

Мэдээлэл, харилцаа холбооны технологи

Гүйцэтгэлийн үзүүлэлтэд суурилан параметруудийг өөрчилдөг Нөхцөлт Хэндовр

О.Шинэбаяр¹, Т.Тэлмүүн¹, Д.Нанзадрагчаа², Х.Золзаяа¹, Д.Баттулга^{1,*}

¹ МУИС, ХШУИС, ЭХИТ

² МУИС, ХШУИС, МКУТ

Хүлээн авсан 2023.05.12; Хянагдсан 2023.05.12; Зөвшөөрөгдсөн 2023.06.08

*Холбоо баригч зохиогч: battulga.davaasambu@seas.num.edu.mn

Хураангуй

Нөхцөлт Хэндовр (НХ) нь 5G сүлжээнд зориулан хөгжүүлсэн хэндовр механизм юм. Энэхүү механизм нь уламжлалт хэндоврийн бэлтгэх болон гүйцэтгэх шатуудыг салгах, бай үүрийн жагсаалт бий болгох замаар хэрэглэгчийн шилжин орох боломжтой үүрүүдийн тоог олон байлгаж Radio Link Failure (RLF), Handover Ping-Pong (HPP) болон бэлтгэх шатанд гарах алдааг багасгах давуу талтай юм. Харин хяналтын мессежний тоо ихсэх, олон бай үүрээс сонголт хийх асуудал зэрэг сул талуудтай. Энэхүү судалгааны ажлаараа бид Handover Performance Indicator (HPI)-д суурилсан нөхцөлт хэндоврийн механизм танилцуулна. Энэхүү механизм нь хэндоврийн гүйцэтгэл, алдааг бууруулах зорилгоор хэндоврийн гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэхэд хэрэглэдэг параметруудийн утгыг автоматаар тохируулах юм. Бидний санал болгож буй механизмаа 3GPP-ийн стандарт хувилбартай харьцуулахад Хэндоврийн алдааны харьцаа 2.5 хувиар багассан, Ping-Pong хэндоврийн харьцаа 2 хувиар буурсан, RLF-ын харьцаа 3 хувиар буурсан үр дүнт гарсан. Мөн сүлжээний хувьд HPI тогтворжсон сайн талтай байсан.

Түлхүүр үг: гүйцэтгэл, нөхцөлт хэндовр, 5G сүлжээ, параметр оновчлох

1 Удиртгал

5G сүлжээний давуу талууд болон дагалдах олон технологийн нөлөөгөөр мобайл сүлжээний хөгжилтэй хурд нэмэгдэж байна. Энэхүү үүрэн сүлжээний тавдугаар үеийн гол хөгжүүлэгч 3GPP¹ нь идэвхитэй төлөвт байгаа хэрэглэгчийг үүр хооронд үйлчилгээний саатал, хоцрогдол багатайгаар шилжүүлэх гол функц болох хэндовр удирдлагад шинэ механизм болох Нөхцөлт Хэндовр (НХ) -ийг стандартад оруулсан. НХ нь зөвхөн нэгэн төрлийн сүлжээндэх дан холболттой хэрэглэгчийн үүр хооронд шилжих үеийн үйлчилгээний чанарыг сайжруулах, найдвартай байдлыг хангах зорилготой боловч бүх төрлийн сүлжээ (NR², LTE³, HetNets⁴, UDN⁵), давхар холболтонд ашиглагдах боломжын талаар судлаачид санаа, шийдэл гарч туршигдсаар байна [1–5].

Мобайл сүлжээнд хэндовр механизм бэлтгэх, гүйцэтгэх, дуусгах гэсэн 3 шаттай явагддаг. Бэлтгэх шат ерөнхийдөө бүхий л төрлийн хэндоврт ижил байна. Энэ нь 1) хэрэглэгчийн холбогдсон байгаа үүр болох үйлчлэгч үүрнээс команд өгөх, 2) ирсэн командын дагуу хэрэглэгчийн төхөөрөмж ра-

дио хэмжилт хийж хариу илгээх, 3) үйлчлэгч үүр хэмжилтийн үр дүнд үндэслэн бай үүр буюу шилжин орох боломжтой үүрийг тодорхойлох, 4) гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэх триггерийг ажиллуулах гэсэн дарааллаар явна.

Бэлтгэх шатанд зөвхөн нэг бай үүр тодорхойлноос үүдэн гарах алдааг багасгах үндсэн зорилгоор НХ-ийг тодорхойлохдоо дараах өөрчлөлтүүдийг хийсэн. Үүнд: 1) хэндоврийн 3 шатуудыг салгаж бие даан ажилладаг болгох, 2) тусгай нөхцөлүүдийг хангасан үүрнээс бүрдэх Бай Үүрний Жагсаалт (БҮЖ) гаргах, 3) жагсаалт дахь үүрнүүдтэй хэрэглэгчийг нэвтрэн ороход шаардлагатай тохиргоонуудыг хийж радио нөөцийг бэлтгэх юм [6–8]. Тусгай нөхцөлүүдэд БҮЖ-д нэмэх болон жагсаалтаас хасах, гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэх гэсэн 3 нөхцөл багтана [9].

Үйлчлэгч үүрийн радио дохио заасан түвшнээс буурсан үед үүрнээс команд ирсэн үеэс хэрэглэгч тодорхой давтамжтайгаар хэмжилт хийж хариу илгээдэг. Үйлчлэгч үүр жагсаалтанд нэмэх нөхцөл хангасан үүрүүдтэй радио нөөцийн тохиргоо хийж БҮЖ-д нэмдэг. Харин жагсаалтаас хасах нөхцөл хангасан үүрүүдийг БҮЖ-аас хасаж, тохиргоог устгах, радио нөөцийг чөлөөлөх үйлдлийг гүйцэтгэнэ. НХ-ийн үед гүйцэтгэх нөхцөл биелбэл БҮЖ-ын хамгийн сайн үүртэй хэрэглэгчийг гүйцэтгэх шатыг эхлүүлнэ. Энэ шат амжилттай дуусахад хэндоврийг

¹The 3rd Generation Partnership Project (3GPP)

²New Radio

³Long Term Evolution

⁴Heterogeneous networks

⁵Ultra-Dense Networks

дуусгах шат эхлэнэ. Ингэснээр шилжин орсон үүрийг үйлчлэгч үүр гэж үзэн хуучин үүр болон БҮЖ дахь бусад үүрүүдийн радио нөөцийг суллаж хэндоврийг дуусгана.

Тэгвэл 3GPP стандартад багтсан НХ-ийн сул талууд нь а) хяналтын мессеж буюу командын тоо эрс өссөн, б) БҮЖ дахь үүрүүдийг эрэмблэх асуудал үүссэн, в) гүйцэтгэх шат эхлүүлэхэд бай үүрийг сонгох үр ашигтай аргачлал хэрэгтэй, г) БҮЖ-д нэмэх, хасах нөхцлүүдийн параметруудийн утгыг оновчлох, д) гүйцэтгэх нөхцлийг оновчлох буюу хэндоврийг зөв цагт эхлүүлэх юм.

Бид энэхүү өгүүлээрээ дээр дурьдсан сул талуудаас гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэх нөхцөлийн параметруудийн утгыг тохируулах асуудлыг шийдэх зорилгоор сүлжээний гүйцэтгэлтэй уялдан автоматаар өөрчлөгддөг параметр бүхий НХ-ийн шинэчлэсэн механизмыг танилцуулах болно. Мөн НРІ-ийг тооцоолох болон параметруудийг өөрчлөх сүлжээний функцийг үйлчлэгч үүр дээр ажиллуулах юм. Энэхүү механизм нь өмнө LTE хэндоврт зориулан сүлжээний орчинтой уялдан өөрчлөгддөг параметрууд бүхий автоматжуулсан механизм [10,11]-ыг НХ-т зориулан өөрчилсөн хувилбар юм. Өмнөх ажлуудаас ялгаатай тал нь НХ-ийн онцлогт тохируулан зөвхөн гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэх нөхцөл дэх үйлчлэгч үүр болон бай үүрүүдийн радио дохионы чадлын зөрөөг илэрхийлэх параметр болох *hysteresis*, триггериинг заах Time-To-Trigger (*TTT*)-ийн утгыг өөрчилнө.

Энэхүү өгүүлэл нь дараах хэсгүүдээс бүрдсэн. Хоёрдугаар бүлэгт бидний санал болгосон механизмтай холбоотой судалгааны ажлуудыг дүгнэн танилцуулсан. Гуравдугаар бүлэгт санал болгож буй механизмаа танилцуулна. Дөрөвдүгээр бүлэгт туршилтын орчны талаар болон үр дүнг нэгтгэсэн бол тавдугаар бүлэгт энэхүү судалгааны ажлаа дүгнэх болно.

2 Нөхцөлт хэндоврийн тухай

Энэ бүлэгт НХ-ийн талаарх ойлголт болон түүний олон тооны бай үүрнүүдийн онцлогыг тайлбарлах болно. НХ нь стандартад тодорхойлсноор дараах 3 төрлийн нөхцлийг ашиглана [6, 12, 13].

- Хэрэв дурын бай үүрийн радио дохио нь Томъёо 1 нөхцлийн хангавал түүнийг БҮЖ-т нэмж, хэрэглэгчийн төхөөрөмж тогтмол хянана. Мөн үйлчлэгч үүр нь тухайн бай үүртэй хэндоврийг гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэхэд шаадлагатай тохиргоонуудыг хяналтын мессежүүдээр солилцоно.

$$RSRP_{TC} > RSRP_{SC} + o_{add} \quad (1)$$

- Хэрэглэгчийн төхөөрөмж бай үүрийн радио дохионд тогтмол хяналт тавина. Хэрэв аль нэг

бай үүрийн радио дохионы чадал Томъёо 2 нөхцлийг хангавал БҮЖ-аас хасаж цаашид хянахаа зогсооно.

$$RSRP_{TC} < RSRP_{SC} - o_{remove} \quad (2)$$

- Хэрэглэгчийн төхөөрөмж Томъёо 3 нөхцлийн хамгийн түрүүлж биелүүлсэн бай үүртэй хэндоврийн гүйцэтгэх шатыг эхлүүлнэ.

$$RSRP_{TC} > RSRP_{SC} + o_{exec} \quad (3)$$

Томъёо 1, 2, 3 дахь o_{add} , o_{remove} болон o_{exec} гэсэн хоёр үүрийн радио дохионы зөрүүг илэрхийлнэ. Уг параметруудийг сүлжээний администратор гараар тохируулах зохицуулалттай байгаа нь нэг сул тал бий болгож байна гэж бид үзсэн. НХ-ийг хувьд o_{exec} нь *hysteresis*-ийн үүргийг гүйцэтгэнэ. Өөрөөр хэлбэл o_{exec} -ийн утгаас хамаарч гүйцэтгэх шатыг эхлүүлэх триггер ажиллана. НХ-ийн үед БҮЖ дахь бүх үүрийг хэрэглэгч хянадаг. Бай үүрийн *TTT* дуусахад гүйцэтгэх нөхцөлийг хангаж байвал гүйцэтгэх шатыг эхлүүлнэ. Эсвэл үйлчлэгч үүрээс гарах нөхцөл бүрдсэн үед бай үүрнүүдээс хамгийн сайныг сонгож гүйцэтгэх шатыг эхлүүлнэ. Уламжлалт хэндовроос НХ-ийн ялгарах гол онцлог нь энэхүү олон үүрээс гүйцэтгэх шат эхлэх үедээ сонгох явдал юм.

Харин ялгаатай тал нь уламжлалт хэндоврт *hysteresis* бүхий нөхцөлийг хангасан нэг бай үүрийн радио дохиог хэрэглэгч триггер *TTT*-т заасан хугацааны турш хянах ба хугацаа дуусахад нөхцөл хэвээр хадгалагдаж байвал тухайн бай үүррүү гүйцэтгэх шатыг эхлүүлдэг юм. Уламжлалт хэндоврийн үед бай үүрийг хянаж байхад дохионы чанар заасан түвшингээс буувал дахин хэмжилт хийж өөр бай үүр сонгох буюу хэндоврийн процедурыг дахин эхлүүлэх шаардлага үүсдэг. Энэ нь гүйцэтгэх шатыг оройтож эхлүүлэх, улмаар хэндовр гүйцэтгэж дуусаагүй байхад хэрэглэгч үйлчлэгч үүрээс гарах зэрэг эрсдэлүүдийг дагуулна.

3 Гүйцэтгэлд суурилсан нөхцөлт хэндовр

Үүрэн сүлжээний хэрэглэгч идэвхтэй төлөвт үүр хооронд шилжилт хийх буюу хэндоврийг алдаагүй гүйцэтгэх нь маш чухал юм. Хэрвээ хэндоврийн үед алдаа гарвал хэрэглэгчийн ашиглаж буй үйлчилгээний чанар буурах, цаашлаад холболт тасрах зэрэг үйлчилгээний гүйцэтгэлд нөлөөлөхүйц алдаанууд гарна. Иймд бид НРІ-ийг хянах, гарч байгаа алдааг багасгах зорилгоор үйлчлэгч үүр эсвэл сүлжээний цөмд сүлжээний функц байрлуулж хэндоврийн параметруудийг автоматаар өөрчлөгддөг болгоно.

НРІ-д босго тогтоож өгөх бөгөөд тооцоолсон утга их гарвал тухайн алдаатай холбоотой параметрийн утгыг өөрчлөнө. Жишээ нь *RLF* их байвал

hysteresis-ийн утгыг нэг нэгж бууруулах, *HPP* их байвал *TTT* нэг нэгж ихэсгэнэ. Дараах дэд бүлгүүдэд бид *HPI*-ийн үзүүлэлтүүд, *HPI*-ийг хэрхэн тооцоолох тухай, *HPI*-тэй хамааралтайгаар хэндоврийн параметруудийг хэрхэн өөрчлөх талаар танилцуулах болно.

3.1 *HPI*-ийн Үзүүлэлтүүд

Бидний өмнөх [14] судалгаанд суурилан дараах байдлаар *HPI*-ийн үзүүлэлтүүдийг хэндоврийн алдаануудаас хамааруулан тодорхойлсон. Үүнд:

1. Handover Failure(*HOF*) гэдэг нь хэрэглэгч бай үүррүү холбогдох үед хэндоврийн хяналтын хэсэгтэй холбоотой гарсан алдаа юм. Энэхүү алдаа нь хэрэглэгч үйлчлэгч үүрлүү буцаж холбогдоод шинэ хэндоврийг эхлүүлдэгээрээ онцлогтой юм. Энэхүү алдааны үзүүлэлтийг алдаа гарсан (N_{failed}) болон нийт хэндовр хийх оролдлого ($N_{attempt}$)-ын харьцаагаар илэрхийллээ.

$$HOF = \frac{N_{failed}}{N_{attempt}} \quad (4)$$

Мөн энэ үзүүлэлтэнд буруу үүр сонгох гэсэн алдаа багтана.

2. *HPP* нь хэрэглэгч байр үүррүү шилжин орсны дараа тодорхой хугацааны дотор өмнөх үйлчлэгч үүррүү хэндовр хийн буцаж холбогдох процедурыг хэлнэ. Энэхүү алдааны үзүүлэлтийг пинг-понг алдаа гэж тоологдсон алдаануудын тоо ($N_{ping-pong}$) болон нийт хэндовр хийх оролдлого ($N_{attempt}$)-ын харьцаагаар илэрхийллэнэ.

$$HPP = \frac{N_{ping-pong}}{N_{attempt}} \quad (5)$$

Энэ алдаанд мөн Томъёо 3 дахь o_{exec} -ийн утга хэт бага байх буюу хэндоврийг эрт эхлүүлэх алдаа багтана.

3. *RLF* нь хэрэглэгчийн төхөөрөмж хэндоврийг бүрэн гүйцэтгэж амжаагүй үйлчлэгч үүрийн хамрах хүрээнээс гарах, эсвэл хэндовр эхлүүлж чадалгүй хамрах хүрээнээс гарах зэрэг үүрийн радио дохио алдагдахтай холбоотой алдаа юм. Энэхүү алдааны үзүүлэлтийг бид *RLF* алдаа гэж тоологдсон алдаануудын тоо (N_{RLF}) болон нийт хэндовр хийх оролдлого ($N_{attempt}$)-ын харьцаагаар илэрхийллэнэ.

$$RLF = \frac{N_{RLF}}{N_{attempt}} \quad (6)$$

Энэ үзүүлэлтэд мөн хэндоврийг хожуу эхлүүлэх буюу Томъёо 3 дахь o_{exec} -ийн утга их байхад гарах алдаа багтана.

3.2 *HPI* тооцоолол

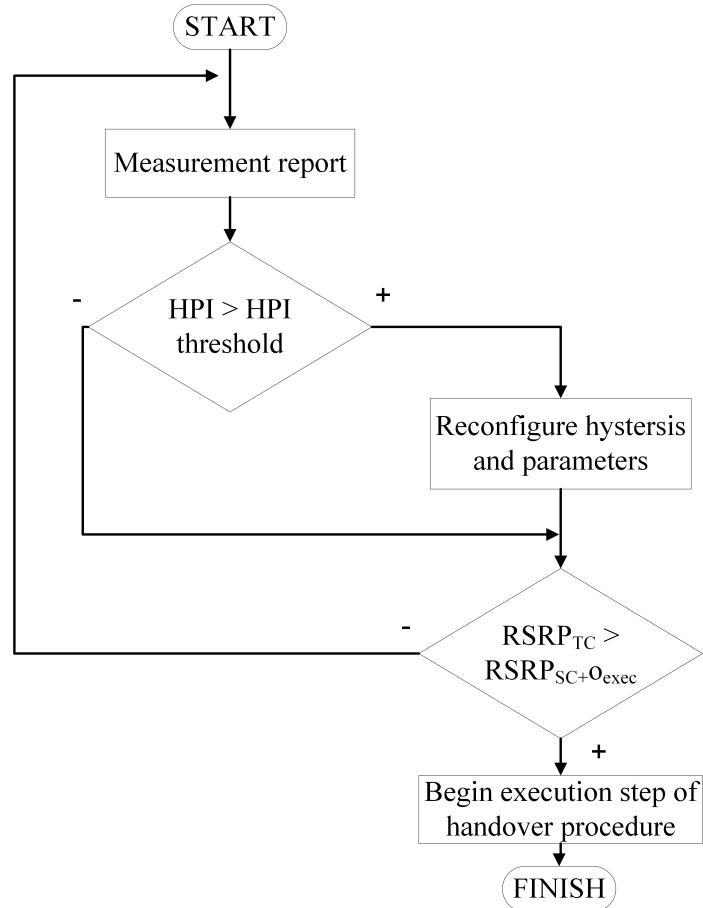
Үүрэн сүлжээний цөмд ажиллах *HPI*-ийг тооцоолодог сүлжээний функц нь бүх хөрш үүрнүүд хооронд хийгдсэн хэндоврийн мэдээллийг цуглуулж *HPI*-ийг хөрш үүрнүүд тус бүрээр тооцоолдог. Хэрэглэгч хэндовр хийх шаардлагатай болоход БҮЖ дэх бүх үүрийг үйлчлэгч үүртэй тус бүр тооцоолсон *HPI*-ийг ашиглана. Дараах алхамуудын дагуу *HPI* тооцоолох бөгөөд гүйцэтгэгдсэн хэндовр бүрийн дараа сервер дээр хөрш үүрний *HPI*-ийг шинэчлэн тооцоолно.

1. Бүх үүрийн хослол бүрд *HPI*-ийг үзүүлэлтүүдийн нийлбэр байдлаар тооцоолно. *HPI* нь зааж өгсөн босгоос их бол тухайн хослолд алдаа их байгааг илэрхийлнэ. Энэ үед *HPI*-ийг бууруулахаар шаардлагатай параметруудийн утгыг өөрчлөх хэрэгтэй.
2. Гурван үзүүлэлтийн аль нь *HPI*-д илүү нөлөөлж байгааг эрэмбэлэх ба хамгийн ихтэй нь уялдаатай параметрийн утгыг өөрчлөх функцийг дуудан ажиллуулна.
3. Дараагийн удаа хэндоврийг гүйцэтгээд *HPI*-ийг шинэчлэн тооцоолох ба өмнөхөөс хэрхэн өөрчлөгдсөнг шалгаад 2 дахь алхамыг гүйцэтгэнэ.

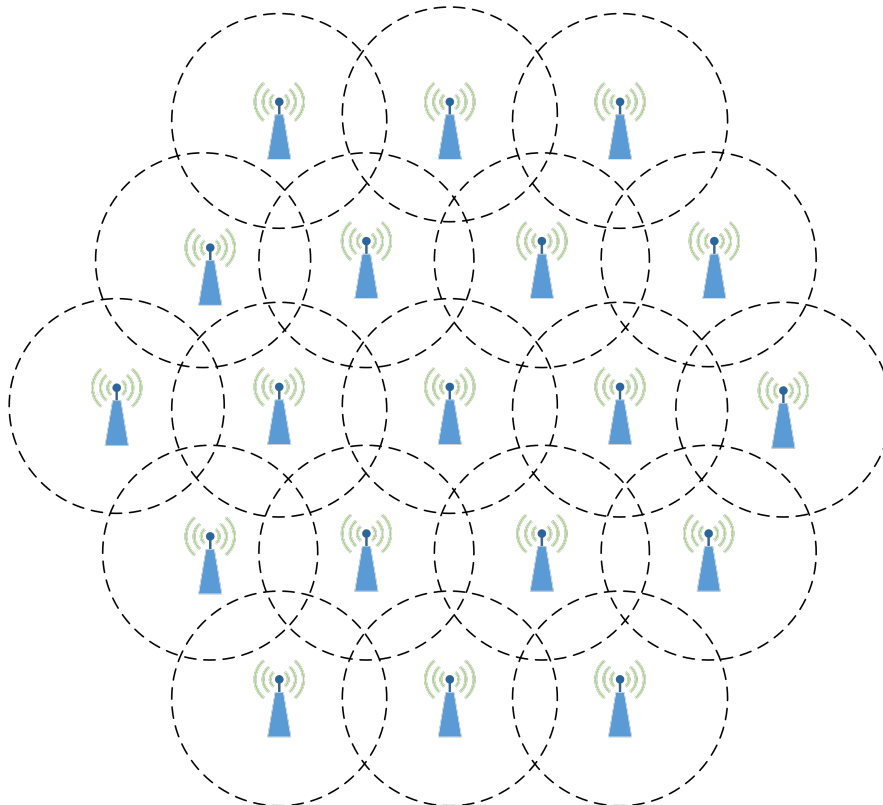
Зураг 1-д 3GPP стандартад тусгагдсан *HX*-ийн үйл ажиллагаан дээр нэмэгдэж байгаа параметр өөрчлөх механизмын ажиллах зарчмыг үзүүлэв. Хэрэглэгчийн төхөөрөмж тодорхой давтамжтайгаар хэмжилт хийж үйлчлэгч үүррүү илгээнэ. Үйлчлэгч үүр *HPI* -ийг зааж өгсөн босгоос давсан тохиолдолд параметруудийг өөрчлөөд, гүйцэтгэх шат эхлүүлэх эсэхийг шалгана. Гүйцэтгэх шат эхлүүлэх нөхцөл бүрдсэн үед хэндоврийн гүйцэтгэх шатыг ажиллуулах бол нөхцөл хангагдаагүй үед дахин хэмжилт хийх байдлаар үйлдлүүдээ давтан гүйцэтгэнэ.

4 Туршилтын үр дүн

Энэ бүлэгт бид санал болгож байгаа *HPI*-д суурилсан *HX*-ийн үзүүлэлтийг туршилтын орчинд стандарт *HX* [6] буюу параметрийн автомат өөрчлөлтгүй хувилбартай харьцуулсан үр дүнг үзүүлэв. *HOF*, *HPP*, *RLF* гэсэн үр дүнгүүдийг туршилтын хугацааны туршид хийгдсэн хэндоврийн оролдлогын тоог алдаа гарсан тоотой харьцуулан 50 удаагийн симуляцын үр дүнг дунджаар үзүүлэв. Туршилтад ашигласан параметруудийг Хүснэгт 1-д үзүүлэв. Хэрэглэгчийн тоо, туршилт эхлэх үеийн байршил, хөдөлгөөний загвар болон хэрэглэгчийн хурд гэсэн параметруудийг санамсаргүй байдлаар сонгохоор програмчилсан болно. Хэрэглэгч хөдөлгөөний загвар нь *random – walk* болно. Туршилтад ашигласан сүлжээний топологийг Зураг 2-д үзүүлэв.



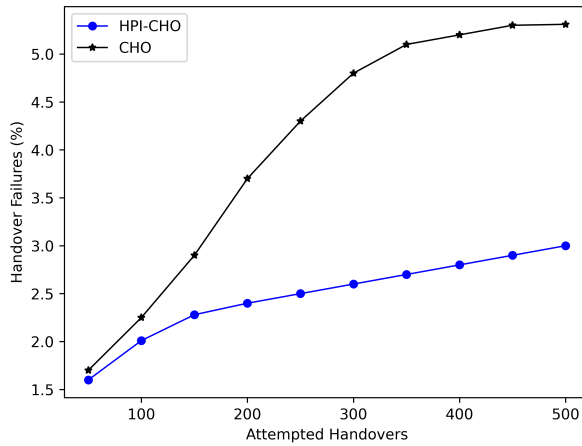
Зураг 1: Хэндөврийн ажиллагаа.



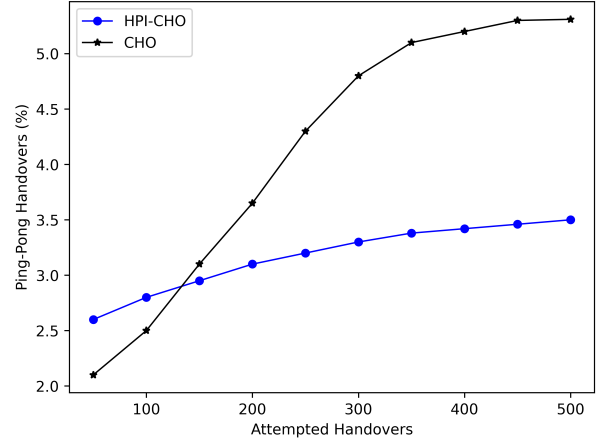
Зураг 2: Туршилтын үүрэн сүлжээ

Хүснэгт 1: Симуляцийн параметрууд

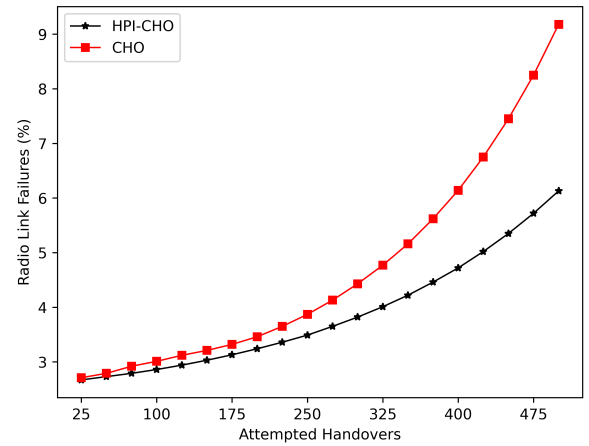
Параметрууд	Утга
Зөөгч давтамж	2100 MHz
Үүрний тоо	19
Үүрний хэмжээ	1 km
Path loss model	128.1+37.6log10d
Shadow fading deviation	1 dB
Hysteresis	4 dB
TTT	40 ms
HPI threshold	1.5
Үүрнээс гарах нөхцөл	-10 dB
Хэндоверийн бүс	30 хувь
Хэрэглэгчийн тоо	250 хүртэл
Хэрэглэгчийн хурд	6 км/цагаас 120 км/цаг



Зураг 3: HOF-ийн тоо



Зураг 4: HPP-ийн тоо



Зураг 5: RLF-ийн тоо

4.1 Хэндоверийн алдаанууд

Туршилтын үр дүнгээс бид хэндоверийн алдаануудыг тус тусад нь үзүүлэв.

Зураг 3-т хэндовер хийх оролдлого болон түүний алдааны тоотой харьцуулан үзүүлэв. Зургаас харвал НХ-ийн алдаа нь хийсэн оролдлогын тоотой уялдаатай тогтмол өсөж байгаа бол бидний санал болгож байгаа өөрчлөгдсөн механизмийн үед тодорхой түвшинд хүрээд цаашид өсөлт багасаж байгаа харагдана. Энэхүү өөрчлөлт нь HPI-ийг тооцлоод симуляцийг эхлүүлэхдээ тогтмол утгатайгаар тохируулсан $HPI_{Threshold}$ -аар утгаар босго ажиллаж байгаатай холбоотой юм.

Зураг 4-т пинг-понгийн тоог нийт гүйцэтгэгдсэн хэндоверийн тоотой харьцуулан үзүүлэв. HOF-тай адилаар бидний санал болгосон механизм НХ-аас HPP-ийн тоогоор бага байна. Энэ нь HOF болон HPP алдаануудын өсөлт адилхан багассан сайн үр дүн юм. $HPI_{Threshold}$ -оос HPI-ийн утга их, Томъёо 5-ийн утга нөгөө хоёроосоо их байвал Томъёо 3-ийн O_{remove} -ийн утгыг багасгаж байгаагийн нөлөө юм.

Зураг 5-д RLF-ийн тоог хэндоверийн алдааны нийт гүйцэтгэгдсэн хэндоверийн тоотой харьцуулан үзүүлэв. RLF-ийн тоо нь хоцорч эхлүүлсэн хэндоверийн

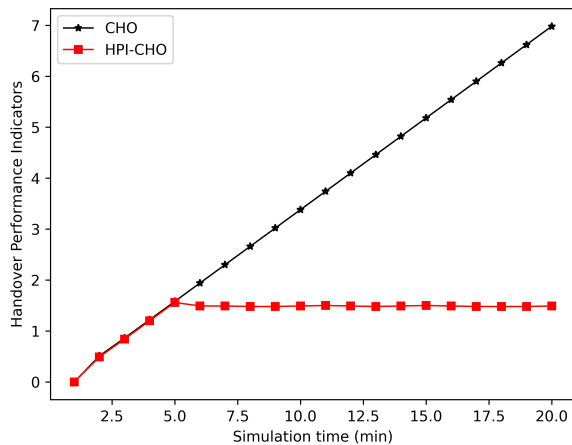
тоог илтгэдэг талаар өмнө танилцуулсан. Энэхүү алдааны хувьд бидний механизм НХ-аас бага байна. $HPI_{Threshold}$ -оос HPI-ийн утга их, Томъёо 6-ийн утга нөгөө хоёроосоо их байвал Томъёо 3-ийн O_{exec} -ийн утгыг багасгаж хэндоверийг эрт эхлүүлэхээр тохируулж байгаа нь хамгийн том нөлөө юм.

4.2 Хэндоверийн гүйцэтгэл

Зураг 6-д дундаж хэндоверийн гүйцэтгэлийг туршилтын хугацаатай харьцуулан үзүүлэв. Үүнд бид HPI-ийг туршилтийн эхэнд ихсэж байгааг харж болно. Харин зааж өгсөн түвшинг давсан үеэс хойш параметруудийг өөрчилж байгаа учир гүйцэтгэлийн утга тогтворжиж байна.

5 Дүгнэлт

5G сүлжээний НХ-ийн гүйцэтгэлийг сайжруулах зорилгоор бид HPI-д суурилсан сайжруулалтын механизмийг санал болгосон. Энэхүү механизм нь НХ-ийн гүйцэтгэх нөхцөлийн параметрийг автоматаар өөрчилж, улмаар алдааг бууруулсан. Туршилтанд



Зураг 6: NPI-ийн утга

ашигласан 19 үүрийн хөрш тус бүрд NPI-ийг тооцоолон зааж өгсөн босогоос давсан тохиолдолд голчлон гарч байгаа алдаатай холбоотой параметрийг өөрчлөх сүлжээний функц ажиллуулсан. Симуляцийн туршилтад бид санал болгосон механизмаа стандарт НХ-тай харьцуулахад Хэндоврийн алдааны харьцаа 2.5 хувиар багассан, Пинг-Понг хэндоврийн харьцаа 2 хувиар буурсан, Радио Холболтын Алдааны харьцаа 3 хувиар буурсан үр дүнг гарсан. Үр дүнг нэгтгэн үзвэл параметруудийг гарч байгаа алдаатай нь уялдуулан тухай бүрд өөрчилснөөр сүлжээний гүйцэтгэл сайжирсан. Хэндовр хийгдэх бүрд тухайн үйлчлэгч болон бай үүрийн хоорондох NPI-ийг тооцоолх учир гүйцэтгэгдсэн хэндоврийн тоо их болох тусам параметрийн утга тогтворжиж өөрчлөлт бага гарч байсан. Стандарт НХ-ийн NPI-ийн утга туршилтын төгсгөл хүртэл шугаман байдлаар өссөн бол бидний сайжруулалтын хувьд 5 дахь минутаас эхлэн тогтортой байсан. Цаашид бид NPI-ийг тооцоолоход ашиглаж байгаа үзүүлэлтүүдийн жинг тохируулах болон утгын нөлөөний талаар судлах болно.

Санхүүжилт

МУИС-ийн санхүүжилттэй Р2022-4381 Хиймэл оюун ухаанд суурилсан 5G хөдөлгөөнт байдлын удирдлагын автоматжуулалт төслийн хүрээнд гүйцэтгэв.

Ашиг сонирхлын зөрчилгүйн баталгаа

Зохиогчид ашиг сонирхлын зөрчилгүй гэдгээ баталж байна.

Зохиогчийн оролцоо

О.Шинэбаяр болон Д.Баттулга нар судалгааны шийдлийг боловсруулж туршилт хийж дүгнэлт гарган, О.Шинэбаяр Д.Нанзадрагчаа нар туршилтын орчинг үүсгэж Д.Баттулга, Х.Золзаяа нар судалгаа, тайланг хянах, О.Шинэбаяр болон Т.Тэлмүүн өгүүлэл бичих ажлуудыг тус тус хийж гүйцэтгэв.

Ашигласан ном

- [1] 3GPP. Radio Resource Control (RCC); Protocol specification. Technical Specification TS38.300; 2018.
- [2] 3GPP. Radio Resource Control (RCC); Protocol specification. Technical Specification TS38.331; 2018.
- [3] Chandramouli D, Liebhart R, Pirskanen J. 5G for the Connected World. John Wiley & Sons; 2019.
- [4] Viering I, Martikainen H, Lobinger A, Wegmann B. Zero-zero mobility: Intra-frequency handovers with zero interruption and zero failures. IEEE Network. 2018;32(2):48-54.
- [5] "Simulation results on conditional handover"; October 2018..
- [6] Martikainen H, Viering I, Lobinger A, Jokela T. On the basics of conditional handover for 5g mobility. In: 2018 IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC). IEEE; 2018. p. 1-7.
- [7] 3GPP. Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall Description; Stage 2;; 2019.
- [8] "Performance evaluation of conditional handover"; October 2018..
- [9] "Conditional handover basic aspects and feasibility in Rel-15"; June 2017..
- [10] Davaasambuу B, Yu K, Sato T. Self-optimization of handover parameters for long-term evolution with dual wireless mobile relay nodes. Future Internet. 2015;7(2):196-213.
- [11] Telmuun Y T Keping, Battulga D. 5G ГЕТЕРОГЕН СҮЛЖЭЭНДЭХ САЙЖРУУЛСАН НӨХЦӨЛТ ХЭНДОВР. Mongolian Journal of Engineering and Applied Sciences. 2021;3(1):71-7.
- [12] Park HS, Lee Y, Kim TJ, Kim BC, Lee JY. Handover mechanism in NR for ultra-reliable low-latency communications. IEEE Network. 2018;32(2):41-7.

- [13] Karabulut U, Awada A, Viering I, Barreto AN, Fettweis GP. Analysis and Performance Evaluation of Conditional Handover in 5G Beamformed Systems. arXiv preprint arXiv:191011890. 2019.

- [14] Davaasambuu B, Sato T. A Cost Based Handoff Hysteresis Scheme in Wireless Mobile Relay Node. In: 2014 IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC2014-Fall); 2014. p. 1-5.