulatori është i përcjellur nga një amplifikator i fuqisë.

Për transmetim në frekuencat e larta, moduluesi dhe demoduluesi zakonisht performojnë në frekuencat e ndërmjetme (intermediate frequency) IF. Në rastin e tillë në mes të modulatorit dhe amplifikatorit të fuqisë është i instaluar një up – converter i frekuencës.

Nëse IF është shumë e ulët krahasuar me frekuencën bartëse, nëpër disa shtigje (stacione) janë të nevojshme konversione të frekuencës bartëse.

Për wireless sistemet antena është stacioni final në transmetim.

Mediumi transmetues apo shkurtimisht njihet si kanal, ku sinjalit i shtohet zhurma, feding-u dhe efektet e dobësimit që paraqesin një faktor shumë kompleks që i superponohet sinjalit.

Termi zhurmë në këtë rast ka kuptim të gjerë sepse përfshinë të gjitha llojet e trazimeve ose çrregullimeve elektrike të rastit që e kanë burimin nga jashta ose prej vetë brendisë së sistemit.

Kanali gjithashtu ka gjerësi të brezit frekuencor të kufizuar, kështu që për disa raste nuk është e gabueshme nëse thuhet se ai paraqet një filtër.

Në pranim, praktikisht kryhen operacionet inverse ndaj atyre në dërgim.

Së pari sinjali i pranuar që është mjaft i dobësuar amplifikohet dhe në qoftëse është i nevojshëm bëhet konvertimi i poshtëm (down – converted), pastaj sinjali i tillë demodulohet.

Tepriçat e shtuara që shtoheshin për korrektimin e gabimeve largohen, sinjali me formen e tillë pastaj kalon nëpër dekoderin e kanalit (channel decoder) dhe dekoderin e burimit (source decoder), si rezultat fitohet ose me mirë të themi rivendoset sinjali (që përmban të dhënat, mesazhin) në formën e tij pothuajse fillestare.

Në fund, para se sinjali të arrijë në cakë është i nevojshëm konvertimi digjital – analog (D/A).

Modeli i sistemit komunikues digjital i treguar në figurë është mjaft i thjeshtuar, pasi që nuk janë përfshirë elementet si : Multiuser system, sistemi multipleksues/demultipleksues (që instalohen para stacioneve moduluere), multistation system, si dhe përhapësitë e frekuencës (frequency spread) e enkriptuesit (encryption).

Në fakt, vetëm modulatori, kanali (mediumi transmetues), demodulatori dhe amplifikatorët janë esencial në të gjitha sistemet komunikuese.

Prandaj, me qëllim të përshkrimit të teknikave të modulimit dhe demodulimit , si dhe për analizimin e performancave të tyre, modeli i thjeshtuar i treguar në figurë do të përdoret më shpesh.

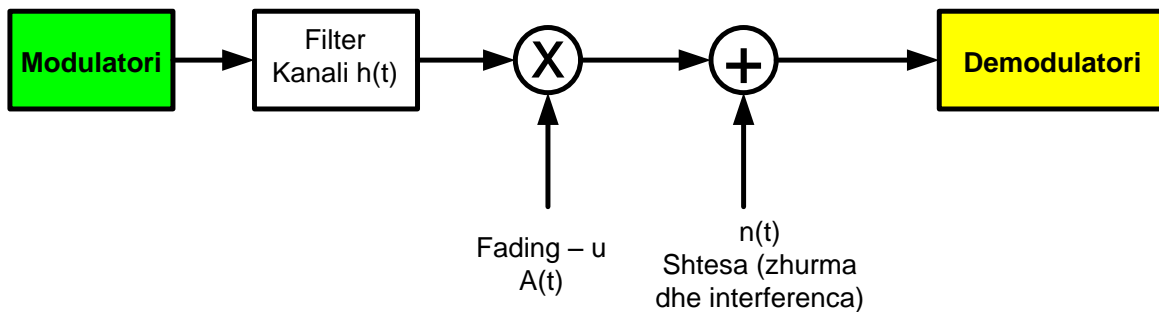


Fig.2.2. Modeli i thjeshtuar i sistemit komunikues

Ky model përjashton ose nuk i përmban blloqet që nuk lidhen me modulim kështu që ato blloqe që ndikojnë në modulim dallohen në të.

Zhvillimet e tanishme ose të fundit në inxhinjeringun e modemëve konsistojnë në integrimin e channel encoder në modulator dhe channel decoder në demodulator.

Bazuar në figurë sinjalin në hyrje të demodulatorit mund ta shprehim si :

$$r(t) = A(t) \cdot [s(t) * h(t)] + n(t)$$

ku * paraqet konvulucionin.

Siç shihet nga figura kanali përbëhet nga tri elemente.

Elementi i parë është filtri i kanalit (channel filter). Prej faktit se sinjali $s(t)$ që del nga modulatori patjetër duhet të kalojë nëpër transmitter, kanal dhe nëpër stacionet në marrje që janë para demodulatorit, si pasojë e kësaj channel filter është një filtër i përbërë, përgjigjja frekuencore e të cilit është :

$$H(f) = H_T(f)H_C(f)H_R(f)$$

Ku, $H_T(f)$, $H_C(f)$, $H_R(f)$ janë funksionet transmetuese të transmitter-it, kanalit dhe marrësit (receiver), respektivisht.

Duke zbatuar transformimin inver të shprehjes së lartpërmendur dmth transferimin prej domenit frekuencor në atë kohor, fitohet përgjigja impulsive e filtrit të kanalit që është :

$$h(t) = h_T(t) * h_C(t) * h_R(t)$$

ku $h_T(t)$, $h_C(t)$, $h_R(t)$ janë përgjigjet impulsive të transmitter-it, kanalit dhe marrësit, respektivisht.

Elementi i dytë është faktori $A(t)$ i cili zakonisht është mjaft kompleks.

Ky faktor paraqet ose pasqyron fading – un në disa tipe të kanaleve.

Fading – u është një fenomen i cili ndodhë kur amplituda dhe faza e një radio – sinjali ndryshon shpejtë brenda një periode ose distance të udhëtimit mjaft të shkurtër. Fading – u shkaktohet me përzjerjen e dy ose më shumë versioneve të sinjalit të transmetuar që arrinë në marrës në momente kohore të ndryshme.

Elementi i tretë përfshinë gabimet ose dëmtimet që i shkaktohen sinjalit si pasojë e zhurmës dhe interferencës së simboleve $n(t)$.

2.2. Përcaktimi dhe qëllimi i modulimit

Modulimi është një operacion që konsiston në shndërrimin e një sinjali që përfaqson një informacion të caktuar, në një sinjal tjetër, por pa ndryshuar informacionin që ai e mbart. Natyrisht, në anën marrëse sinjali i moduluar nuk mund të jetë drejtpërdrejt i përdorshëm, por duhet të përpunohet ashtu që nga ai të nxirret sinjali i informacionit në brezin themelor. Ky proces quhet Demodulim.

Paisja me ndihmën e të cilës kryhet modulimi quhet modulator, kurse ajo me të cilën kryhet demodulimi quhet demodulator. Emërtimi i përbashkët i tyre është Modem

Operacioni i modulimit bëhet për qëllimet e mëposhtme :

- **Pershtatje.** me kushtet specifike të një ambienti të transmetimit. Nëpërmjet një modulimi të pershtatshëm mund të përdorim edhe kanale me shumë shqetësime dhe pavarësisht nga kjo, të garantojmë një cilësi të mirë të transmetimit. Për një transmetim me valë, sinjali fillestar zhvendoset në një zonë frekuencash ku kushtet e

përhapjes si largësia, gjerësia e dobishme e brezit etj, përshtaten me problemin që duhet zgjidhur.

- **Multipleksimi** dmth për përdorim të njëkohshëm të të njëjtit ambient transmetimi për shumë komunikime. (Multipleksimi është një operacion që konsiston në grupimin e shumë kanaleve, që i takojnë komunikimeve të ndryshme në mënyrë që ato të transmetohen njëkohësisht, në të njëjtin suport fizik, që mund të jetë një kabëll, një frekuence bartëse e një lidhje radioelektrike, një satelit, një fibër optike, etj, pa u shqetësuar dhe pa u përzier reciprokisht. Në marrje një demultipleksim sa më perfekt duhet të lejojë të ndahen këto kanale dhe sinjaleve që ato mbartin t’ju jepet forma e tyre orgjinale).
- Posaqërisht, në rastin e komunikimeve përmes radio – valëve modulimi është proces i pazëvendësueshëm sepse sinjalet që bartin informatat duhet të përhapen në formë të valëve elektromagnetike të cilat gjenerohen përmes antenave.

Këto qëllime nuk mund të arrihen gjithmonë në të njëjtën etapë të vetme dhe në të njëjtën mënyrë modulimi. Pra duhet t’i drejtohem modulimeve të shumëfishta dhe procedurave mikse. Modulimi është i nevojshëm në të gjitha rastet kur për arsye teknike ose ekonomike transmetimi në brezin bazë është i pamundur.

2.3. Princiipi i modulimit

Nëpërmjet modulimit një sinjali $u_1(t)$, i quajtur sinjal primar ose sinjal modulus , shndrohet në një sinjal sekondar ose sinjal të moduluar $u_2(t)$. Gjatë demodulimit bëhet veprimi i kundërt. Të gjithë modulatorët punojnë sipas një konvencioni i cili vlerave karakteristike të sinjalit të moduluar $u_2(t)$, i’u vë në korespondencë vlerat e çastit të sinjalit primar $u_1(t)$.

Demodulatori i analizon vlerat karakteristike të sinjalit të moduluar $u_2'(t)$ që ai merr dhe nxjerr nëpërmjet një konvencioni invers, vlerat e çastit të sinjalit primar (modulus) të rivendosur $u_1'(t)$ siç është treguar në figurë.

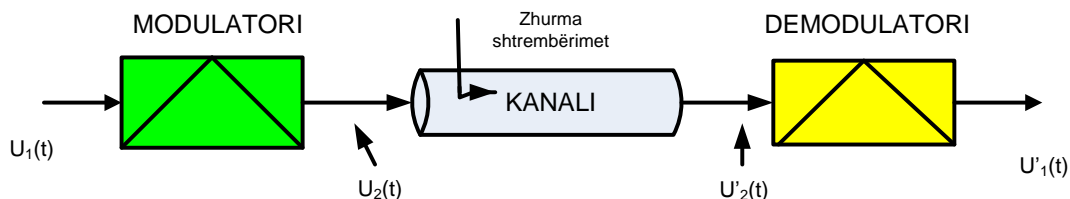


Fig.2.3. Bllok-skema e një transmetimi me modulim.

Në fakt, shtrembërimet dhe shqetësimet në kanal, të cilat bëjnë që sinjali i pranuar $u_2'(t)$ të ndryshojë pak nga sinjali i emetuar $u_2(t)$, nga njëra anë dhe mospërsosmëria e reciprocitetit modulator – demodulator nga ana tjetër, bëjnë që sinjali primar $u_1'(t)$ të mos jetë rigorozisht identik me sinjalin primar origjinal $u_1(t)$. ndryshimet varen nga tipi i modulimit dhe përbëjnë një

nga kriteret e krahasimit që lejon zgjedhjen e modulimit më të përshtatshëm për secilin rast konkret.

2.4. Tipet e modulimit

Varësisht nga forma e sinjalit të moduluar do të dallojmë dy kategori të mëdha të modulimeve :

- **Modulimet analoge.** Në këto lloje modulimesh njëri prej parametrave të sinjalit sekondar (moduluar), si psh. Amplituda, frekuenca, faza, kohëzgjatja etj, ndryshon proporcionalisht me vlerën e çastit të sinjalit primar. Këto modulime nuk e ndryshojnë karakterin analog apo numerik të informacionit të mbartur nga $u_1(t)$ dhe $u_2(t)$.
- **Modulimet digjitale (numerike).** Këto lloj modulimesh bëjnë një konvertim analog – digjital midis $u_1(t)$ dhe $u_2(t)$. Atëherë sinjali sekondar karakterizohet nga një debit D' dhe konvencioni i modulimit shndërrohet në një kod të paraqitjes digjitale të informacionit analog.

Modulimet analoge kryhen me ndërmjetësimin e një sinjali ndihmës të quajtur bartës $u_b(t)$ (carrier), një parametër i të cilit modulohet nga sinjali primar $u_1(t)$, shih figurën (2.4) .

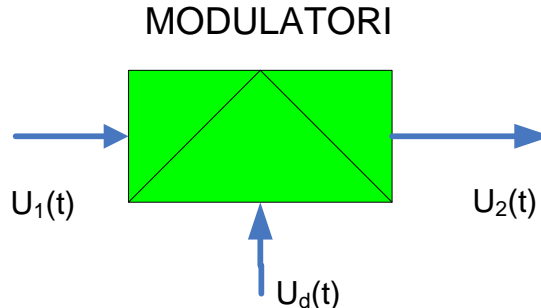


Fig.2.4. Simboli konvencional i një modulatori analog.

Modulimet analoge klasifikohen sipas :

- Formës së bartëses :
 - Sinusoidale apo
 - Impulsive
- Parametrit të bartëses që është objekt i modulimit :
 - Amplitude
 - Frekuenca
 - Faza
 - Kohëzgjatja.

➤ Natyrës së informacionit të transmetuar :

- Analoge apo
- Digjitale (numerike)

Duke u bazuar në këto kushte në tabelën e më poshtme është dhënë një klasifikim i modulimeve.

Tabela 1. Klasifikimi i modulimeve.

Lloji i modu.	Informacioni i transmetuar	Forma e bartëses	Parametri i moduluar	Tipi i modulimit
Modulimet analoge	Analog - Fjalë - Muzikë - Video	Sinusoidale	Amplitudë Frekuencë Fazë	AM SSB/DSB FM
		Impulsive	Amplitudë Frekuencë Fazë Kohëzgjatje	ΦM PAM PFM PPM PDM
		Sinusoide	Amplitudë Frekuencë Fazë	ASK OOK FSK PSK
		Digjitale (numerike) - Të dhëna - Tekste	Digjitale (Debiti D')	Kodi

AM – Modulim në amplitudë

SSB – Modulim me një brez anësor

FM – Modulim në frekuencë

ΦM – Modulim në fazë

PAM – Modulim i impulsive në amplitudë

PFM – Modulim impulsiv në frekuencë

PPM – Modulim i pozicionit të impulseve

PDM – Modulim i kohëzgjatjes së impulseve

ASK – Modulim me amplitudë diskrete

OOK – Modulim “on – off”

FSK – Modulim me zhvendosje të frekuencës

DPCM – Modulim impulsiv i koduar diferencial

ADM – Modulim “delta” adaptive

ΔM – Modulim “delta”

PCM – Modulim impulsiv i koduar

PSK – Modulim me zhvendosje të fazës.

Duhet shënuar se, sipas kësaj terminologjie, modulimet që kanë të bëjnë me informacione numerike e veçanërishtë ato që përdoren për transmetimin e të dhënave në kanale analoge (OOK, FSK, PSK, etj), konsiderohen si module analoge megjithëse sinjali primar ka në këtë rast, natyre diskrete. Në fakt, për sa i përket mënyrës dhe vetive, ka analogji midis moduleve analoge të vijueshme, që kanë të bëjnë me një informacion analog (AM, FM), dhe moduleve analoge diskrete që i bëhen një informacioni digjital (OOK, FSK, PFK).