

Propunere de proiect

Titlul proiectului: Crearea de coduri de împrăștiere complexe cu corelație mică

Acronim: CCCOM

Domeniul științific: Sisteme avansate de telecomunicații

Cuvinte cheie: coduri de împrăștiere, comunicații fără fir, MUSA, NOMA, relec

B.1 Descrierea proiectului de cercetare

B1.1. Relevanța științifică

Pentru a asigura sustenabilitatea tehnologiilor de acces radio 3GPP, trebuie identificate și dezvoltate noi soluții care pot răspunde viitoarelor cerințe adresate de utilizatori. Prin urmare, este nevoie de câștiguri semnificative în ceea ce privește capacitatea unui sistem precum și în calitatea experienței utilizatorului. În comunicațiile mobile celulare, proiectarea tehnologiilor de acces radio este un pas foarte important în îmbunătățirea capacității sistemului și la costuri reduse. Acestea sunt caracterizate cu ajutorul schemelor de acces multiplu, care de la standardul 1G până la standardul 4G se identifică, mai ales, cu accesul multiplu ortogonal (Orthogonal Multiple Access – OMA) unde utilizatorii sunt alocați resurselor ortogonale fie în timp, frecvență sau cod. Câteva exemple de scheme de acces multiplu care se încadrează în definiția OMA sunt TDMA, FDMA, CDMA și accesul multiplu prin multiplexare cu diviziune în frecvență cu purtătoare ortogonale (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access – OFDMA).

OMA poate găzdui doar un singur utilizator în același bloc de resurse frecvență/timp pentru a anula eventualele interferențe care apar între utilizatori (de exemplu, TDMA, FDMA și OFDMA. CDMA permite găzduirea mai multor utilizatori în același bloc de resurse, fiind separați între ei prin secvențe unice de împrăștiere pentru fiecare utilizator în parte).

Prin comparație, accesul multiplu non-ortogonal (Non-Orthogonal Multiple Access – NOMA), luat în discuție pentru standardul 5G, poate găzdui mai mulți utilizatori în același bloc de resurse de frecvență și timp, în aceeași celulă, multiplexați în domeniul putere și cod, de obicei pentru suprimarea interferențelor dintre utilizatori.

NOMA în domeniul codului realizează o multiplexare în domeniul cod a utilizatorilor folosind coduri de împrăștiere unice pentru fiecare utilizator în parte cu densitate redusă și proprietăți de intercorelație reduse. Ca exemple de astfel de scheme bine-cunoscute se poate da accesul multiplu cu coduri cu densitate spectrală redusă (Low-Density Signature Sequence-Based CDMA – LDS-CDMA) [1] și accesul multiplu cu diviziune prin interpolare (Interleave-Division Multiple Access – IDMA). Alte scheme apropiate ca principiu sunt accesul multiplu cu o partiție de tip latice (Lattice-Partition Multiple Access – LPMA) [2], acces multiplu folosind coduri sparse (Sparse Code Multiple Access – SCMA) [3] [4], acces multiplu cu acces simultan (Multi-User Shared-Access – MUSA) [5], accesul multiplu cu împrăștierea resurselor (Resource Spread Multiple Access – RSMA) [6] și accesul multiplu conform unui model prestabilit (Pattern-Division Multiple Access – PDMA) [7] [8]. În [9] autorii fac o comparație între IDMA, RSMA, PDMA și MUSA luând în considerare domeniul de multiplexare, supraîncărcarea cu utilizatori, tipul receptorului, complexitatea receptorului și transmisia în care fiecare utilizator își poate alege codul de împrăștiere (Grant-Free – GF), ajungând la concluzia că oferă un echilibru între performanță și complexitate

– o supraîncărcare mai mare cu utilizatori, complexitate mai mică la implementare și dovedește flexibilitate în transmisiile de tip GF.

NOMA în domeniul putere realizează o multiplexare în domeniul putere a utilizatorilor permițând superpoziția prin codare (Superposition Coding – SC) la emisie și SIC la recepție pentru separarea diferiților utilizatori folosind diferite nivele de putere cu scopul de a obține un câștig maxim. O recuperare perfectă a datelor apare atunci când utilizatorilor, care întâmpină condiții proaste pe canal, li se oferă o mai mare putere de transmisie, în timp ce utilizatorilor, care întâmpină condiții bune pe canal, li se oferă o putere de transmisie mai mică pentru a face procedura SIC mai ușoară la acești utilizatori [10].

Pe lângă NOMA în domeniul cod și în domeniul putere, poate fi menționat și domeniul spațial unde mai mulți utilizatori pot fi diferențiați prin folosirea unei „semnături spațiale” oferită de răspunsul canalului la impulsul Dirac (Channel Impuls Response – CIR) ale utilizatorilor cu scopul de a-i diferenția [11] [12]. Un exemplu de astfel de schemă este accesul multiplu cu diviziune în spațiu (Space Division Multiple Access – SDMA) [13].

Cu toate că multiplexarea ortogonală oferă o performanță satisfăcătoare în funcție de nivelul de debit dat de pachetul de resurse valabil în domeniul respectiv [14], îmbunătățiri viitoare sunt necesare și îndeplinite de multiplexarea non-ortogonală conducând la o eficiență mai bună a sistemului, obținând capacitatea maximă pe legătura descendentă [15] [16]. De notat este că NOMA se poate aplica și pe legătura ascendentă [15] [16] [17], și împreună cu OMA, obțin capacitatea maximă, însă NOMA oferă o îmbunătățire legată de compromisul dintre capacitatea sistemului care este importantă într-un sistem celular atunci când condițiile de pe canal sunt diferite pentru utilizatori diferiți datorită efectului de aproape-departe [18].

Pentru a cuprinde subiectul prezentei propuneri de proiect, se va continua discuția despre o schemă aminită anterior, și anume MUSA.

Într-un sistem MUSA pe legătura ascendentă, simbolurile fiecărui utilizator sunt împrăștiate folosind coduri de împrăștiere complexe înainte de fi a transmise prin mijloace de tip “shared-access”, care de fapt este un proces de superpoziție. Mai multe coduri de împrăștiere formează o bază de date comună din care un utilizator poate alege aleator un cod de împrăștiere, dar același utilizator poate folosi diferite coduri de împrăștiere, de asemenea, alese aleator, pentru fiecare simbol transmis. Codurile de împrăștiere au lungimi mici și sunt mai eficiente în conjuncție cu SIC la recepție pentru a separa simbolurile suprapuse, au proprietăți de intercorelație scăzute și pot fi nonbinare [19] [20] [21] [22]. utilizatori care împart același set de resurse. Atunci când codurile de împrăștiere sunt construite cu elemente binare este dificilă proiectarea unui număr mare de coduri de împrăștiere cu corelație scăzută, mai ales când numărul de utilizatorii este mare și lungimea codului de împrăștiere este mică. Pentru a combate acest dezavantaj, în MUSA sunt luate în considerare atât valori non-binare cât și complexe. Dacă elementul real sau cel imaginar al codului de împrăștiere non-binar aparține setului $\{1, -1\}$ există patru valori pentru selecție $\{1+i, 1-i, -1+i, -1-i\}$. Prin urmare, pentru un cod de lungime L , numărul total de coduri disponibile este 4^L , de exemplu dacă $L=4$ atunci există $4^4=256$ coduri disponibile. Un dezavantaj este faptul că aceste 256 de coduri au nivele diferite de corelație, astfel încât numărul real de coduri ce pot fi folosite ajunge să fie mai mic.

În lucrarea [23] este prezentată performanța MUSA prin comparație cu alte două scheme NOMA de realizarea a accesului multiplu și anume SCMA și PDMA, prin trasarea unor grafice BER versus RSZ. Datele sunt modulate QPSK și transmise pe un canal afectat de fading Rayleigh, iar la recepție este folosit un detector SIC. S-a ajuns la concluzia că SCMA a obținut cea mai bună performanță datorită designului optimal al codurilor, în timp ce MUSA și PDMA au performanțe similare în condițiile de simulare date. De asemenea, autorii din [24] au evaluat performanțele obținute coduri de împrăștiere complexe descrise de MUSA, în comparație cu codurile PN, cu diferite valori pentru supraîncărcare, atunci când datele sunt codate folosind codare turbo cu o rată de $\frac{1}{2}$, apoi sunt modulate QPSK și sunt trimise pe un canal afectat de ZAGA, iar la recepție este utilizat un detector MMSE-SIC. A fost considerat scenariul cu o antenă la

transmisie și două antene la recepție. A fost demonstrat că rata erorii în bloc (Block Error Rate – BLER) pentru MUSA în comparație cu OFDMA nu suferă o degradare importantă chiar dacă supraîncărcarea este foarte mare, de asemenea o transmisie MUSA de tip GF poate susține un trafic mai mare decât o transmisie OFDMA de tip GF. În [25] este prezentată o transmisie MUSA de tip GF care poate susține o încărcare mare, cu 4 până la 20 de utilizatori, unde datele sunt codate folosind coduri turbo cu o rată de $\frac{1}{2}$, apoi sunt modulate BPSK. La recepție este folosit un detector MMSE-SIC. A fost luat în considerare scenariul cu o antenă de transmisie și două antene de recepție. În mod similar, în [26] este propus sistem autonom MUSA de tip GF cu încărcare mare, cu 4 până la 16 utilizatori, unde datele sunt codate folosind codarea turbo cu o rată de $\frac{1}{2}$, modulate BPSK și introduse într-un bloc OFDM și transmise apoi pe un canal afectat de fading plat. La recepție s-a folosit un detector multi-utilizator (Multiuser Detector – MUD) fără semnal de referință. S-a luat în considerare scenariul cu o antenă de transmisie și o antenă la recepție. Autorii din [27] propun tot un sistem autonom MUSA de tip GF cu încărcare mare, cu 8 până la 20 de utilizatori, datele fiind codate folosind coduri turbo de rată $\frac{1}{2}$ și modulate BPSK, fiind apoi trimise pe un canal afectat de fading plat. La recepție este utilizat un detector MUD cu combinare spațială. S-a luat în discuție situația cu o singură antenă de transmisie și două antene de recepție. În lucrarea [28] se face o comparație între performanța unui sistem cu MUSA și alte două scheme NOMA, mai precis SCMA și IDMA. O codare de canal turbo este efectuată, datele codate de la 12, 16 și 24 de utilizatori sunt apoi modulate QPSK și sunt introduse într-un bloc OFDM. Simbolurile astfel obținute se transmit pe un canal afectat de fading Rayleigh. La recepție este folosit un detector MMSE. A fost considerat scenariul cu o antenă de transmisie și cu o antenă de recepție. În [29] este prezentată performanța prin prisma BER a unei transmisiuni MUSA pe legătura ascendentă folosind coduri de împrăștiere binare, de ordin 3 și de ordin 5, unde datele de la 6 utilizatori sunt modulate QPSK și trimise pe un canal afectat de fading Rayleigh. La recepție este utilizat un detector MMSE-SIC. În [30] autorii au comparat, teoretic și numeric, performanța unei transmisiuni MUSA, pe legătura ascendentă, de tip GF cu 12 utilizatori, folosind un detector SIC cu OFDMA, OFDMA în conjuncție cu SDMA, LDS și SCMA. Datele au fost codate LDPC, modulate QPSK și apoi introduse în blocul OFDM. Canalul este afectat de ZAGA. S-a obținut că MUSA are rezultate mai bune atunci când RSZ are valori mari și o supraîncărcare mare cu utilizatori. [31] prezintă tot un sistem autonom MUSA de tip GF cu încărcare mare, cu 8 până la 20 de utilizatori, unde datele sunt codate LDPC, modulate BPSK și trimise pe un canal afectat de un fading plat puternic. Performanța unui astfel de sistem a fost studiată în prezența OFDM cu transformata Fourier reală (Real Fourier-Related Transform Spreading OFDM – RFRT-s-OFDM) prin comparație cu tehnologia tradițională cu o singură purtătoare bazată pe OFDM cu transformata Fourier discretă (Discrete Fourier Transform Spreading OFDM – DFT-s-OFDM). La recepție s-a folosit un detector MMSE-SIC. S-a luat în considerare scenariul cu o antenă de transmisie și două antene de recepție. Defazajul temporal și de frecvență sunt luate în discuție.

Autorii din [32] fac o comparație între 3 scheme NOMA – MUSA, PDMA și SCMA. Datele sunt modulate folosind QPSK și transmise pe un canal afectat de fading Rayleigh în scenariu cu subîncărcare, încărcate complet și supraîncărcate cu două detectoare care au perfectă cunoaștere a canalului – SIC comandat (ordered SIC – OSIC) și algoritmul de transmitere a mesajului (Message Passing Algorithm - MAP).

B1.2 Obiectivele proiectului

Obiectivul general al acestui proiect constă în evaluarea performanțelor unui sistem 5G atunci când se utilizează tehnici de acces multiplu de tip NOMA în domeniul cod, în absența cât și în prezența releelor regenerative și non-regenerative. Se are în vedere îmbunătățirea rezultatelor obținute de un sistem 5G, stabilind o nouă metodă de generare a codurilor MUSA, coduri care să aibă corelație mică. Aceste coduri

urmând să fie testate în diverse scenarii. Acest obiectiv general este susținut de următoarele obiective specifice:

O1. Determinarea unor coduri de împrăștiere complexe noi, diferite de cele întâlnite în literatura de specialitate de corelație mică, utilizate pentru accesul multiplu de tip NOMA – MUSA, plecând de la coduri de împrăștiere reale pseudo-aleatoare (Pseudo-Random – PN), care la rândul lor au corelație mică utilizate pentru accesul multiplu de tip OMA – CDMA.

O2. Testarea eficienței acestor coduri prin simularea în Matlab a unui lanț de comunicație, în diferite condiții – diferite tipuri de modulații, numărul de utilizatori care va fi determinat ca un compromis între QoS și costurile totale ale implementării, în absența releelor, urmând ca introducerea lor în sistemul propus, indiferent de tipul acestora, să vină cu o serie de optimizări în vederea creșterii performanțelor.

O3. Determinarea unor coduri de împrăștiere complexe noi, diferite de cele întâlnite în literatura de specialitate, utilizate pentru accesul multiplu de tip NOMA – MUSA, plecând de această dată de la coduri de împrăștiere reale Walsh-Hadamard (coduri care sunt perfect ortogonale), utilizate tot pentru accesul multiplu de tip OMA – CDMA.

O4. Testarea eficienței acestor coduri și analiza comparativă a celor două variante propuse, în funcție de semnalul transmis (aleator sau imagine în tonuri de gri). De asemenea, se va face și o analiză comparativă cu implementări similare prezentate în cele mai recente publicații pentru a verifica acuratețea, eficiența și relevanța rezultatelor obținute.

B1.3 Metodologia

B.1.3.1 Descrierea activităților

Accentul va fi pus pe obținerea de coduri de împrăștiere complexe de corelație mică pornind de la coduri de împrăștiere reale PN (având corelație mică) și Walsh-Hadamard (având corelație zero) care vor fi implementate într-un sistem MIMO masiv, în absența sau prezența releelor. Se vor testa intens soluțiile propuse și avansarea printr-un plan adecvat de diseminare și exploatare care va spori vizibilitatea rezultatului proiectului. Membrii echipei prezentului proiect de cercetare sunt membri cheie în domeniul lor de cercetare, fiecare membru al echipei având sarcini clar trasate în proiect. Echipa a mai lucrat împreună în proiecte anterioare sau care sunt încă în desfășurare și fiecare membru își va aduce expertiza și contribuțiile valoroase în cadrul proiectului. În paralel, activitățile de diseminare au drept scop vizarea tuturor părților interesate, relevante la nivel național și internațional. Munca în proiect este divizată în următoarele pachetele de lucru (Workpackages – WP) și activități, fiecare WP fiind finalizat cu unul sau mai multe delivrabile.

Nr. Crt.	Titlu pachet de lucru	Activitate
WP1	Definirea modelului de sistem propus și specificațiile acestuia	A1.1. Studiu privind cazurile de utilizare, analiza scenariilor și specificarea cerințelor generale pentru modelul de sistem propus A1.2. Arhitectura generală a modelului de sistem propus
WP2	Design și dezvoltare model de sistem propus fără relee	A2.1. Plecând de la coduri de împrăștiere reale PN, obținerea unor noi coduri de împrăștiere complexe PN, formând astfel matricea de coduri folosită pentru implementare A.2.2. Implementarea codurilor de împrăștiere complexe nou obținute pentru modelul de sistem propus fără relee A2.3. Experimentare, testare și optimizare

WP3	Design și dezvoltare model de sistem propus cu relee regenerative și non-regenerative	A3.1. Implementarea codurilor complexe de împrăștiere pentru modelul de sistem propus pentru relee non-regenerative A3.2. Implementarea codurilor complexe de împrăștiere pentru modelul de sistem propus pentru relee regenerative A3.3. Optimizarea implementării
WP4	Design și dezvoltare model de sistem propus fără relee	A4.1. Plecând de la coduri de împrăștiere reale Walsh-Hadamard, obținerea unor noi coduri de împrăștiere complexe Walsh-Hadamard, formând astfel matricea de coduri folosită pentru implementare A4.2. Implementarea codurilor de împrăștiere complexe nou obținute pentru modelul de sistem propus fără relee A4.3. Experimentare, testare și optimizare
WP5	Design și dezvoltare model de sistem propus cu relee regenerative și non-regenerative	A5.1. Introducerea codurilor pentru modelul de sistem propus pentru relee non-regenerative și regenerative A5.2. Optimizarea implementării
WP6	Diseminare	A6.1. Diseminarea rezultatelor

Nr. WP	1		
Luna de început	M1	Luna de sfârșit	M2
Obiective			
Pe durata acestui pachet de lucru sunt specificați parametrii cheie ai modelului de sistem propus. Obiectivele specifice sunt:			
<ul style="list-style-type: none"> • identificarea principalelor cerințe și constrângeri care pot apărea și calitatea serviciilor (Quality of Service – QoS) impuse de sistem și de cazurile de utilizare studiate; • specificarea structurii și parametrilor sistemului; • stabilirea scenariilor de testare în concordanță cu cerințele modelului de sistem propus. 			
Descrierea activităților			
A1.1. Studiu privind cazurile de utilizare, analiza scenariilor și specificarea cerințelor generale pentru modelul de sistem propus (toți membrii echipei – lunile 1-2)			
În această activitate se vor analiza diferite scenarii de implementare și se vor alege în baza criteriilor combinate cost-performanță, în conformitate cu scenariile și cazurile de utilizare definite în care va fi testat întregul sistem. De asemenea, se vor defini parametrii de funcționare ai modulelor de transmisie și recepție fără fir.			
A1.2. Arhitectura generală a modelului de sistem propus (toți membrii echipei – lunile 1-2)			
Arhitectura modelului de sistem va fi detaliată în baza cerințelor stabilite la A1.1.			
Delivrabile			
D1.1. Raport științific și tehnic "Cazuri de utilizare, analiza scenariilor și cerințele sistemului" (A1.1.): luna 1			
D1.2. Raport științific și tehnic "Arhitectura sistemului propus": (A1.2.): luna 2			

Nr. WP	2		
Luna de început	M3	Luna de sfârșit	M8
Obiective			
Pe durata acestui pachet de lucru se vor determina codurile complexe PN plecând de la codurile PN reale. Obiectivele specifice sunt:			
<ul style="list-style-type: none"> • determinarea codurilor PN reale pe baza cărora se formează matricea de coduri complexe PN; • studiul limitărilor întâmpinate în diferite scenarii; • testarea funcționalității sistemului propus în absența releelor. 			

Descrierea activităților
<p>A2.1. Plecând de la coduri de împrăștiere reale PN, obținerea unor noi coduri de împrăștierea complexe PN, formând astfel matricea de coduri folosită pentru implementare (toți membrii echipei – lunile 3-4)</p> <p>În vederea obținerii matricei de coduri complexe pe baza căreia se va face accesul multiplu, se implementează respectându-se algoritmul din [33].</p> <p>A2.2. Implementarea codurilor de împrăștiere complexe nou obținute pentru modelul de sistem propus fără relee (toți membrii echipei – lunile 5-6)</p> <p>Implementarea se va realiza în mediul de simulare Matlab, care va simula întregul lanț de comunicație, în absența releelor.</p> <p>A2.3. Experimentare, testare și optimizare (toți membrii echipei – lunile 7-8)</p> <p>Lanțul de comunicație implementat în A2.2. va fi evaluat în diferite scenarii (scheme de modulație, tipuri de fading, coduri de împrăștiere, etc.). Depinzând de parametrii sistemului (schema de modulație, etc.) și restricțiile privind calitatea serviciilor pentru utilizatori, un număr maxim de utilizatori va fi determinat.</p>
Delivrabile
D2.1 Raport științific și tehnic ”Limitări legate de implementarea sistemului propus” (A2.1., A2.2.): luna 6
D2.2 Delivrabil prototip ”Implementarea sistemului”: luna 8

Nr. WP	3		
Luna de început	M9	Luna de sfârșit	M12
Obiective	Pe durata acestui pachet de lucru se vor introduce în sistem relee regenerative și non-regenerative. Obiectivele specifice sunt:		
	<ul style="list-style-type: none"> • implementarea releelor în sistem; • studiul limitărilor întâmpinate în diferite scenarii; • testarea codurilor complexe PN pentru sistemul propus, în prezența releelor. 		
Descrierea activităților			
<p>A3.1. Implementarea codurilor complexe de împrăștiere pentru modelul de sistem propus pentru relee non-regenerative (toți membrii echipei – lunile 9-10)</p> <p>Implementarea se va realiza în mediul de simulare Matlab, care va simula întregul lanț de comunicație, în prezența releelor non-regenerative (protocolul Amplifică-și-Trimită, AF).</p> <p>A3.2. Implementarea codurilor complexe de împrăștiere pentru modelul de sistem propus pentru relee regenerative (toți membrii echipei – lunile 9-10)</p> <p>Implementarea se va realiza în mediul de simulare Matlab, care va simula întregul lanț de comunicație, în prezența releelor regenerative (protocolul Decodează-și-Trimită, DF).</p> <p>A3.3. Optimizarea implementării (toți membrii echipei – lunile 9-12)</p> <p>Modelul de sistem propus va fi testat în diferite scenarii (scheme de modulație, coduri de împrăștiere, tip releu, etc.) în diferite medii de transmisiune (în vizibilitate directă, în absența vizibilității directe, etc.). Depinzând de parametrii sistemului și costurile generale ale acestuia, se va stabili numărul maxim de utilizatori activi la un moment dat în rețea.</p>			
Delivrabile			
D3.1. Raport științific și tehnic ”Limitări legate de implementarea sistemului propus” (A3.1., A3.2.): luna 10			
D3.2. Delivrabil prototip ”Implementarea sistemului”: luna 12			

Nr. WP	4		
Luna de început	M13	Luna de sfârșit	M16
Obiective			

<p>Pe durata acestui pachet de lucru, se vor determina codurile complexe Walsh-Hadamard plecând de la codurile Walsh-Hadamard reale. Obiectivele specifice sunt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • determinarea codurilor Walsh-Hadamard reale pe baza cărora se formează matricea de coduri complexe Walsh-Hadamard; • studiul limitărilor întâmpinate în diferite scenarii; • testarea funcționalității sistemului propus în absența releelor.
<p>Descrierea activităților</p> <p>A4.1. Plecând de la coduri de împrăștiere reale Walsh-Hadamard, obținerea unor noi coduri de împrăștiere complexe Walsh-Hadamard, formând astfel matricea de coduri folosită pentru implementare (toți membrii echipei: lunile 13-14) În vederea obținerii matricei de coduri complexe pe baza căreia se va face accesul multiplu, se ia ca model algoritmul din [33], întocmit pentru coduri complexe PN.</p> <p>A4.2. Implementarea codurilor de împrăștiere complexe nou obținute pentru modelul de sistem propus fără rele (toți membrii echipei: lunile 13-14) Implementarea se va realiza în mediul de simulare Matlab, care va simula întregul lanț de comunicație, în absența releelor.</p> <p>A4.3. Experimentare, testare și optimizare (toți membrii echipei: lunile 14-16) Lanțul de comunicație implementat în A4.2. va fi evaluat în diferite scenarii (scheme de modulație, tipuri de fading, coduri de împrăștiere, etc.). Depinzând de parametrii sistemului (schema de modulație, etc.) și restricțiile privind calitatea serviciilor pentru utilizatori, un număr maxim de utilizatori va fi determinat.</p>
<p>Delivrabile</p> <p>D4.1. Raport științific și tehnic ”Limitări legate de implementarea sistemului propus” (A4.1., A4.2.): luna 14</p> <p>D4.2. Delivrabil prototip ”Implementarea sistemului”: luna 16</p>

Nr. WP	5		
Luna de început	M17	Luna de sfârșit	M20
Obiective			
<p>Pe durata acestui pachet de lucru, se vor introduce în sistem rele regenerative și non-regenerative. Obiectivele specifice sunt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • testarea noilor coduri în absența și în prezența releelor. 			
Descrierea activităților			
<p>A5.1. Introducerea codurilor pentru modelul de sistem propus pentru rele non-regenerative și regenerative (toți membrii echipei – lunile 17-18) Se va analiza performanța noilor codurilor în scenariile stabilite în WP3.</p> <p>A5.2. Optimizarea implementării (toți membrii echipei – lunile 19-20) Modelul de sistem va fi testat în diferite scenarii (scheme de modulație, coduri de împrăștiere, tip releu, etc.) în diferite medii de transmisiune (în vizibilitate directă, în absența vizibilității directe, etc.). Depinzând de parametrii sistemului și costurile generale ale acestuia, se va stabili numărul maxim de utilizatori activi la un moment dat în rețea.</p>			
Delivrabile			
<p>D5.1. Raport științific și tehnic ”Limitări legate de implementarea sistemului propus” (A5.1., A5.2.): luna 18</p> <p>D5.2. Delivrabil prototip ”Implementarea sistemului”: luna 20</p>			

Nr. WP	6		
Luna de început	M1	Luna de sfârșit	M20
Obiective			
Pe durata acestui pachet de lucru, obiectivele specifice sunt:			

- dezvoltarea unui plan de diseminare a rezultatelor proiectului;
- participarea la întâlniri științifice, elaborarea de articole sau alte prezentări cu scopul de a disemina rezultatele.

Descrierea activităților

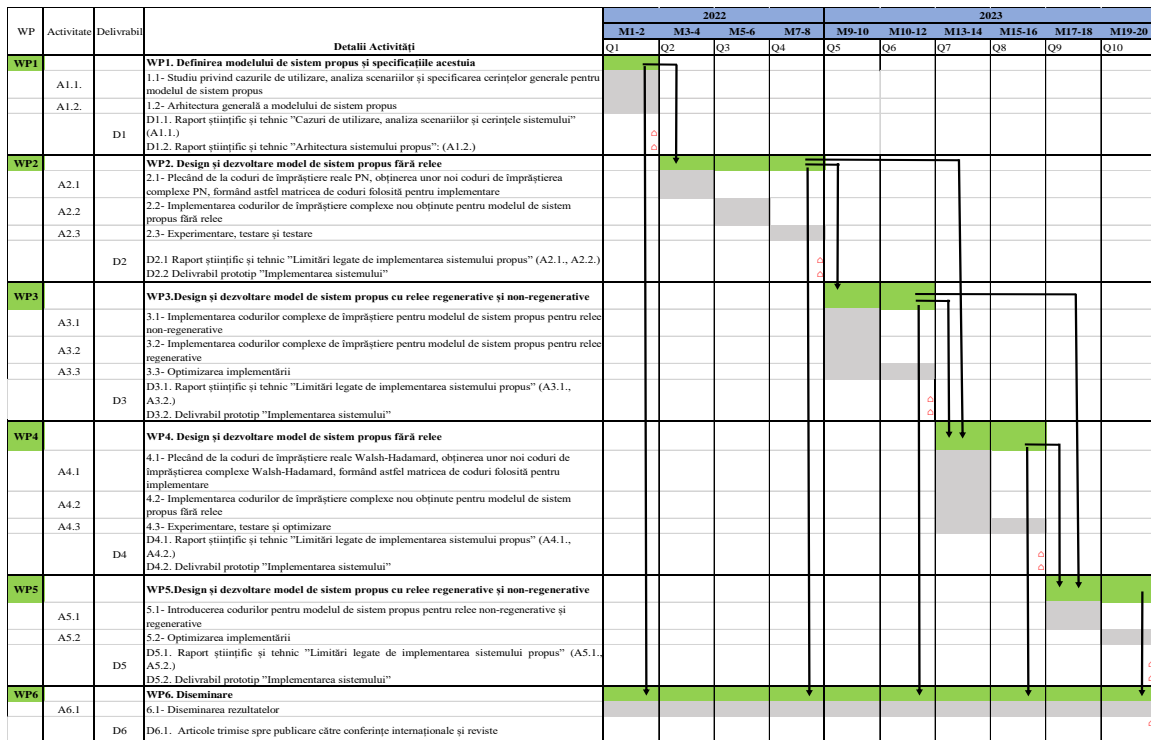
A6.1 Diseminarea rezultatelor (toți membrii echipei – lunile 1-20)

Rezultatele obținute în A2.3., A3.3., A4.3. și A5.2. vor fi sintetizate pentru a obține cel puțin 4 articole, unde minim 2 vor fi pentru reviste internaționale cotate ISI. Părți ale cercetării vor fi prezentate ca aplicații într-o serie de cursuri și laboratoare de master.

Delivrabile

D6.1. Articole trimise spre publicare către conferințe internaționale și reviste.

B1.3.2 Diagrama Gantt



B1.3.3 Potențiale riscuri și abordări

Risc	Probabilitate	Impact	Plan de măsuri
Erori în funcționarea scenariilor propuse	Redus	Mediu	Cerințele vor fi specificate cu atenție pentru eliminarea erorilor de estimare ale performanțelor așteptate. La nevoie se va reconsidera sau adapta activitatea deja desfășurată. Membrii echipei au o experiență bogată cu sisteme de comunicații fără fir pentru a avea garanția că pornesc de la specificații inițiale bune și potrivite când decid cerințele de performanță și dacă acestea pot fi atinse.
Dificultăți de implementare	Redus	Ridicat	Riscul este scăzut deoarece membrii echipei au experiență în dezvoltarea de software. Cu toate acestea, în cazul în care apare o astfel de situație, arhitectura sistemului va fi re-evaluată și se va face corecția corespunzătoare astfel încât să se realizeze aceleași obiective.

Lipsă de comunicare și cooperare între membrii echipei	Redus	Mediu	Riscul este redus pentru că membrii echipei au mai colaborat pentru diverse proiecte în trecut, iar responsabilitățile și relațiile dintre membrii echipei vor fi stabilite încă de la bun început. Este datoria Directorului de Proiect să găsească calea unei bune comunicări și cooperări între aceștia, în conformitate cu regulile stabilite de bunele practici în acest domeniu.
Retragerea unui membru al echipei	Redus	Mediu	Având în vedere relația bună dintre membrii echipei, este foarte puțin probabil să apară o astfel de situație. Dar, ținând cont de această posibilitate, ceilalți membri ai echipei își vor asuma responsabilitățile membrului retras.

B1.4 Diseminarea

Partea de diseminare va include participarea membrilor echipei la conferințe naționale și internaționale, workshop-uri sau alte întâlniri cu scopul de a promova rezultatele obținute prin efortul echipei; publicarea a cel puțin 4 articole dintre care 2 articole de revistă cotate ISI cu factor de impact ridicat (ne propunem să publicăm în revista *Sensors*, cu factorul de impact 3.576 și *Applied Sciences*, cu factorul de impact 2.679); includerea unor părți din rezultatele cercetării în cursuri și laboratoare la master.

B1.5 Buget

Bugetul solicitat pentru realizarea acestui proiect de cercetare este de **60000 lei** și se va întinde pe o durată de **20 de luni**.

B1.6 Bibliografie

- [1] M. T. P. Le, G. C. Ferrante, T. Q. S. Quek și M. D. Benedetto, „Fundamental Limits of Low-Density Spreading NOMA With Fading,” *IEEE Trans. on Wireless Comm.*, vol. 17, nr. 7, pp. 4648-4659, July 2018.
- [2] D. Fang, Y. Huang, Z. Ding, G. Geraci, S. Shieh și H. Claussen, „Lattice Partition Multiple Access: A New Method of Downlink Non-Orthogonal Multiuser Transmissions,” în *2016 IEEE Global Communication Conference (GLOBECOM)*, Washington, DC, 2016.
- [3] Y. Wu, C. Wang, Y. Chen și A. Bayesteh, „Sparse Code Multiple Access for 5G Radio Transmission,” în *2017 IEEE 86th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)*, Toronto, ON, 2017.
- [4] I. Al-Nahhal, O. A. Dobre, E. Basar și S. Ikki, „Low-Cost Uplink Sparse Code Multiple Access for Spatial Modulation,” *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 68, nr. 9, pp. 9313-9317, Sept. 2019.
- [5] Y. Tao, L. Liu, S. Liu și Z. Zhang, „A survey: Several technologies of non-orthogonal transmission for 5G,” *China Communications*, vol. 12, nr. 10, pp. 1-15, Oct. 2015.
- [6] 3GPP R1-164688, „Resource Spread Multiple Access,” May 2016.
- [7] X. Dai, Z. Zhang, B. Bai, S. Chen și S. Sun, „Pattern Division Multiple Access: A New Multiple Access Technology for 5G,” *IEEE Wireless Communications*, vol. 25, nr. 2, pp. 54-60, April 2018.
- [8] C. S, S. S. K. S. și R. B., „Pattern Division Multiple Access (PDMA),” în *Multiple Access Techniques for 5G Wireless Networks and Beyond*, Springer, Cham, 2019, pp. 451-492.
- [9] Y. Chunlin, Y. Zhifeng, L. Weimin și Y. Yifei, „Non-Orthogonal Multiple Access Schemes for 5G,” *ZTE Communications*, vol. 14, nr. 4, October 2016.
- [10] S. Timotheou și I. Krikidis, „Fairness for non-orthogonal multiple access in 5G systems,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 22, nr. 10, pp. 1647-1651, Oct. 2015.
- [11] L. Hanzo, M. Münster, B. Choi și T. Keller, *OFDM and MC-CDMA for broadband multi-user communications, WLANs and broadcasting*, John Wiley & Sons, 2005.
- [12] A. Al-Dulaimi, X. Wang și C.-L. I, *5G Networks: Fundamental Requirements, Enabling Technologies, and Operations Management*, John Wiley & Sons, 3 Sept. 2018.

- [13] J. Zhang, S. Chen, X. Mu și L. Hanzo, „Turbo multi-user detection for OFDM/SDMA systems relying on differential evolution aided iterative channel estimation,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 60, nr. 6, p. 1621–1633, June 2012.
- [14] Y. Saito, Y. Kishiyama, A. Benjebbour, T. Nakamura, A. Li și K. Higuchi, „Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) for Cellular Future Radio Access,” în 2013 *IEEE 77th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Dresden, 2013.
- [15] K. Higuchi și A. Benjebbour, „Non-orthogonal multiple access (NOMA) with successive interference cancellation for future radio access,” *IEICE Trans. on Comm.*, vol. E98-B, nr. 3, pp. 403-414, Jan. 2015.
- [16] G. Caire și S. Shamai, „On the achievable throughput of multi-antenna Gaussian broadcast channel,” *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 49, nr. 7, pp. 1692-1706, Jul. 2003.
- [17] A. Li, A. Benjebbour, X. Chen, H. Jiang și H. Kayama, „Uplink non-orthogonal multiple access (NOMA) with single-carrier frequency division multiple access (SC-FDMA) for 5G Systems,” *IEICE Transactions on Communications*, vol. E98-B, nr. 8, pp. 1426-1435, Aug. 2015.
- [18] A. Benjebbour, „An overview of Non-Orthogonal Multiple Access,” *ZTE Communications*, vol. 15, nr. S1, June 2017.
- [19] L. Dai, B. Wang, Y. Yuan, S. Han, C.-L. I și Z. Wang, „Nonorthogonal multiple access for 5G: Solutions, challenges, opportunities, and future research trends,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, nr. 9, p. 74–81, Sep. 2015.
- [20] 3GPP și R1-162226, „Discussion on multiple access for new radio interface,” ZTE.
- [21] 3GPP și RP-160279, „Motivation of Uplink Non-orthogonal Transmission for Massive MTC,” ZTE.
- [22] 3GPP și R1-164270, „Receiver implementation for MUSA,” ZTE.
- [23] B. Wang, K. Wang, Z. Lu, T. Xie și J. Quan, „Comparison study of non-orthogonal multiple access schemes for 5G,” în 2015 *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting*, Ghent, 2015.
- [24] Z. Yuan, G. Yu, W. Li, Y. Yuan, X. Wang și J. Xu, „Multi-User Shared Access for Internet of Things,” în 2016 *IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Nanjing, 2016.
- [25] Z. Yuan, C. Yan, Y. Yuan și W. Li, „Blind Multiple User Detection for Grant-Free MUSA without Reference Signal,” în 2017 *IEEE 86th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)*, Toronto, ON, 2017.
- [26] Z. Yuan, Y. Hu, W. Li și J. Dai, „Blind Multi-User Detection for Autonomous Grant-Free High-Overloading Multiple-Access without Reference Signal,” în 2018 *IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Porto, 2018.
- [27] Z. Yuan, W. Li, Y. Hu, H. Tang, J. Dai și Y. Ma, „Blind Multi-user Detection Based on Receive Beamforming for Autonomous Grant-Free High-Overloading Multiple Access,” în 2019 *IEEE 2nd 5G World Forum (5GWF)*, Dresden, Germany, 2019.
- [28] H. Kim, Y.-G. Lim, C.-B. Chae și D. Hong, „Multiple Access for 5G New Radio: Categorization, Evaluation, and Challenges,” 2017. [Interactiv]. Available: <https://arxiv.org/abs/1703.09042>. [Accesat 2020].
- [29] E. M. Eid, M. M. Fouda, A. S. T. Eldien și M. M. Tantawy, „Performance analysis of MUSA with different spreading codes using ordered SIC methods,” în 2017 *12th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES)*, Cairo, 2017.
- [30] Okamoto, M. Mikami și H. Yoshino, „Performance Comparison of Multi-User Shared Multiple Access Scheme in Uplink Channels,” *IEICE Trans. on Comm.*, vol. E102-B, nr. 8, pp. 1458-1466, August 2019.
- [31] Y. Ma, Z. Yuan, Y. Hu și W. Li, „A Real Fourier-Related Transform Spreading OFDM Multi-User Shared Access System,” în 2019 *IEEE 90th Vehicular Technology Conf. (VTC2019-Fall)*, Honolulu, HI, USA, 2019.
- [32] O. O. Oyerinde, „Comparative Study of Overloaded and Underloaded NOMA Schemes with Two Multiuser Detectors,” în 2019 *IEEE 2nd Wireless Africa Conference (WAC)*, Pretoria, South Africa, 2019.
- [33] M.-G. Berceanu, C. Florea și S. Halunga, „Performance of Massive MIMO system with orthogonal and non-orthogonal multiple access for uplink in 5G systems”, *Appl. Sci.* 2020, 10(20), 7139; <https://doi.org/10.3390/app10207139>.

B2. Title and abstract of the proposal

Generating complex, low correlation spreading codes

The main objective of this project is to evaluate the performance of a 5G system when using NOMA-type multiple access techniques in the code domain, in the absence as well as in the presence of regenerative and non-regenerative relays. It is intended to improve the results obtained by a 5G system, establishing a new method for generating MUSA spreading codes, spreading codes which will have a low correlation. These codes will be tested in various scenarios and the proposed solutions will be advanced through an appropriate dissemination and exploitation plan that will increase the visibility of the project results.