



Universitatea Națională de Știință și
Tehnologie POLITEHNICA București



Școala Doctorală de Electronică, Telecomunicații
și Tehnologia Informației

Decizie nr. 67 de la 04-07-2024

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

Ahmed Mohammed Noreldien Elzakaloby MARAI

PROPAGAREA DE RADIOFRECVENȚĂ ȘI
DEZVOLTAREA PROCEDURILOR PRIVIND
POZIȚIONAREA SITE-URILOR 5G
RF PROPAGATION AND 5G SITE POSITIONING
DESIGN

COMISIA DE DOCTORAT

Prof. Dr. Ing. Ion MARGHESCU National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest	President
Prof. Dr. Ing. Teodor PETRESCU National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest	Ph.D. Supervisor
Prof. Dr. Corina NAFORTNITA Politehnica Univ. of Timisoara	Referee
Prof. Dr. Stefan Adrian TOMA Military Technical Academy Ferdinand I	Referee
Dr. Ing. Octavian FRATU National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest	Referee

BUCURESTI 2024

Cuprins

Capitolul 1 Introducere	1
1.1 Prezentare generală asupra rețelelor 5G și nu numai	1
1.1.1 MmWave și THz pentru rețele 5G și mai departe	1
1.1.2 Apariția blocajului în benzile de înaltă frecvență	1
1.1.3 Tehnologia de suprafață inteligentă reconfigurabilă	1
1.1.4 Conceptul de rețele eterogene	2
1.2 Direcțiile tezei	2
1.2.1 Proiectarea schemei de programare a resurselor radio bazate pe QoS	2
1.2.2 Impactul blocajului dinamic asupra rețelelor 5G și nu numai	2
1.2.3 Rezolvarea RIS-urilor a ajutat provocările 5G și dincolo de rețele	2
1.3 Principalele contribuții ale tezei	2
1.4 Arhitectura tezei	2
Capitolul 2 Lucrări conexe	3
2.1 Programarea resurselor radio în rețelele 5G	3
2.2 Impactul blocajului asupra benzilor de înaltă frecvență	3
2.3 Tehnologia RIS pentru eliminarea efectului de blocare	3
2.4 RIS-urile au ajutat provocările 5G și dincolo de rețele	4
2.4.1 Provocarea formării pasive a fasciculului RIS	4
Capitolul 3 Schema de programare a resurselor radio propusă bazată pe QoS	5
3.1 Modelul de sistem	5
3.2 Abordarea propusă	5
3.3 Indicatori de performanță și scenarii de simulare	6
3.4 Rezultate simulare	6
3.5 Rezumat	7
Capitolul 4 Impactul blocajului dinamic asupra RIS-urilor asistate de 5G și dincolo de rețele	9
4.1 Modelul de sistem	9
4.1.1 Arhitectura sistemului asistată de RIS	9
4.1.2 Modelul BS și RIS	9

4.1.3	Modele de blocare statică, auto și dinamică	9
4.1.4	Modelul de sistem asistat de RIS	10
4.2	Modelul de blocare în sistemele asistate de RIS	10
4.2.1	Modelul de blocare dinamică pentru o singură legătură BS-UE sau RIS-US	10
4.2.2	Modelul de blocare dinamică pentru legături multi BS-UE și RIS-US	10
4.3	Evaluare numerică	12
4.3.1	Evaluarea modelului matematic și impactul densității BS/RIS	12
4.3.2	Impactul înălțimii BS/RIS, al intervalului de comunicare și al densității blocantelor dinamice	13
4.3.3	Performanța sistemelor ajutată de RIS în cazul apariției blocajului dinamic	13
4.4	Rezumat	13
Capitolul 5 Rezolvarea RIS-urilor asistate Provocarea de formare a fasciculului pasiv al rețelelor		15
5.1	Modelul de sistem	15
5.2	Tehnici propuse de coduri bazate pe PI	16
5.2.1	Etape complete de proiectare PI-CB și stabilire a legăturii	16
5.2.2	Schema PI-CB parțială propusă	16
5.3	Simulare numerică	17
5.3.1	Scenarii și parametri de simulare	17
5.3.2	Rezultate	17
5.4	Rezumat	20
Capitolul 6 Concluzii, publicații și sugestii de cercetare viitoare		21
6.1	Concluzii și contribuții principale ale tezei	21
6.2	Prezentare generală a contribuțiilor suplimentare de cercetare	21
6.3	Lista publicațiilor	22
6.3.1	Lucrări din jurnale	22
6.3.2	Lucrări la conferințe	22
6.4	Posibile extinderi viitoare	24
Bibliografie		25

Capitolul 1

Introducere

În această teză, ne concentrăm pe trei direcții pentru a contribui la viitoarele rețele 5G și nu numai în ceea ce privește performanța și eficiența. În primul rând, propunerea unui nou management al resurselor radio, în special, o schemă de planificare a resurselor radio, în care blocurile de resurse sunt distribuite utilizatorilor cu scopul de a satisface nevoile acestora și, în același timp, de a menține o performanță generală ridicată. În al doilea rând, studiem impactul fenomenelor de blocare asupra rețelelor 5G asistate de RIS și dincolo de rețele, unde investigăm diferitele motive ale blocării și efectul acestora asupra benzii de înaltă frecvență asistate de RIS. De asemenea, evaluăm performanța rețelei 5G și dincolo de RIS-uri. În al treilea rând, investigăm implementarea tehnologiei RIS în rețelele 5G și dincolo de acestea. În acest context, ne concentrăm asupra provocării pasive beamforming (PBF). Prin urmare, propunem două soluții promițătoare pentru a depăși această problemă.

1.1 Prezentare generală asupra rețelelor 5G și dincolo

1.1.1 MmWave și THz pentru rețele 5G și dincolo

Viitoarele promițătoare rețele 5G și dincolo de acestea pot fi activate în principal folosind comunicarea mmWave și THz, deoarece au multe avantaje notabile. Cu toate acestea, apar unele provocări cu utilizarea benzilor de până la 6 GHz. În această subsecțiune, am discutat acest punct.

1.1.2 Apariția blocajelor în benzile de înaltă frecvență

Fenomenele de blocare și impactul acestuia asupra benzilor de înaltă frecvență este una dintre principalele preocupări care împiedică aceste frecvențe înalte să funcționeze eficient pentru rețelele 5G și dincolo de acestea, așa că am arătat o scurtă introducere în această subsecțiune.

1.1.3 Tehnologie de suprafață inteligentă reconfigurabilă

În zilele noastre, jucătorul cheie, pentru a elimina impactul blocajului în rețelele 5G și dincolo de rețele, este implementarea suprafețelor inteligente reconfigurabile (RIS) care joacă ca ajutor pentru aceste rețele. Deci, a devenit important să discutăm despre asta în această secțiune.

1.1.4 Conceptul de rețele eterogene

Este obligatoriu să oferiți o scurtă prezentare a principiului de funcționare al rețelei eterogene care este considerată principala rețea wireless viitoare și unul dintre conceptele principale pentru a permite poziționarea rețelelor bazate pe informații.

1.2 Direcțiile tezei

Această teză de cercetare poate fi împărțită în principal în trei direcții:

1.2.1 Proiectarea schemei de resurselor radio bazate pe QoS

Importanța programării în sistemele de comunicații 5G ne-a motivat să propunem o posibilă schemă de programare nouă și eficientă care să fie adaptată rețelei 5G, urmărind să ofere QoS ridicat pentru UE-urile din aplicațiile eMBB.

1.2.2 Impactul blocajului dinamic asupra rețelelor 5G și nu numai

În această parte, ne preocupăm proiectarea rețelei 5G și nu numai, având în vedere existența fenomenelor de blocare, unde ne propunem să îndeplinim cerințele viitoare de fiabilitate a legăturii (LR) și de latență end-to-end.

1.2.3 Rezolvarea RISs au ajutat provocările 5G și dincolo de rețele

Această parte se concentrează pe propunerea de noi tehnici care pot ajuta la depășirea provocării PBF în RIS, având în vedere apariția blocajului. Aici, vă sugerăm o schemă CB bazată pe PI (PI-CB) pentru formarea pasivă a fasciculului RIS.

1.3 Principalele contribuții ale tezei

Contribuțiile majore ale tezei noastre sunt recapitulate în punctele următoare:

- Propunerea unui RRS bazat pe calitatea serviciului pentru cazul de utilizare 5G eMBB, cu scopul de a îmbunătăți performanța generală a sistemului.
- Investigarea efectului blocajilor de mobilă asupra rețelelor mmWave/THz asistate de RIS, pentru a putea planifica eficient rețelele 5G și nu numai.
- caiet de coduri bazat pe informații de poziționare dinamică pentru RIS Passive Beamforming .

1.4 Teza Arhitectura

Teza noastră conține cinci capitole care analizează în profunzime soluțiile propuse pentru îmbunătățirea rețelelor 5G și nu numai.

Capitolul 2

Lucrări conexe

Acest capitol oferă o idee descriptivă despre studiile anterioare care au discutat aceleași subiecte pe care le vom discuta în această teză.

2.1 Programarea resurselor radio în rețelele 5G

Managementul resurselor radio, și în special procedura de programare, este un pas extrem de crucial în rețeaua de comunicații. Literatura de specialitate este plină de lucrări care discută despre programarea în sistemele de comunicații mobile și propun câteva tehnici pentru aceasta în rețelele 5G precum [1], [2], [3]. De asemenea, unele studii au luat în considerare impactul blocării în timpul programării UE-urilor în rețelele 5G [4]. Merită menționat faptul că aceste lucrări anterioare au luat în considerare unele metrice în timp ce le-au neglijat pe altele. În plus, dacă iau în considerare diferite tipuri de trafic, doar le discută separat, ceea ce este o presupunere nepractică. De asemenea, nu sunt oferite discuții profunde pentru satisfacția UE care utilizează aceste scheme, deși această măsurătoare este extrem de vitală. Studiile anterioare au discutat scheme comune sau le-au modificat pentru a îmbunătăți performanța, cu toate acestea, ele neglijează parametrii practici ai cerințelor UE.

2.2 Impactul blocajului în benzilor de înaltă frecvență

În benzile superioare de 6 GHz, semnalul poate fi obturat cu ușurință de trei tipuri diferite de blocare, și anume statice, dinamice și autoblocante. Multe lucrări au explorat efectul acestor tipuri de blocaje asupra sistemelor de comunicații [5], [6], [7]. Blocantele mobile afectează temporar și frecvent atunci când trec prin fața TX sau RX. De asemenea, blocajul dinamic este rezultatul mai multor tipuri de obstacole cu parametri diferiți care au dimensiuni diferite, caracteristici de penetrare a semnalului și viteze diferite. În acest context, mai multe lucrări au discutat efectul de blocaj dinamic în literatură, cum ar fi [8], [9], [7], [10], [11], [12], [13] și [14].

2.3 RIS pentru a elimina efectul de blocare

Pentru a depăși efectul de blocaj, cercetătorii au sugerat implementarea RIS-urilor în rețea. Elementele RIS pot fi ajustate prin controlul defazatoarelor RIS, unde un controler programabil, care conectează RIS-urile cu BS-urile asociate, este responsabil

pentru acest proces numit beamforming RIS. Multe studii anterioare au discutat despre superioritatea implementării RIS pentru a depăși efectul de blocare în rețelele 5G și dincolo de acestea [15], [16], [17], [18]. Cu toate acestea, de fapt, RIS poate elimina sau reduce efectul blocajului, dar nu îl poate opri și depăși total. Prin urmare, este esențial să se studieze apariția blocajelor în sistemele asistate de RIS.

2.4 RISs au ajutat provocările 5G și dincolo de rețele

Implementarea RIS-urilor ca ajutoare 5G și dincolo de rețea a adus unele provocări rețelei, de exemplu, formarea fasciculului RIS.

2.4.1 Provocarea RIS Pasive Beamforming

Pentru stabilirea legăturii LOS alternative trebuie să se facă configurarea elementelor RIS. În principal, abordările PBF sunt împărțite în două clase majore: în primul rând, CE și scheme de optimizare pentru formarea fasciculului pasiv (CE & O) [19], [20], [21], [22], [23], [24], iar a doua este antrenarea unui CB predefinit pentru a defini canalul în cascadă de la capăt la capăt, apoi să poată determina cel mai bun RP.

2.4.1.1 Abordări bazate pe optimizarea CE și PBF

Mai multe lucrări au dezvoltat scheme bazate pe optimizarea CE și PBF pentru configurarea RIS [20], [21], [22], [23]. Aceste metode anterioare au redus costul general necesar și complexitatea estimării canalului, cu toate acestea, cu implementarea RIS mare, aceste abordări suferă încă o suprasarcină mare. Consumul de timp al acestor scheme este necesar în etapa online, provocând o întârziere mare.

2.4.1.2 Abordări bazate pe CB-uri predefinite

Aceste scheme au mai eficientă din punct de vedere al cheltuielilor generale și al complexității necesare în sistem pentru configurarea elementelor RIS, astfel încât acestea pot garanta o rată efectivă mai mare. Schemele bazate pe CB-uri sunt capabile să depășească erorile de propagare și pot fi implementate cu ușurință în sistemele de comunicații fără alte modificări ale cadrelor de comunicare existente. Aceste scheme permit separarea procesului A-PBF în două etape. Supraînălțarea semnalizării de control este limitată de dimensiunea CB, astfel încât se poate obține o reducere ridicată a supraîncărcării în spate. Abordările din această clasă au trei etape, în primul rând, proiectarea CB-urilor RIS apoi, pregătirea acestor CB-uri, în al treilea rând, etapa de învățare pentru a selecta cel mai bun model de reflectare (RP) care să fie utilizat în perioada de transmitere a datelor. În literatura de specialitate au fost sugerate mai multe lucrări în funcție de conceptul de antrenament al CB pentru a efectua formarea pasivă a fasciculului [25], [26], [27], [28]. Provocările din primele două etape ale schemelor bazate pe CB ne motivează să ne dezvoltăm propunerile, pe lângă limitările pe care le-am găsit în lucrările aferente.

Capitolul 3

Schema de resurselor radio propusă bazată pe QoS

Programarea resurselor radio este o etapă crucială în accesul inițial al utilizatorilor, în care o distribuție eficientă a resurselor prețioase ale rețelei între UE-urile conectate este obligatorie pentru a optimiza performanța atât în partea rețelei, cât și a UE-urilor. Standardele existente pentru rețelele 5G și dincolo de acestea discută mai multe cazuri de utilizare și scenarii, de asemenea, oferă definiții complete pentru structura cadrului și elementele acestuia. Cu toate acestea, nu este introdusă nicio schemă eficientă de programare RRS. Mai mult, implementarea schemelor anterioare de programare fără adaptare la caracteristicile, specificațiile și cerințele rețelelor 5G și dincolo de acestea nu poate fi o opțiune promițătoare. Prin urmare, în acest scop, acest capitol prezintă o nouă abordare de planificare a resurselor radio bazată pe calitatea serviciului (QoS), în care luăm în considerare condițiile de canal ale undei mm în banda de 60 GHz. Mai mult, abordarea noastră se bazează pe calitățile canalului UE-urilor și pe cerințele acestora, având ca scop îmbunătățirea performanței rețelei, menținerea echității între UE-uri și satisfacerea unui număr mai mare de UE-uri cu cerințele lor. În plus, impactul blocajului, care este inerent utilizării benzilor de înaltă frecvență, este luat în considerare la evaluarea performanței schemei propuse. **Error! Reference source not found.** listează simbolurile și notațiile utilizate în acest capitol.

3.1 Model de sistem

În acest capitol, luăm în considerare cazul de utilizare eMBB, în care un WLAN 5G servește mai mulți utilizatori cu diverse aplicații, de exemplu, VR și streaming video.

3.2 Abordare propusă

Rețelele 5G și dincolo de acestea apar diverse aplicații pe care UE-urile le pot experimenta, de exemplu, realitatea virtuală și streaming video. Astfel, cererile UE-urilor devin variate și, ca rezultat, pachetele trimise către fiecare UE-uri devin diferite. Prin urmare, propunerea de programare bazată pe nevoile UE este o obligație în rețelele viitoare. În consecință, propunem o abordare de planificare proporțională

bazată pe QoS, în care modificăm și îmbunătățim mecanismul standard de corectitudine proporțională (SPF). Mai precis, modificăm funcția de prioritate utilizată pentru fiecare UE prin combinarea unei părți pentru a include efectul solicitărilor UE. Această parte reprezintă ratele de date necesare UE-urilor în raport cu valoarea lor maximă, unde UE-urile cu valoarea maximă este unul dintre UE-urile asociate stației de bază în cadrul curent. Algoritmul 1, prezentat în Tabelul 3-2, prezintă pașii PFS bazat pe QoS.

Tabelul 3 2 Algoritmul 1 pentru abordarea PFS bazată pe QoS propusă.

Algoritmul 1: Abordarea PFS bazată pe QoS propusă.

Intrare: R_{req_k}, R_k, r_k pentru toate UE-urile

Ieșire: programarea tuturor UE-urilor de-a lungul intervalului de timp

start

- 1: **Pentru** fiecare interval orar n
- 2: **Calculați** w_k folosind (6)
- 3: **calculați** P_k^* folosind (5)
- 4: **Fel** P_k^* pentru toate UE-urile
- 5: **Atribuiți** intervalul de timp curent UE k cu cea mai mare PF
- 6: **Actualizați** R_k și folosiți (2) și R_{req_k} respectiv (7)
- 7: **Sfârșit**

Stop

3.3 Valori de performanță și scenarii de simulare

Această secțiune prezintă parametrii de performanță care sunt utilizați pentru a compara schema noastră propusă cu abordările de ultimă generație. Mai mult, explicăm scenariile de simulare și parametrii utilizați pentru mediul studiat.

3.4 Rezultatele simularii

Această secțiune prezintă performanța abordării propuse comparabilă cu schemele de planificare round robin și SPF. Comparația performanței dintre propunerea noastră și schemele RR și SPF este prezentată în Figura 3-1 și Figura 3-2 din punct de vedere al rețelei. Este clar superioritatea abordării PFS bazate pe QoS propusă față de schemele RR și SPF în cazul a 16 UE pentru ambele scenarii, în ciuda apariției blocajului. În plus, pe baza Figura 3-2, este de remarcat faptul că DPF-ul nostru garantează o corectitudine mai mare în cazul asocierii a 16 UE-uri la BS. Funcțiile de distribuție cumulative (CDF) ale satisfacției UE pentru cazul 32 UE sunt prezentate în Figura 3-3, luând în considerare nicio blocare și probabilitatea de blocare de 0,15 în studiul celor două scenarii de trafic.

Investigăm de ce debitul total și corectitudinea schemei propuse sunt mai mici decât cele SPF în cazul celor 32 de UE în al doilea scenariu. Astfel, în Figura 3-4,

prezentăm debitul mediu per UE pentru fiecare aplicație din cele patru considerate, adică videoclipuri 4K, 8K, interacțiune VR slabă și puternică.

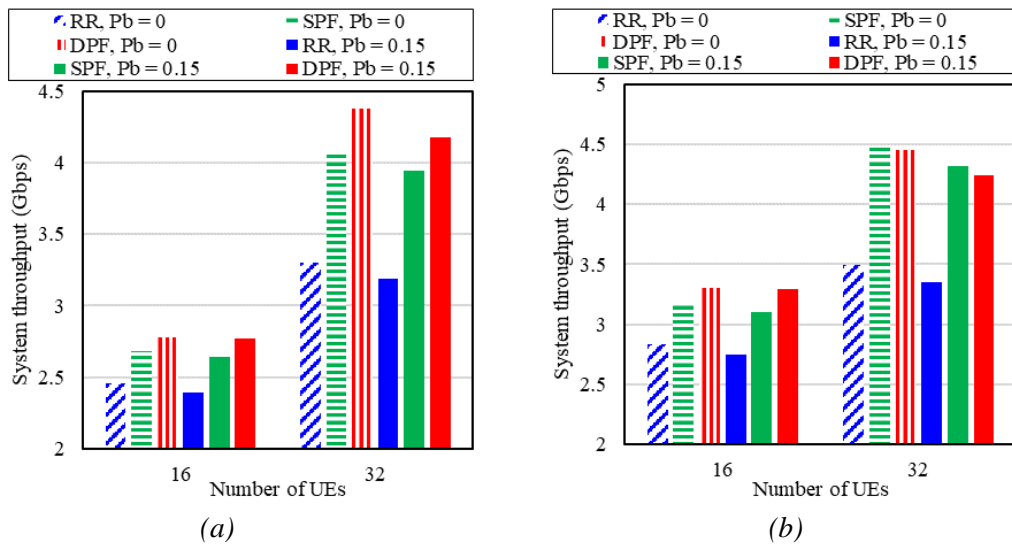


Figura 3-1 Debitul total al abordărilor QoS-PFS, SPF și RR în cazuri de 16 și 32 de UE, cu două apariții de blocare, dacă sunt adoptate (a) S1 și (b) S2.

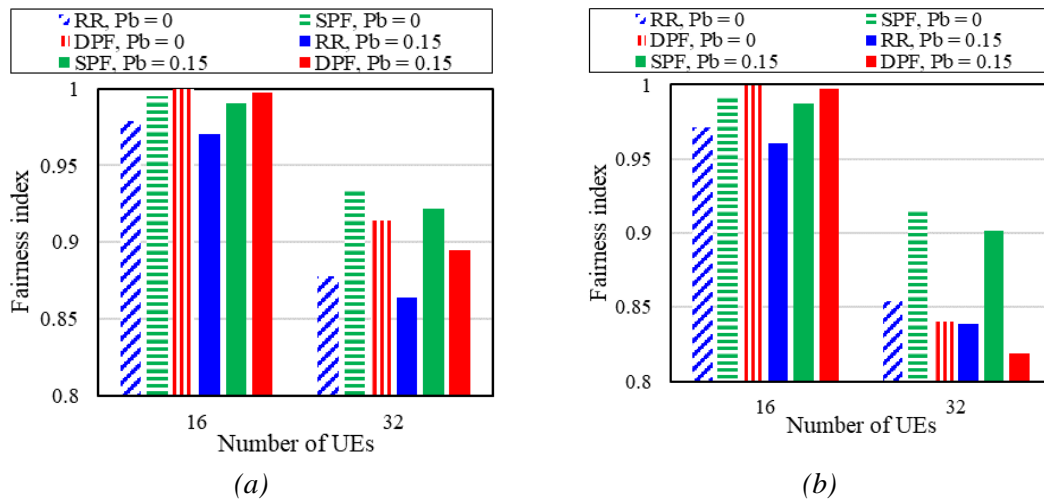


Figura 3-2 Indicele de corectitudine al abordărilor QoS-PFS, SPF și RR în cazuri de 16 și 32 de UE, cu apariția blocării, dacă sunt adoptate (a) primul și (b) al doilea scenariu.

3.5 Rezumat

Acest capitol a discutat în principal următoarele puncte:

- În primul rând, am propus o nouă abordare PFS bazată pe QoS, în care atât calitățile canalului UE, cât și cerințele sunt luate în considerare pentru a distribui resursele mmWave BS.
- În al doilea rând, studiul din acest Capitol a luat în considerare evenimentul de blocare în rețea, așa că am studiat probabilitatea de blocare versus densitatea blocantului, apoi am instrumentat ipotezele practice în timp ce evaluăm performanța diferitelor abordări de planificare, inclusiv cea propusă.

Schema de resursele radio propusă bazată pe QoS

- În rezultatele simulării, am demonstrat că schema propusă garantează o mai bună debit total al sistemului, corectitudine, satisfacție UE și debit mediu per UE decât algoritmi de programare existenți, adică SPF și RR, luând în considerare traficul variat și diferite aplicații eMBB, cum ar fi 4K, Streaming video 8K, interacțiune slabă și puternică VR.

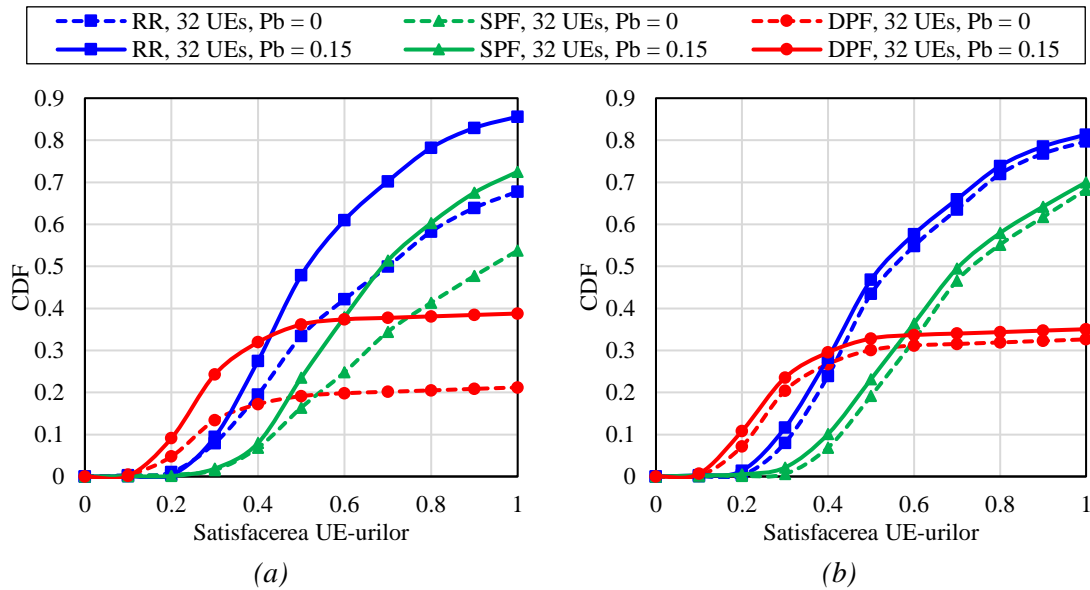


Figura 3-3 CDF a satisfacției UE pentru toate schemele de programare dacă sunt adoptate (a) primul scenariu și (b) al doilea scenariu cu 32 de UE.

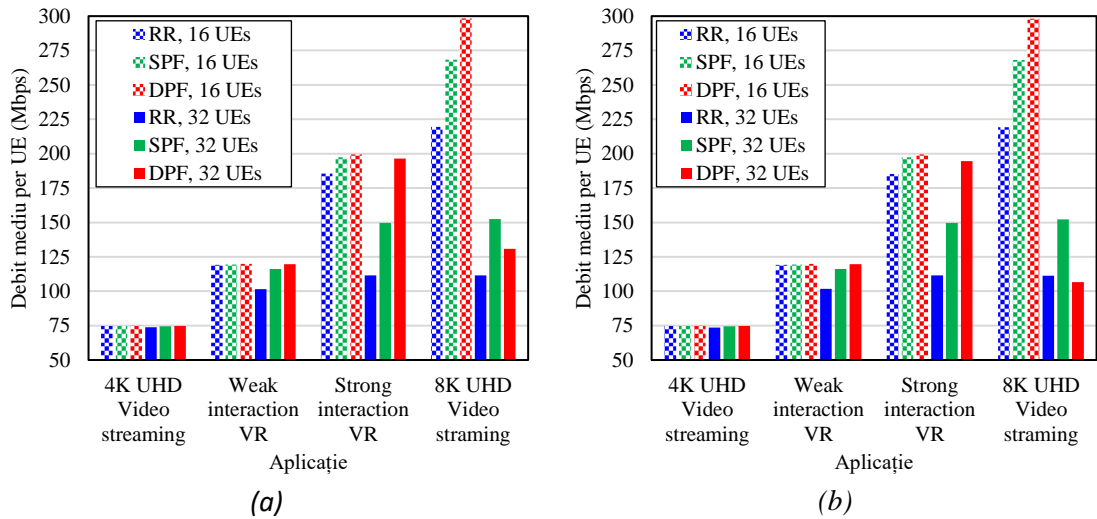


Figura 3-4 Debit mediu per UE a mecanismelor QoS-PFS, SPF și RR, atunci când sunt utilizate (a) S1 și (b) S2.

Capitolul 4

Impactul blocării dinamice pe RISs a ajutat rețelele 5G și dincolo

Acest capitol este un studiu complet asupra impactului blocașilor de telefonie mobilă asupra rețelelor 5G și dincolo de RIS, unde sunt luate în considerare benzile de înaltă frecvență, și anume benzile mmWave și THz. Prin acest capitol, obiectivul nostru principal este de a deduce un model matematic pentru a descrie fenomenele de blocaș și impactul acestuia. În care, prezentăm diferite metrice de blocaș, adică probabilitatea de blocaș, frecvența blocării și durata blocării. Mai mult, cu scopul de a planifica rețelele asistate de RIS, studiem metricele anterioare versus densitatea BS/RIS, apoi arătăm efectul specificațiilor rețelei, de exemplu, raza de comunicație și înălțimile antenelor, asupra BS/RIS implementate, luând în considerare ținta de atingerea anumitor fiabilități de legătură care se potrivesc cu rețelele 5G și dincolo de acestea. Mai mult, performanța rețelelor asistate de RIS este studiată în termeni de eficiență spectrală (SE) și eficiență energetică (EE), pe lângă faptul că evidențiază efectul numărului de elemente RIS și al SNR-ului transmițătorului. Acest studiu poate fi foarte util pentru planificarea eficientă a rețelelor asistate de RIS.

4.1 Model de sistem

Această secțiune prezintă arhitectura modelului de sistem a rețelelor asistate de RIS, luând în considerare diferite tipuri de blocașe. Apoi, prezintă modelele BS și RIS, apoi sunt descrise modelele de blocaș static, auto și dinamic. În plus, prezentăm în această secțiune modelul de canal al sistemelor asistate de RIS, alături de SE și EE.

4.1.1 RIS-urile au ajutat arhitectura sistemului

4.1.2 Modelul BS și RIS

Modelul locațiilor BS și RIS urmează un proces Poisson Point (PPP) omogen cu densități λ_M și λ_L , respectiv.

4.1.3 statice, auto și dinamice

- Modelul blocașului static poate fi definit în funcție de teoria formei aleatoare ca [6], unde blocașii statici sunt obiecte permanente.

Impactul blocării dinamice pe RISs a ajutat rețelele 5G și dincolo

- Corpul utilizatorului determină zona de autoblocare, unde blochează semnalul de la TX la UE RX.
- omogen descrie distribuția blocașilor dinamici în rețea cu densitatea λ_{bl} care este unită în blocași pe m^2 (bl/m^2).

4.1.4 Model de sistem asistat de RIS

Această secțiune prezintă cazul nostru de utilizare studiat, arhitectura sistemului și metricile de performanță, adică eficiența spectrală (SE) și eficiența energetică (EE).

4.2 Model de blocaj în sistemele asistate de RIS

În această secțiune, mai întâi, vom deduce modelul matematic de blocare pentru o singură legătură BS-UE sau RIS-UE, apoi îl vom generaliza la cazul mai multor legături BSs-UE sau RISs-UE.

4.2.1 Modelul de blocare dinamică pentru o singură legătură BS-UE sau RIS-UE

Presupunând o singură legătură BS-UE sau RIS-UE, r_{m_i} și r_{l_j} , prezintă distanțele bidimensionale de la i -lea BS la UE sau j , respectiv, de la cel de-al-lea RIS la UE. Probabilitatea de blocare a legăturilor i BS-UE și j RIS-UE poate fi scrisă, respectiv, ca

$$P(BB_i^d | m, r_{m_i}) = \frac{\alpha_i}{\alpha_i + \mu} = \frac{\frac{C_M}{\mu} r_{m_i}}{1 + \frac{C_M}{\mu} r_{m_i}}, \forall i = 1, \dots, m, \quad (4.22)$$

$$P(BR_j^d | l, r_{l_j}) = \frac{\alpha_j}{\alpha_j + \mu} = \frac{\frac{C_L}{\mu} r_{l_j}}{1 + \frac{C_L}{\mu} r_{l_j}}, \forall j = 1, \dots, l. \quad (4.23)$$

4.2.2 Modelul de blocare dinamică pentru legături multiple BSs-UE și RISs-UE

În această subsecțiune, vom modela blocarea dinamică a legăturilor multi LOS BSs-UE și RISs-UE prin generalizarea modelului anterior la cazul cu mai multe noduri.

4.2.2.1 Probabilitatea de acoperire

La început, BS-urile/RIS-urile sunt în acoperire, atunci când BS-urile/RIS-urile pot furniza către UE o legătură accesibilă care nu este obstrucționată de statice sau autoblocante.

Lema 1: Distribuțiile numerelor de legături BSs-UE disponibile, \mathcal{M} și numerele de legături RISs-UE disponibile, \mathcal{L} , care nu sunt obstrucționate de statice sau autoblocante, urmează distribuția Poisson.

Dovada: Vezi Anexa tezei.

Corolarul 1 : Let CB^{LOS} indică evenimentul că cel puțin o legătură LOS BS-UE este disponibilă pentru a acoperi UE în zona interesată a cercului $C_M(o, R_M)$, iar blocașii auto sau statici nu afectează această legătură. Și, let CR^{LOS} indică evenimentul că cel

puțin o legătură LOS RIS-UE este disponibilă pentru a acoperi UE în zona interesată a cercului $C_L(o, R_L)$, iar blocații auto sau statici nu afectează această legătură. Astfel, probabilitățile acestor evenimente pot fi definite ca

$$P(CB^{LOS}) = P_{\mathcal{M}}(m \neq 0) = 1 - P_{\mathcal{M}}(0) = 1 - e^{-\gamma_{\mathcal{M}}}, \quad (4,28)$$

$$P(CR^{LOS}) = P_{\mathcal{L}}(\ell \neq 0) = 1 - P_{\mathcal{L}}(0) = 1 - e^{-\gamma_{\mathcal{L}}}. \quad (4,29)$$

Lema 2: Numărul total de legături obținute pentru stabilirea unei conexiuni între BS și UE, indiferent dacă această conexiune este directă sau indirectă prin RIS, poate fi definit ca N , unde $N = \mathcal{M} + \mathcal{L}$. Prin urmare, folosind principiile de transformare ale variabilelor aleatoare [53], numărul de N legături urmează o distribuție Poisson cu parametrul γ , unde $\gamma = \gamma_{\mathcal{M}} + \gamma_{\mathcal{L}}$, și poate fi exprimat ca

$$P_N(n) = \frac{\gamma^n}{n!} e^{-\gamma}. \quad (4,30)$$

Corolarul 2: Let C^{LOS} indică evenimentul că cel puțin o legătură LOS BS-UE sau RIS-UE este disponibilă pentru a acoperi UE, iar blocații auto sau statici nu afectează această legătură. Astfel, această probabilitate de eveniment poate fi definită ca

$$P(C^{LOS}) = P_N(n \neq 0) = 1 - P_N(0) = 1 - e^{-\gamma}. \quad (4,31)$$

4.2.2.2 Probabilitatea de blocare

Teorema 1 : Probabilitatea marginală de blocare LOS a tuturor legăturilor BSs-UE și a tuturor legăturilor RISs-UE poate fi definită ca

$$P(BB^{LOS}) = e^{-a_M p \lambda_M \pi R_M^2}, \quad (4,36)$$

$$P(BR^{LOS}) = e^{-a_L p \lambda_L \pi R_L^2}, \quad (4,37)$$

Dovada: Vezi Anexa tezei.

Fenomenele totale de blocare apar, dacă toate legăturile BSs-UE și RISs-UE, N , sunt blocate în același timp. De remarcat faptul că blocarea afectează în mod independent legăturile BSs-UE și RISs UE. Astfel, probabilitatea de blocare comună a tuturor legăturilor BSs-UE și RISs-UE, $P(B^{LOS})$, poate fi definită ca

$$P(B^{LOS}) = P(BB^{LOS})P(BR^{LOS}) = e^{-p(a_M \lambda_M \pi R_M^2 + a_L \lambda_L \pi R_L^2)}. \quad (4,42)$$

În plus, probabilitatea de blocare a tuturor legăturilor, dată fiind probabilitatea totală de acoperire, $P(B^{LOS}|C^{LOS})$ poate fi exprimată ca

$$P(B^{LOS}|C^{LOS}) = \frac{e^{-p(a_M \lambda_M \pi R_M^2 + a_L \lambda_L \pi R_L^2)} - e^{-\gamma}}{1 - e^{-\gamma}}. \quad (4,43)$$

4.2.2.3 Durata de blocare estimată

Teorema 2 : Durata de blocare așteptată condiționată de toate legăturile n , atunci când sunt blocate în același timp, având în vedere evenimentul lor de acoperire, C^{LOS} , poate fi definită ca

$$E[T^{LOS}|C^{LOS}] = \frac{e^{-\gamma}}{\mu(1 - e^{-\gamma})} Ei[\gamma], \quad (4,45)$$

Impactul blocării dinamice pe RISs a ajutat rețelele 5G și dincolo

$Ei[\gamma] = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\gamma^n}{n \times n!}$ este o serie exprimată ca funcție integrală exponențială [54].

Dovada: Vezi Anexa tezei.

4.2.2.4 Frecvența de blocare așteptată

Teorema 2: Frecvența de blocare așteptată având în vedere acoperirea, $E[\zeta^d / C^{LOS}]$, poate fi exprimată ca

$$E[\zeta^d / C^{LOS}] = \frac{E[\zeta^d]}{P(C^{LOS})} = \frac{\mu\rho(1 - a_M)^{1/2}(1 - a_L)^{1/2}e^{-\rho(1-a_M)^{1/2}(1-a_L)^{1/2}}}{1 - e^{-\rho}}. \quad (4.48)$$

Dovada : Vezi Anexa tezei.

4.3 Evaluare numerică

Evaluarea modelului matematic de blocaj este prezentată în această parte, unde sunt prezentate diverse metrice de blocare. În plus, rezultatele obținute folosind modelul bazat pe geometrie stocastică sunt comparate și validate cu o simulare numerică realizată de platforma MATLAB. În plus, este studiat impactul mai multor specificații de rețea, unde discutăm efectul densității BS/RIS asupra metricilor de blocare. Mai mult, aflăm densitățile de BS și RIS necesare în rețea. De asemenea, este studiată performanța rețelei asistate de RIS. Mai mult, studiem superioritatea utilizării RIS-urilor în viitoarele rețele, unde arătăm performanța față de numărul de elemente SINR și RIS. Tabelul 4-1 prezintă cerințele rețelelor 5G și dincolo de acestea, adică fiabilitatea legăturii și latența end-to-end, în primele două coloane, în care ne propunem să proiectăm rețeaua pentru a îndeplini aceste nevoi pentru a putea oferi QoS ridicat și QoE pentru UE-urile din rețea. Între timp, ultima coloană prezintă numărul BS/RIS-uri necesar corespunzător în mediul studiat.

Tabelul 4-1 Cerințe de fiabilitate și latență.

Aplicații	Fiabilitate	Întârziere de la capăt la capăt	Numărul de BS/RIS-uri necesare în domeniul de interes studiat	
			$\lambda_{bl} = 0.5 \text{ bl/m}^2$	$\lambda_{bl} = 1 \text{ bl/m}^2$
5G (eMBB, URLLC, mMTC)	Cinci-nouă	$\leq 10\text{ms}$	12	15
Dincolo de 5G (eMBB de încredere, URLLC, mMTC, URLLC +eMBB)	Șase-nouă	1ms	15	18
6G (MBRLLC, mURLLC)	Șapte-nouă	$\leq 1\text{ms}$	18	22

4.3.1 Evaluarea modelului matematic și impactul densității BS/RIS

Figurile 4.3, 4.4 și 4.5 prezintă metrica de blocare dată fiind acoperirea față de densitatea BS/RIS în sistemele asistate RIS comparabile cu sistemele autonome BS. În aceste cifre, putem vedea potrivirea și coincidența dintre rezultatele obținute din analiza matematică și de simulare, totuși, mici abateri sunt notabile în unele cazuri. Figurile 4.3, 4.4 și 4.5 clarifică îmbunătățirea obținută în metrica de blocare datorită utilizării RIS-urilor comparabile cu cazul utilizării numai a BS-urilor.

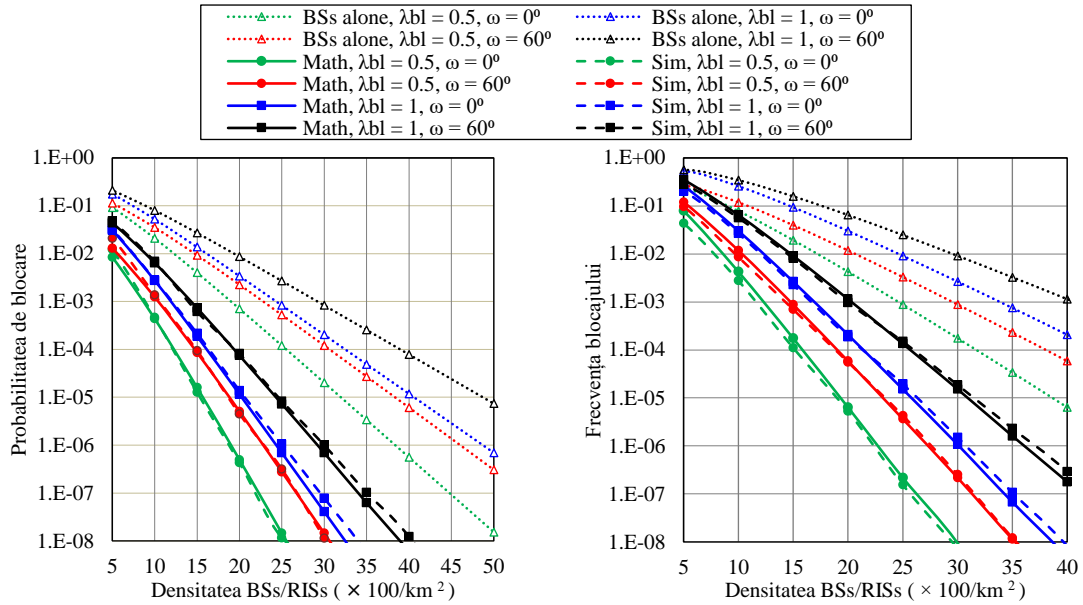


Figura 4-1 Probabilitatea de blocare dinamică condiționată, având în vedere acoperirea față de densitatea BS/RIS.

Figura 4-2 Frecvența de blocare dinamică condiționată, având în vedere acoperirea față de densitatea BS/RIS.

4.3.2 Impactul înălțimii BS/RIS, raza de comunicare și densitatea blocanților dinamici

Prezentăm impactul înălțimii BS/RIS, al intervalului de comunicare și al densității blocanților asupra densității BS/RIS, care este necesar pentru a realiza 5G și mai mult de LR, în figurile 4.6, 4.7 și, respectiv, 4.8. În primele două studii, fixăm densitatea blocantului dinamic la 0,5 și 1 bl/m2, în timp ce unghiul de autoblocare la 60°.

4.3.3 RIS-urile au ajutat performanța sistemelor în cazul blocării dinamice

Pentru a evalua efectul apariției blocajului asupra performanței sistemului, am studiat performanța față de densitatea BSs/RISs, SNR transmițător și numerele elementelor RIS din figurile 4.9-14 din teza originală.

4.4 rezumat

Acest capitol a discutat următoarele puncte:

- În primul rând, prezentând un model matematic bazat pe geometrie stocastică pentru apariția blocajului dinamic.
- Pe baza metricilor de blocare, se poate face o planificare a rețelelor asistate de RIS, unde am studiat efectul densității BS/RIS.
- În al treilea rând, prezentăm specificațiile rețelei, de exemplu, intervalul de comunicare și altitudinile BSs/RIS, impactul asupra designului rețelei în ceea ce

privește densitatea BS/RIS necesară. Mai mult, arătăm impactul densității blocantului asupra densității BS/RIS. .

- În cele din urmă, performanța rețelei asistate de RIS este studiată în termeni de eficiență spectrală și eficiență energetică .

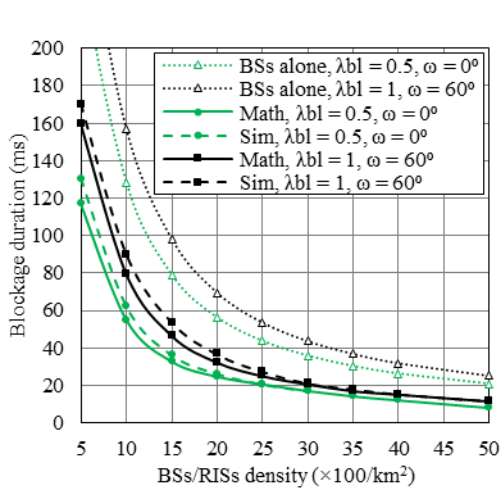


Figura 4-3 Durata de blocare dinamică așteptată condiționată, având în vedere acoperirea față de densitatea BS/RIS.

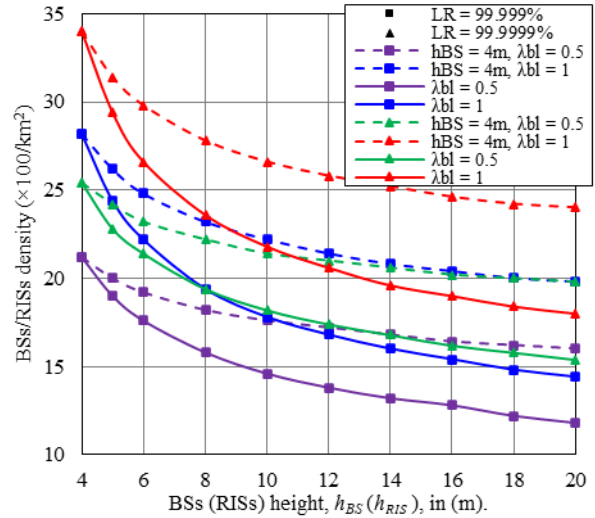


Figura 4-4 Densitatea necesară BS/RIS pentru a obține LR definite față de diferite BS și înălțimi RIS în rețelele asistate de RIS.

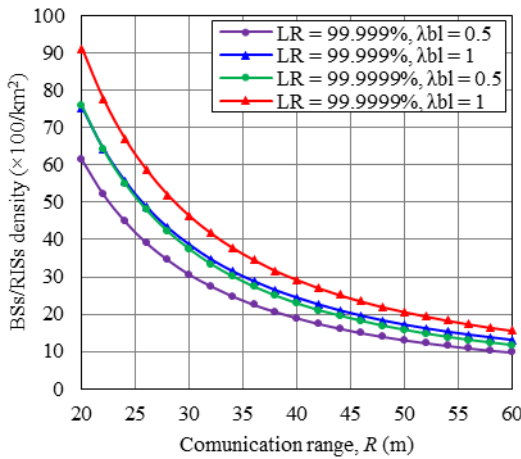


Figura 4-5 Densitatea necesară BS/RIS pentru a obține o fiabilitate definită a legăturii față de diverse domenii de comunicare, R.

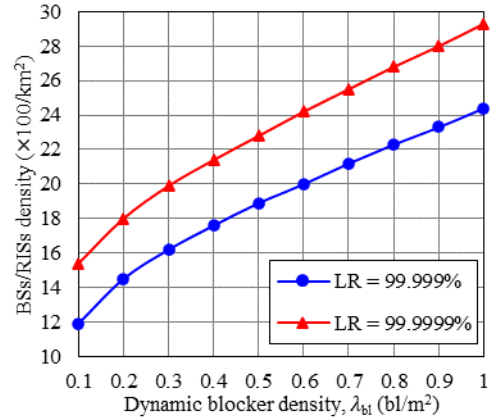


Figura 4-6 Densitatea necesară BS/RIS pentru a obține fiabilitatea legăturii definită față de diferite densități de blocare, λ_{bl} .

Capitolul 5

Rezolvarea RIS-uri asistate de Rețele Pasive Beamforming

Acest capitol se concentrează pe furnizarea unei soluții promițătoare pentru provocarea de formare pasivă a fasciculului RIS. Soluția noastră sugerată depinde în principal de disponibilitatea informațiilor de poziționare a UE-urilor în rețelele viitoare, cu scopul de a depăși limitările actualelor scheme PBF bazate pe cartea de coduri. În primul rând, proiectăm un registru de coduri bazat pe informații de poziționare dinamic și descriptiv din punct de vedere al mediului, apoi antrenăm configurațiile RIS, indiferent dacă utilizăm întregul PI-CB sau o versiune parțială a acestuia. PI-CB parțial este construit pe baza verificării potrivirii între PI-ul stocat și PI-ul UE-urilor care necesită serviciile BS, prin urmare se poate obține o reducere suplimentară a supraîncărcării și a complexității, comparabilă cu căutarea pe întregul PI-CB. Cele două scheme PI-CB garantează o performanță mai bună în ceea ce privește rata efectivă a datelor obținute datorită supraîncărcării și complexității reduse necesare la adaptarea acestora. Demonstrăm că schemele noastre pot fi adaptate în diverse cazuri de utilizare și condiții de canal, obținând totuși o performanță ridicată, deoarece CB-urile noastre sunt independente de mediu. Menționând că, după cunoștințele noastre, aceasta este prima lucrare din literatură care oferă pași descriptivi și discuții cu privire la PBF bazat pe PI în rețelele asistate de RIS, luând în considerare sistemul MISO unic și multiutilizator. De asemenea, clarifică dimensiunea RIS și impactul erorilor de poziționare asupra schemelor propuse.

5.1 Model de sistem

Determinarea vectorilor A-PBF se face folosind scheme bazate pe estimarea canalului sau scheme predefinite bazate pe CB care urmăresc atingerea unei anumite funcții obiective (OF) care maximizează în mod normal o anumită metrică țintă, de exemplu, ratele de sumă ale UE, eficiența energetică etc. de lucru, determinăm împreună vectori A-PBF la BS și RIS, cu scopul de a maximiza rata totală a UE. Optimizarea comună a vectorilor A-PBF OF este greu de rezolvat într-un timp scurt. Întrucât RIS este amplasat în locație fixă, în fața clădirilor și a pereților, și BS este fix, determinând \mathbf{W} se poate face o singură dată la BS. Acest proces de formare a fasciculului activ poate fi realizat prin scheme bazate pe CE [31] sau orice schemă ABF adecvată din literatură

[32]. Prin urmare, determinarea vectorului PBF, adică modelul de configurare RIS, Θ a devenit obiectivul nostru principal, unde vom depinde de antrenamentul conceptului de CB predefinit pentru a estima canalele BS-UE de la capăt la capăt.

5.2 Tehnici propuse de coduri bazate pe PI

Această secțiune prezintă cele două scheme PI-CB propuse pe care le adaptăm pentru procesul PBF în sistemul asistat de RIS. Cadrele propuse vizează îmbunătățirea sistemului în funcție de îmbunătățirea primei și a doua etape a schemelor bazate pe OC.

5.2.1 Etape complete de proiectare PI-CB și stabilire a legăturii

PI-CB complet propus este prezentat în Tabelul 5-1. Acest PI-CB este flexibil și adaptabil în funcție de mediu; astfel, poate fi proiectat eficient și ușor în diverse cazuri de utilizare și scenarii. Figura 5-1 arată procedura schemei complete PI-CB propuse, menționând că această procedură descrie proiectarea CB și cadrul de stabilire a legăturii BS-RIS-UE în primele Q intervale de timp. Astfel, costul general propus de antrenament complet PI-CB este $O(QK)$, în timp ce complexitatea sa de calcul este $O(QMK^3)$.

Tabelul 5-1 Propus proiectat complet bazat pe coduri PI.

Index	1	2	q	...	$Q-1$	Q
Matricea de pozitionare	\mathbf{P}_1	\mathbf{P}_2	\mathbf{P}_q	...	\mathbf{P}_{Q-1}	\mathbf{P}_Q
vector PBF	θ_1^*	θ_2^*	θ_q^*	...	θ_{Q-1}^*	θ_Q^*

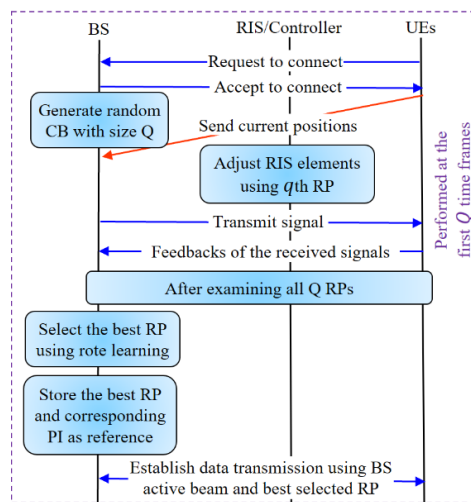


Figura 5-1 Procedura schemei complete PI-CB propuse.

5.2.2 Schema PI-CB parțială propusă

În această subsecțiune, explicăm pașii tehnicii PI-CB parțiale propuse, care este dezvoltată pentru a scădea și mai mult supraîncărcarea sistemului, îmbunătățind astfel performanța generală a sistemului, așa cum se arată în Figura 5-2. Acest cadru PI-CB reduce costul general al sistemului $O(Q_c K)$ și complexitatea de calcul la $O(Q(K^2(3^2 + 1) - 1) + Q \log Q + Q_c MK^3)$. Structura sa de cadru este similară cu cea utilizată în

alte scheme bazate pe CB, cu excepția cazului în care sunt necesare simboluri de antrenament mai mici datorită utilizării unui grup de cuvinte de cod candidate.

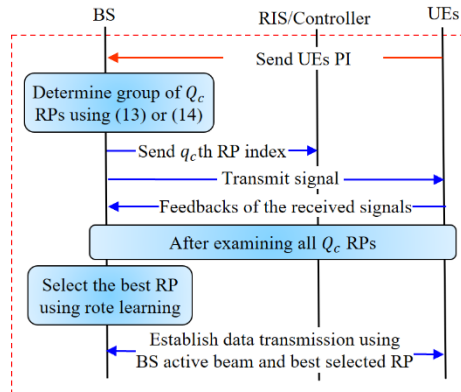


Figura 5-2 Schema PI-CB parțială propusă.

5.3 Simulare numerică

Această secțiune discută performanța schemelor PI-CB propusă, comparabilă cu două mecanisme de referință, și anume schema bazată pe CE și AO [22] și schema bazată pe CB generată aleatoriu. De asemenea, demonstrăm supraproperformanța tehnicilor propuse în ceea ce privește rata efectivă totală realizabilă, supraîncărcarea sistemului și complexitatea. În plus, superioritatea PI-CB propusă este dovedită cu RIS mai mare în cadrul canalelor care se schimbă rapid. În plus, este discutat numărul de candidați care au impactul RP asupra performanței sistemului, pe lângă efectul timpului de coerență a canalului. În consecință, putem oferi o perspectivă asupra numărului optim de cuvinte de cod candidați care urmează să fie alese în grupul de antrenament RP pentru a garanta echilibrul între performanța obținută și suprasarcina și complexitatea sistemului. Studiem robustețea schemelor PI-CB parțiale propuse față de eroarea de localizare.

5.3.1 Scenarii și parametrii de simulare

În rezultatele numerice, considerăm sisteme SU și MU MISO asistate de RIS.

5.3.2 Rezultate

5.3.2.1 Impactul diferitelor medii și al dimensiunii CB asupra abordării complete PI-CB propuse

Performanța propusă a schemei PI-CB este prezentată în Figura 5-7 și Figura 5-8 pentru 2 și 4 UEs, comparabilă cu schemele bazate pe CE&AO și cu schemele bazate pe CB aleatoare. Abordarea noastră PI-CB își dovedește superioritatea performanței față de schema bazată pe CB generată aleatoriu în toate cazurile și scenariile.

5.3.2.2 Impactul numărului de RP candidat asupra timpului de coerență a canalului asupra abordărilor PI-CB complete și parțiale propuse

În Figura 5-5, subliniem abordarea propusă bazată pe PI-CB parțial, comparabilă cu alte scheme, adică schemele bazate pe PI-CB complet, CB aleatoriu și CE&AO. În

abordarea PI-CB parțială, numărul selectat de RP-uri candidați din grupul de antrenament din întregul CB afectează performanța generală. Pe baza rezultatelor acestui studiu, putem argumenta că schema parțială PI-CB poate obține în continuare performanțe ridicate în ciuda reducerii realizate în supraîncărcarea sistemului datorită antrenării doar a unui grup de cuvinte de cod.

Figura 5-6(a) și (b) arată ratele efective realizabile atunci când se adaptează diferite scheme PBF pentru cazuri cu un singur utilizator și, respectiv, multiutilizator, având ca scop discutarea impactului canalului variabil în timp asupra schemelor noastre PI-CB. Mai mult, această parte demonstrează că performanța anterioară CE&AO nu este reală, deoarece presupune locuri de antrenament disponibile nelimitate.

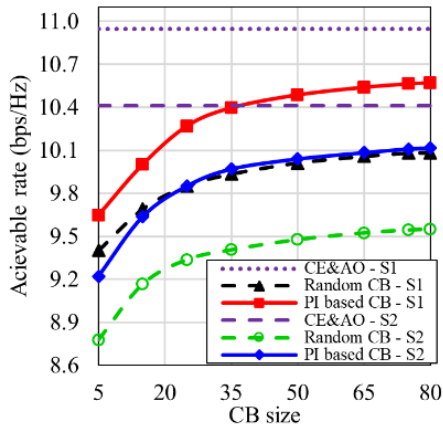


Figura 5-3 Rata realizabilă a tuturor schemelor în cazul MISO a 2 UE.

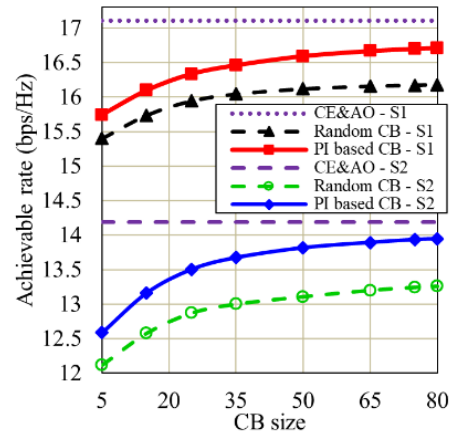
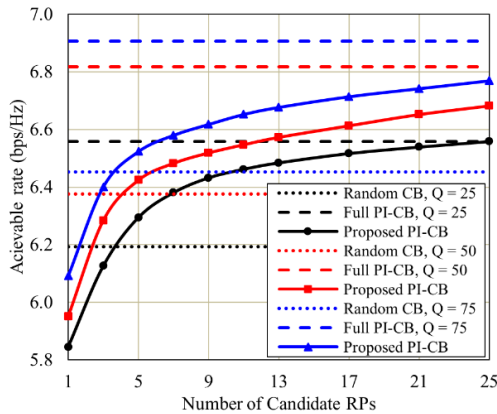
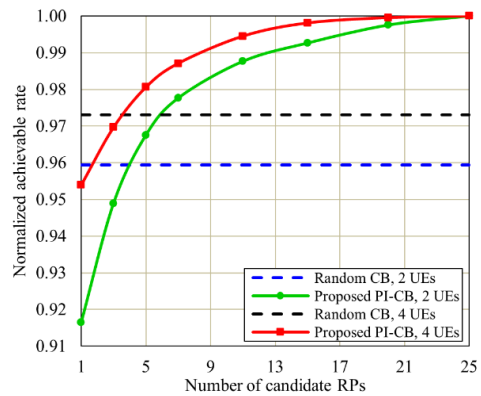


Figura 5-4 Rata realizabilă a tuturor schemelor în cazul MISO a 4 UE.



(a)



(b)

Figura 5-5 (a) rata realizabilă a abordărilor PI-CB în cazul SU presupunând diferite dimensiuni CB, (b) rata realizabilă normalizată a abordărilor PI-CB în cazul MU presupunând $Q = 25$, față de un număr diferit de RP candidat.

Pe baza Figura 5-5 și Figura 5-6, putem observa aceste perspective: în primul rând, adaptarea schemei parțiale PI-CB folosind $Q_c = 5$ și $Q = 25$ este cerințele minime pentru a obține performanțe mai bune decât abordările bazate pe CE&AO și CB aleatoriu. În al doilea rând, pentru o performanță mai robustă și mai mare în condiții de canal cu variație de timp lentă și medie, se recomandă utilizarea a 9 RPs candidate. Un

echilibru între performanța atinsă și complexitatea de calcul a selectării cuvintelor de cod candidate poate fi realizat prin alegerea unei dimensiuni inițiale aplicabile CB, unde această complexitate este $\mathcal{O}(Q(K^2(n^2 + 1) - 1) + Q \log Q)$, ceea ce înseamnă că crește liniar în funcție de dimensiunile CB. De asemenea, creșterea dimensiunii CB nu sporește în principal performanța, deoarece se saturează în general după $Q = 75$, cu toate acestea, această creștere a dimensiunii CB complică sistemul. Schema PI-CB parțială propusă poate garanta rate efective realizabile mai mari, deși sunt luate în considerare scenarii cu mai mulți utilizatori și condiții de canale în schimbare rapidă.

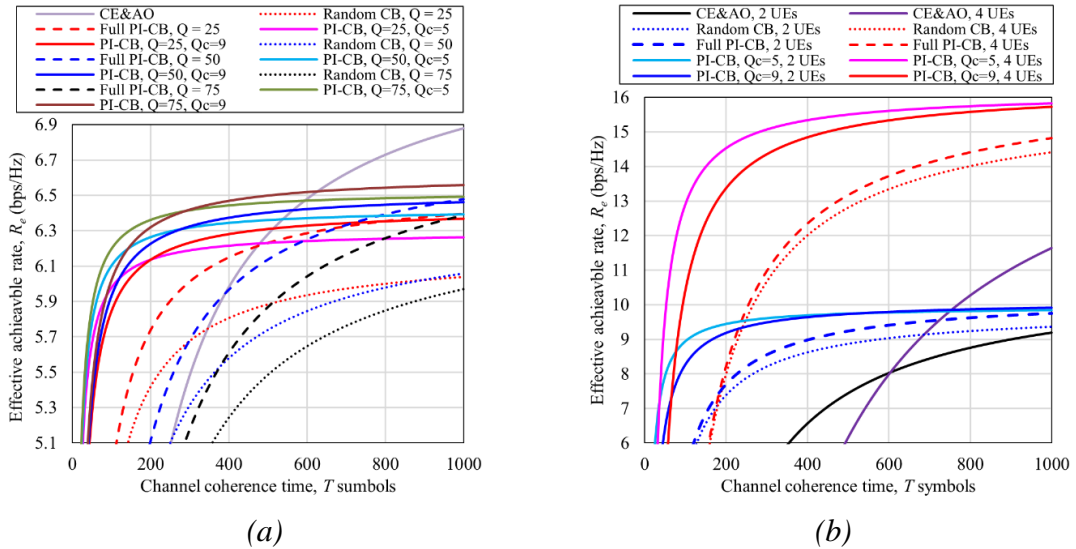


Figura 5-6 Rata efectivă realizabilă atunci când se utilizează PI-CB complet sau parțial în comparație cu CE&AO și scheme aleatorii bazate pe CB, atunci când Q_c este egală cu 5 și 9, (a) în scenariul SU presupunând diferite dimensiuni CB, (b) în scenariul MU presupunând $Q = 25$.

5.3.2.3 Efectul numărului de elemente RIS asupra performanței sistemului

Error! Reference source not found. și **Error! Reference source not found.** arată schemele propuse complete, parțiale PI-CB, CB aleatoare și CE&AO rate efective realizabile, R_e , față de numărul de elemente RIS în cazuri de 2 UE și 4 UE. Costul general al instruirii RP-urilor care vizează estimarea canalului este un factor vital care generează întârzierea și complexitatea sistemului; cu toate acestea, procesul de optimizare a modelului de reflexie are un impact semnificativ asupra complexității sistemului datorită procesului care necesită configurarea unui număr mare de elemente RIS. Dimpotrivă, cea mai bună complexitate a selecției RP a schemei PI-CB propusă, sau complexitatea altor abordări bazate pe CB, este $\mathcal{O}(QNK^3)$, adică este mult mai mică comparabilă cu complexitatea schemei bazate pe AO, de asemenea complexitatea schemei bazate pe CB este independentă de numărul de elemente RIS. Mai mult, adaptarea schemei parțiale PI-CB reduce această complexitate, deoarece o înlocuiește Q cu Q_c , cea mai mică. În consecință, Q și Q_c alegerea se va face cu atenție, luând în considerare timpul de coerență al canalului, pentru a echilibra rata efectivă realizabilă și complexitatea sistemului. Ordinea complexității computaționale a celei mai bune

selecții RP la adaptarea abordărilor PI-CB parțiale, PI-CB complete, CB aleatoare și CE&AO față de numărul de elemente RIS în cazurile SU și MU.

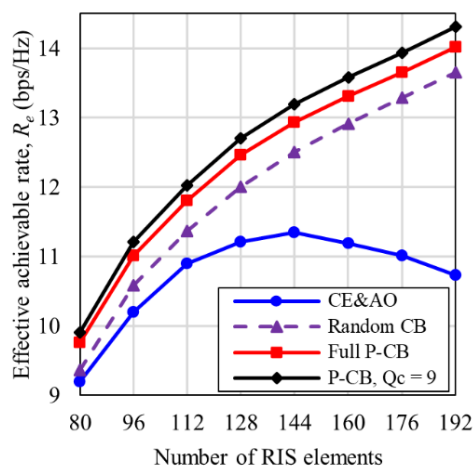


Figura 5-7 Rata efectivă realizabilă a schemelor PI-CB comparabilă cu ratele CE&AO și ale schemelor bazate pe CB aleatoriu în cazul 2 UE.

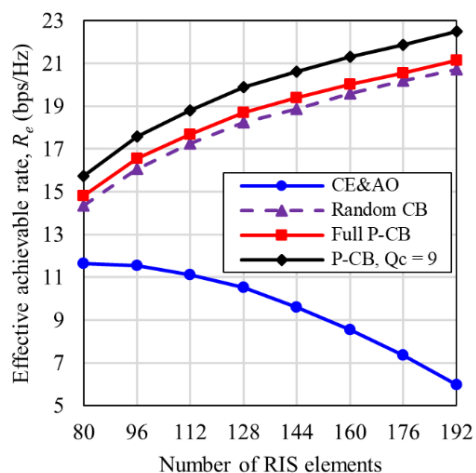


Figura 5-8 Rata efectivă realizabilă a schemelor PI-CB comparabilă cu ratele CE&AO și ale schemelor bazate pe CB aleatoriu în cazul 4 UE.

5.3.2.4 Impactul preciziei de localizare asupra abordării PI-CB parțiale propuse

Eroarea de poziționare afectează ușor rata realizabilă, mai ales când grupul de RP de antrenament conține un număr mai mare de cuvinte de cod candidate. Aceste rezultate pot demonstra că numărul optim de selecție de cuvinte de cod candidate poate păstra performanța schemei parțiale PI-CB chiar dacă informațiile de poziționare furnizate au o eroare mare și putem observa că acest număr optim este de 9 RP-uri candidate în abordarea noastră parțială PI-CB. În plus, prin adoptarea schemei propuse cu 9 PR aleși, se poate obține o performanță mai bună.

5.4 rezumat

Acest capitol a discutat în principal următoarele puncte:

- Am propus o abordare PI-CB conștientă de mediu pentru formarea pasivă a fasciculului RIS pentru a depăși performanța scăzută și supraîncălzire ridicată.
- În al doilea rând, pentru îmbunătățirea suplimentară, propunem o schemă PI-CB parțială bazată pe utilizarea UE-urilor stocate PI.
- Luăm în considerare diferite medii și condiții ale canalelor dinamice pentru a demonstra capacitatea de a obține performanțe ridicate folosind schemele propuse.
- Mai mult, am studiat impactul numărului de RP candidat asupra performanței abordării parțiale PI-CB. Mai mult, discutăm efectul mărimii RIS și al erorii de poziționare asupra performanței totale și parțiale a schemelor bazate pe PI-CB.

Capitolul 6

Concluzii, publicații și sugestii de cercetare viitoare

În această teză, ne-am concentrat pe trei direcții pentru a contribui la viitoarele rețele 5G și dincolo de acestea.

6.1 Concluzii și contribuții principale ale tezei

Pentru prima direcție, propunem o nouă schemă de programare care să fie adaptată în rețeaua 5G, cu scopul de a oferi QoS ridicat pentru UE-urile din aplicațiile eMBB. Pentru a doua direcție, ne preocupăm proiectarea rețelelor 5G și nu numai, având în vedere existența fenomenelor de blocaj, unde ne propunem să îndeplinim cerințele viitoare de fiabilitate a legăturilor și latență end-to-end. În a treia parte a tezei, sugerăm două scheme PI-CB-uri pentru formarea pasivă a fasciculului RIS pentru a depăși limitările existente în metodele anterioare bazate pe CB.

6.2 Prezentare generală a contribuțiilor suplimentare de cercetare

Pe parcursul etapei de doctorat au fost realizate și prezentate mai multe lucrări ca lucrări publicate, însă acestea nu sunt incluse în capitolele acestei teze, având ca scop păstrarea coerenței și strângerii tezei. Aceste lucrări oferă câteva perspective și contribuții la societatea comunicării și sunt:

- corectitudine proporțională bazată pe cerere pentru serviciile 5G eMBB
- Un studiu asupra efectelor blocajului uman asupra performanței sistemelor de comunicație mmWave
- Efectul de blocaj uman pe performanței sistemului de comunicații sub-THz a ajutat RIS
- Impactul blocajilor umani asupra rețelelor D2D asistate de ARIS
- Plasarea optimă a două RIS în rețeaua interioară dincolo de 5G
- Plasarea optimă a RIS în sistemul fără fir asistat de Multi RIS

Concluzii, publicații și sugestii de cercetare viitoare

- Asociația RIS-UE bazată pe rețele neuronale
- O soluție de carte de coduri bazată pe Direcțiile RX pentru formarea fasciculului pasiv RIS
- CB bazat pe amprentă pentru formarea RIS PBF

6.3 Lista publicațiilor

6.3.1 Reviste Lucrări

- 1) **AM Nor** , O. Fratu și S. Halunga, „The Mobile Blockers Impact on RISs Assisted mmWave/THz Communication Systems”, în *IEEE Open Journal of the Communications Society* , vol. 5, p. 3151-3169, 2024, doi: 10.1109/OJCOMS.2024.3398505. (Q 1, IF: 7,9)
- 2) **AM Nor** , O. Fratu și S. Halunga, „Positioning Information-Based Codebook for Reconfigurable Intelligent Surface Passive Beamforming”, în *IEEE Open Journal of the Communications Society* , vol. 4, p. 3115-3130, 2023, doi: 10.1109/OJCOMS.2023.3334474. (Q 1, IF: 7,9)
WOS:001162986000002
- 3) S. Hussein, OA Omar, **AM Nor** , O. Fratu, S. Halunga și AS Mubarak, „Reconfigurable Intelligent Surfaces-assisted Enhanced Spatial Modulation for Future wireless networks”, în *IEEE Access* , doi: 10.1109/ACCESS.2023.3339644
WOS:001127145600001. (Q 1, IF: 3,9)
- 4) **Nici, AM** .; Fratu, O.; Halunga, S. Fingerprint Based Codebook for RIS Passive Beamforming Training. *Aplic. Sci.* 2023, 13, 6809. doi: 10.3390/app13116809 . (Î2, DACĂ: 2,7)
WOS:001005655400001
- 5) **AM Nor** , Octavian Fratu și Simona Halunga. 2022. „Programarea resurselor radio bazate pe calitatea serviciului pentru cazul de utilizare 5G eMBB” *Symmetry* 14, nr. 10: 2193, doi: 10.3390/sym14102193 . (Q 2, IF: 2,7)
WOS:000873685500001
- 6) **AM Nor** , Simona Halunga, Octavian Fratu, „Survey on positioning information assisted mmWave beamforming training” in *Ad Hoc Networks* , Vol. 135, 2022, 102947, doi: 10.1016/j.adhoc.2022.102947 . (Q 1, IF: 4,8)
WOS:000842936100001
- 7) **AM Nor** , Simona Halunga, Octavian Fratu, „Neural Network Based IRSs-UEs Association and IRSs Optimal Placement in Multi IRSs Aided Wireless System”, *Senzori*, 2022, nr. 14: 5216, doi: 10.3390/s22145216 . (Q 2, IF: 3,9)
WOS:000833162500001

6.3.2 Lucrări de conferințe

- 1) **AM Nor** , O. Fratu și S. Halunga, „The Human Blockage Impact on ARIS Assisted D2D Communication Systems”, 2023 A 12-a Conferință Internațională

- pentru Tehnologii de Sisteme și Circuite Moderne (MOCASST), Atena, Grecia, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCASST57943.2023.10176475.
INSPEC:23454101
- 2) **AM Nor**, SS Sefati, O. Fratu și S. Halunga, „RXs Directions based Codebook Solution for Passive RIS Beamforming”, 2023 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom), Istanbul, Turkiye, 2023, pp. 330- 335, doi: 10.1109/BlackSeaCom58138.2023.10299786 .
INSPEC:24124380
 - 3) **AM Nor**, O. Fratu și S. Halunga, „The Effect of Human Blockage on The Performance of RIS aided Sub-THz Communication System”, 2022 a 14-a Conferință Internațională privind Inteligența Computațională și Rețelele de Comunicare (CICN), Al-Khobar, Arabia Saudită , 2022, p. 622-625, doi: 10.1109/CICN56167.2022.10008332.
INSPEC:22513833
 - 4) **AM Nor** et al., „Demand based Proportional Fairness Scheduling for 5G eMBB Services”, 2022 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom), 2022, pp. 263-268, doi: 10.1109/BlackSeaCom54372.208232.18.
WOS:000865848800046
 - 5) **AM Nor**, „Joint Proportional Fairness Scheduling Using Iterative Search for MmWave Concurrent Transmission”, 2022 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom), 2022, pp. 257-262, doi: 10.1109/BlackSeaCom54372.208223.
WOS:000865848800045
 - 6) **Nici, AM**, Fratu, O., Halunga, S. (2022). Amplasarea optimă a două IRS-uri în rețeaua interioară dincolo de 5G. În: Factori de acces viitor pentru infrastructuri omniprezente și inteligente. FABULOUS 2022. Note de curs ale Institutului de Informatică, Informatică Socială și Ingineria Telecomunicațiilor, vol. 445. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15101-9_3
INSPEC:22208247
 - 8) SS Sefati, O. Fratu, **AM Nor** și S. Halunga, „Enhancing Internet of Things Security and Efficiency: Anomaly Detection via Proof of Stake Blockchain Techniques”, 2024 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC), Osaka, Japonia , 2024, p. 591-595, doi: 10.1109/ICAIIIC60209.2024.10463516.
INSPEC:24872688
 - 9) SS Sefati, **AM Nor**, S. Halunga și O. Fratu, „A Novel Routing Protocol based on Prediction of Energy Consumption and Link Stability in Mobile Internet of Thing (MIoT),” 2022 25th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC) , Herning, Danemarca, 2022, p. 12-16, doi: 10.1109/WPMC55625.2022.10014984.
WOS:000947852500005
 - 10) O. Fratu, **AM Nor**, S. Halunga și ZD Zaharis, „Propagarea RF și interferențe, provocări pentru UAVs Swarm Detection and Positioning”, 2022 25th

International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC) , Herning, Danemarca, 2022, pp. 501 -504, doi: 10.1109/WPMC55625.2022.10014750.
WOS:000947852500081

6.4 Posibile extinderi viitoare

Prin investigațiile noastre din această teză și din celelalte lucrări de cercetare legate de 5G și dincolo de subiectul îmbunătățirii rețelei, ne-au venit în minte multe idei. Cu toate acestea, din cauza timpului, nu am putut studia sau aplica aceste îmbunătățiri. Mai mult, unele gânduri sunt în afara cunoștințelor și experienței mele ca doctorand. În cele ce urmează, voi încerca să ofer o scurtă discuție despre cum pot fi adăugate unele îmbunătățiri pentru a îmbunătăți metodele și algoritmi pe care i-am sugerat în lucrările noastre.

Referitor la subiectul managementului resurselor radio:

- Sistemul MIMO va fi luat în considerare în locul MISO pentru a crește performanța rețelei în ceea ce privește debitul.
- Mai mult, adaptarea sistemelor MIMO va deschide direcția pentru cercetări ulterioare, deoarece gruparea și programarea UE-urilor ar trebui să fie realizate și optimizate în comun pentru a maximiza performanța globală a rețelei.
- Mai mult, informațiile de context disponibile, de exemplu, pozițiile UE-urilor, ratele de date, fiabilitatea legăturilor și latența, ar trebui să fie luate în considerare atunci când se realizează gruparea și programarea UE-urilor.

Pentru subiectul impactului fenomenelor de blocare asupra 5G și dincolo de performanța rețelei, vă sugerăm următoarele extensii:

- În primul rând, studierea impactului blocajului asupra rețelelor mai generalizate, unde pot exista RIS, BS, UE zburătoare.
- Mai mult, performanța sistemului rețelelor asistate de RIS hibride și stivuite poate fi investigată ținând cont de apariția blocajului.
- În plus, algoritmi de așteptare a blocării legăturii vor fi dezvoltați în rețelele asistate de RIS pentru a putea elimina impactul blocării asupra conexiunii RIS-UE. În ceea ce privește așteptările de blocare între BS și UE în rețelele mmWave, unele lucrări anterioare [33], [34], [35] au obținut rezultate bune.

În ceea ce privește provocarea pasivă de formare a fasciculului:

- vă sugerăm să proiectați CB-uri mai dinamice.
- În plus, CI actualizat poate juca un rol în actualizarea grupului de RP-uri antrenate, atunci când semnalele primite la UE-uri sunt reduse din cauza mobilității UE-urilor.
- Mai mult, pot fi sugerate noi tehnici pentru etapa de învățare în schemele PBF bazate pe CB.

Bibliografie

- [1] A. Mamane, M. Fattah, M. el Ghazi, M. el Bekkali, Y. Balboul și S. Mazer, „Scheduling Algorithms for 5G Networks and Beyond: Classification and Survey”, *IEEE Access*, vol. 10, p. 51643–51661, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3174579.
- [2] A. Mamane, M. Fattah, M. el Ghazi și M. el Bekkali, „5G Enhanced Mobile Broadband (eMBB): Evaluation of Scheduling Algorithms Performances for Time-Division Duplex Mode”, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 16, nr. 1, 2022, doi: 10.3991/IJIM.V16I01.25941.
- [3] J. Ma, A. Aijaz și M. Beach, „Recent Results on Proportional Fair Scheduling for mmWave-based Industrial Wireless Networks”, în *IEEE Vehicular Technology Conference*, 2020. doi: 10.1109/VTC2020-Fall49728.2020.934875.
- [4] AM Nor, H. Esmail și OA Omer, „Performance evaluation of proportional fairness scheduling in MmWave Network”, în *2019 International Conference on Computer and Information Sciences, ICCIS 2019*, 2019. doi: 10.1109/ICCISci.2019.1.871
- [5] T. Bai, R. Vaze și RW Heath, „Using random shape theory to model blockage in random cellular networks”, în *2012 International Conference on Signal Processing and Communications (SPCOM)*, IEEE, iulie 2012, pp. 1–5. doi: 10.1109/SPCOM.2012.6290250.
- [6] T. Bai, R. Vaze și RW Heath, „Analysis of Blockage Effects on Urban Cellular Networks”, *IEEE Trans Wirel Commun*, voi. 13, nr. 9, p. 5070–5083, sept. 2014, doi: 10.1109/TWC.2014.2331971.
- [7] V. Raghavan și colab., „Modelarea blocajelor statistice și robustețea formării fasciculului în sistemele cu unde milimetrice”, *IEEE Trans Microw Theory Tech*, voi. 67, nr. 7, p. 3010–3024, iul. 2019, doi: 10.1109/TMTT.2019.2899846.
- [8] M. Gapeyenko și colab., „Analysis of human-body blockage in urban millimeter-wave cellular communications”, în *2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, IEEE, mai 2016. doi: 10.1109/ICC.2016.7511572.
- [9] Y. Wang, K. Venugopal, AF Molisch și RW Heath, „Blockage and Coverage Analysis with MmWave Cross Street BSs Near Urban Intersections”, în *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, IEEE, mai 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICC.2017.7996974.
- [10] GR MacCartney, TS Rappaport și S. Rangan, „Rapid Fading Due to Human Blockage in Pedestrian Crowds at 5G Millimeter-Wave Frequencies”, în *GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference*, IEEE, decembrie 2017, pp. 1–7. doi: 10.1109/GLOCOM.2017.8254900.
- [11] B. Han, L. Wang și HD Schotten, „A 3D human body blockage model for outdoor millimeter-wave cellular communication”, *Physical Communication*, voi. 25, p. 502–510, dec. 2017, doi: 10.1016/j.phycom.2017.10.008.
- [12] M. Gapeyenko și colab., „Despre efectele temporale ale blocantelor mobile în scenariile celulare cu unde milimetrice urbane”, *IEEE Trans Veh Technol*, voi. 66, nr. 11, p. 10124–10138, nov. 2017, doi: 10.1109/TVT.2017.2754543.
- [13] IK Jain, R. Kumar și S. Panwar, „Driven by Capacity or Blockage? A Millimeter Wave Blockage Analysis”, în *2018 30th International Teletraffic Congress (ITC 30)*, IEEE, septembrie 2018, pp. 153–159. doi: 10.1109/ITC30.2018.00032.
- [14] IK Jain, R. Kumar și SS Panwar, „The Impact of Mobile Blockers on Millimeter Wave Cellular Systems”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, voi. 37, nr. 4, 2019, doi: 10.1109/JSAC.2019.2898756.
- [15] S. Gong și colab., „Toward Smart Wireless Communications via Intelligent Reflecting Surfaces: A Contemporary Survey”, *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 22, nr. 4, 2020, doi: 10.1109/COMST.2020.3004197.
- [16] Q. Wu, S. Zhang, B. Zheng, C. You și R. Zhang, „Intelligent Reflecting Surface-Aided Wireless Communications: A Tutorial”, *IEEE Transactions on Communications*, vol. 69, nr. 5, 2021, doi: 10.1109/TCOMM.2021.3051897.
- [17] AM Nor, S. Halunga și O. Fratu, „Neural Network Based IRSs-UEs Association and IRSs Optimal Placement in Multi IRSs Aided Wireless System”, *Senzori*, voi. 22, nr. 14, p. 5216, iul. 2022, doi: 10.3390/s22145216.

Bibliografie

- [18] S. Zhang și R. Zhang, „Capacity Characterization for Intelligent Reflecting Surface Assisted MIMO Communication”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* , vol. 38, nr. 8, 2020, doi: 10.1109/JSAC.2020.3000814.
- [19] Z. Wang, L. Liu și S. Cui, „Channel Estimation for Intelligent Reflecting Surface Assisted Multiuser Communications: Framework, Algorithms, and Analysis”, *IEEE Trans Wirel Commun* , vol. 19, nr. 10, 2020, doi: 10.1109/TWC.2020.3004330.
- [20] MM Zhao, Q. Wu, MJ Zhao și R. Zhang, „Intelligent Reflecting Surface Enhanced Wireless Networks: Two-Timescale Beamforming Optimization”, *IEEE Trans Wirel Commun* , vol. 20, nr. 1, 2021, doi: 10.1109/TWC.2020.3022297.
- [21] A. Abrardo, D. Dardari și M. Di Renzo, „Intelligent Reflecting Surfaces: Sum-Rate Optimization Based on Statistical Position Information”, *IEEE Transactions on Communications* , vol. 69, nr. 10, 2021, doi: 10.1109/TCOMM.2021.3096549.
- [22] W. Yan, X. Yuan, ZQ He și X. Kuai, „Passive Beamforming and Information Transfer Design for Reconfigurable Intelligent Surfaces Aided Multiuser MIMO Systems”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* , vol. 38, nr. 8, 2020, doi: 10.1109/JSAC.2020.3000811.
- [23] W. Yan, X. Yuan și X. Kuai, „Passive Beamforming and Information Transfer via Large Intelligent Surface”, *IEEE Wireless Communications Letters* , vol. 9, nr. 4, 2020, doi: 10.1109/LWC.2019.2961670.
- [24] Q. Wu și R. Zhang, „Intelligent Reflecting Surface Enhanced Wireless Network via Joint Active and Passive Beamforming”, în *IEEE Transactions on Wireless Communications* , 2019. doi: 10.1109/TWC.2019.2936025.
- [25] J. An și colab. , „Codebook-Based Solutions for Reconfigurable Intelligent Surfaces and Their Open Challenges”, noiembrie 2022.
- [26] J. An, C. Xu, L. Gan și L. Hanzo, „Low-Complexity Channel Estimation and Passive Beamforming for RIS-Assisted MIMO Systems Relying on Discrete Phase Shifts”, *IEEE Transactions on Communications* , 2021, doi : 10.1109/TCOMM.2021.3127924.
- [27] J. An, C. Xu, L. Wang, Y. Liu, L. Gan și L. Hanzo, „Joint Training of the Superposed Direct and Reflected Links in Reconfigurable Intelligent Surface Assisted Multiuser Communications,” *IEEE Transactions on Green Communications and Networking* , vol. 6, nr. 2, p. 739–754, iunie 2022, doi: 10.1109/TGCN.2022.3143226.
- [28] Y. Zhang, B. Di, H. Zhang, M. Dong, L. Yang și L. Song, „Dual Codebook Design for Intelligent Omni-Surface Aided Communications”, *IEEE Trans Wirel Commun* , vol. 21, nr. 11, p. 9232–9245, noiembrie 2022, doi: 10.1109/TWC.2022.3174849.
- [29] A. Garcia, *Probabilitate, statistică și procese aleatorii pentru inginerie electrică* . 2008.
- [30] F. Olver, „Exponential Integral”, în *Asymptotics and Special Functions* , 2020. doi: 10.1201/9781439864548-173.
- [31] W. Attaoui, K. Bouraqia și E. Sabir, „Initial Access Beam Alignment for mmWave and Terahertz Communications”, *IEEE Access* , vol. 10, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3161951.
- [32] AM Nor, S. Halunga și O. Fratu, „Survey on positioning information assisted mmWave beamforming training”, *Ad Hoc Networks* , vol. 135, p. 102947, oct. 2022, doi: 10.1016/j.adhoc.2022.102947.
- [33] S. Wu, M. Alrabeiah, C. Chakrabarti și A. Alkhateeb, „Blockage Prediction Using Wireless Signatures: Deep Learning Enables Real-World Demonstration”, *IEEE Open Journal of the Communications Society* , vol. 3, 2022, doi: 10.1109/OJCOMS.2022.3162591.
- [34] S. Moon, H. Kim, YH You, CH Kim și I. Hwang, „Online learning-based beam and blockage prediction for indoor millimeter-wave communications”, *ICT Express* , vol. 8, nr. 1, 2022, doi: 10.1016/j.icte.2022.01.013.
- [35] M. Alrabeiah și A. Alkhateeb, „Deep Learning for mmWave Beam and Blockage Prediction Using Sub-6 GHz Channels”, *IEEE Transactions on Communications* , vol. 68, nr. 9, 2020, doi: 10.1109/TCOMM.2020.3003670.