

**EVALUAREA PERFORMANTELOR
PROCESULUI DE HANDOVER VERTICAL
UMTS/WLAN**

1. Handover vertical între rețeaua UMTS și WLAN

Suprapunerea diferitelor rețele wireless, dar și a relațiilor ierarhice și asimetrice dintre ele atunci când un utilizator mobil se comută dintr-o rețea în alta se numește handover vertical. În această lucrare se studiază cazul handover-ului dintre rețelele UMTS și WLAN. Procesul corespunzător schimbării rețelei se numește tranziția de la UMTS la WLAN și vice versa. În cadrul managementului mobilității cele două rețele comunică una cu cealaltă pentru a decide modul în care se va efectua schimbul de trafic și de asemenea pentru a informa comunitatea de această schimbare. Datele transportate de WLAN și UMTS poartă numele de Payload.

Datorită faptului că cele două rețele sunt diferite a fost nevoie de o modalitate de integrare a avantajelor lor într-o singură soluție, transparentă utilizatorului mobil. Astfel s-a hotărât dezvoltarea conceptului de handover între UMTS și WLAN.

1.1 Istoric

În ultimul deceniu telecomunicațiile și internetul s-au dezvoltat foarte mult. Dezvoltarea internetului asigură utilizatorului un nivel mai înalt al calității serviciilor și o rată a traficului mai mare. În rețeaua celulară, evaluând evoluția de la prima generație 1G către 3G observăm o creștere a ratei de transfer a datelor și o dezvoltare a sistemelor digitale corespunzătoare rețelei îmbunătățite. Lucrarea studiază cazul rețelei celulare UMTS.

WLAN și UMTS sunt două tehnologii de acces wireless caracterizate prin faptul că fiecare reprezintă complementul celeilalte (Tabelul 1.1). WLAN oferă rate de trafic pentru date mari la costuri mici, dar aria de acoperire limitată (mică), pe când rețeaua UMTS asigură o acoperire mare, mobilitate bună și roaming, dar oferă bandă mică pentru conectivitate și trafic de date. Pentru a integra serviciile specifice ambelor rețele într-o singură rețea, aceste tehnologii de acces radio wireless au fost incluse într-o formă heterogenă de rețea de acces wireless. Noua rețea conține mai multe rețele wireless ce alcătuiesc noua generație (4G) și este reprezentată în Figura 1.1 .

Rețeaua heterogenă va suporta traficul bazat pe IP și mobilitatea între diferite rețele. Astfel pot profita de avantajele rețelei wireless 4G atât utilizatorii, cât și operatorii de rețele. Utilizatorii se pot conecta rapid, în orice moment de timp și în orice locație, beneficiind de un set complet de resurse și servicii de cea mai bună calitate. Pentru operatorii de rețele, perspectiva integrării diferitelor tehnologii oferă o mai bună utilizare a resurselor rețelei deoarece fiecare rețea de acces oferă un nivel diferit QoS în termeni de mobilitate, acoperire corespunzătoare unei anumite benzi de frecvență și cost pentru utilizatorul mobil.

Tabelul 1.1

	UMTS	WLAN
Mediu	Exterior	Interior
Arie de acoperire	Mare	Mică
Mobilitate	Mare/limitată	Limitată

Lățime de bandă	Limitată	Mare
Cost	Mare	Mic
QoS în timp real	Excelent	Inferior
QoS care nu este în timp real	Inferior	Excelent

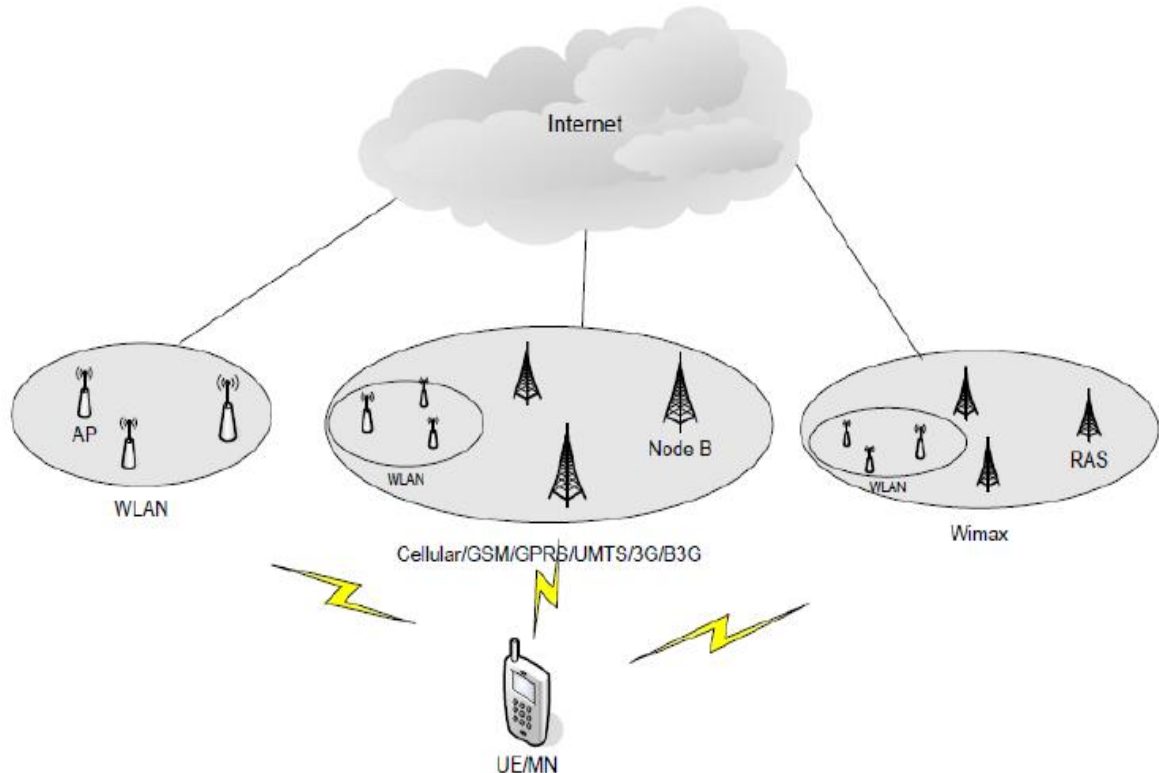


Figura 1.1 – Interconectarea rețelelor WLAN, UMTS și Wimax

1.2 Avantajele rețelei heterogene (4G)

Niciuna dintre rețelele wireless nu oferă lățime de bandă mare, latență scăzută, putere consumată mică și servicii de date într-o arie de acoperire mare pentru un număr mare de utilizatori. Se poate obține o soluție ce satisface într-o bună măsură toate cerințele prezentate anterior prin integrarea diferitelor rețele (UMTS și WLAN). Analizând Tabelul 1.1 se poate observa complementaritatea celor două rețele ce oferă împreună un nivel ridicat al traficului de date într-o arie mare de acoperire, pentru un număr relativ mare de utilizatori. De asemenea, suprapunerea celor două rețele produce și o conservare a costului resurselor în timp ce oferă servicii mai ieftine utilizatorilor prin utilizarea rețelei WLAN. Pentru a beneficia de toate serviciile oferite de noua rețea wireless, capacitățile terminalului mobil au fost îmbunătățite. Terminalele mobile dețin două interfețe pentru a asigura conectivitatea la cele două tehnologii de acces, UMTS și WLAN, utilizatorul putând beneficia de serviciile oferite de ambele tehnologii.

1.3.1 Cuplarea deschisă

În schema de cuplare deschisă, rețelele WLAN și UMTS folosesc propriile rețele, separate de acces și transport, însă facturarea este comună și utilizează un mecanism diferit de autentificare. Scenariul este ilustrat în Figura 1.2.

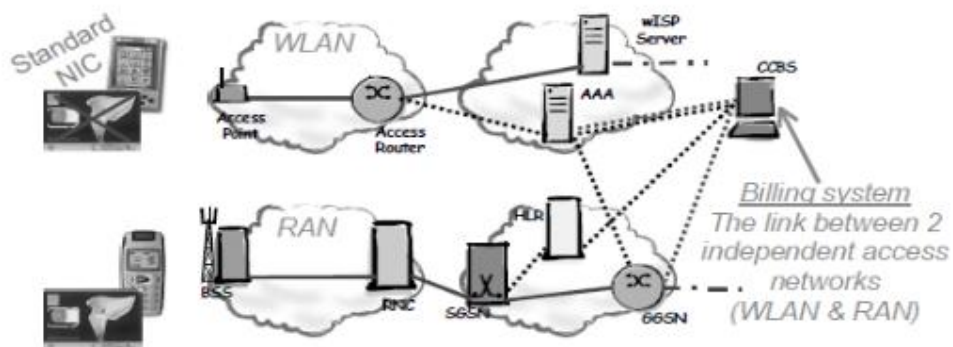


Figura 1.2 - Cuplarea deschisă

1.3.2 Cuplare liberă

În cuplarea liberă, arhitecturile ambelor rețele se interconectează independent și se folosește o subscripție comună. Ambele arhitecturi asigură servicii independente. În cuplarea liberă, punctul de interconectare este situat după punctul de interfață al GGSN (Gateway GPRS Support Node) cu rețeaua IP și folosește un mecanism MIP pentru mobilitatea între rețelele WLAN și UMTS. În figura de mai jos se poate observa un scenariu de tip cuplare liberă. Rețeaua UMTS/WLAN este conectată prin UMTS AAA (Authentication Authorization and Accounting) și nu are o legătură directă cu echipamentul rețelei 3G. Drept rezultat, traficul de date ce provine de la WLAN trece prin internet, fără a trece și prin core-ul rețelei UMTS.

În cazul unei rețele terțe, mobilitatea și roamingul sunt activate prin conexiuni dedicate între operator și WLAN. Gateway-ul LAN trebuie să suporte funcții MIP pentru accesul cu diferite rețele și serviciul oferit de server-ul UMTS AAA care îi va permite furnizorului de 3G să colecteze înregistrări de numărare WLAN și declarații de facturare unificate care for face atât dovada utilizării, dar și a schemei de cost pentru ambele rețele. Singurul avantaj al folosirii cuplării libere este că aceasta permite pornirea independentă și ingineria traficului într-o rețea heterogenă. De asemenea permite operatorilor 3G să aibă avantajul WLAN-ului fără investiții majore.

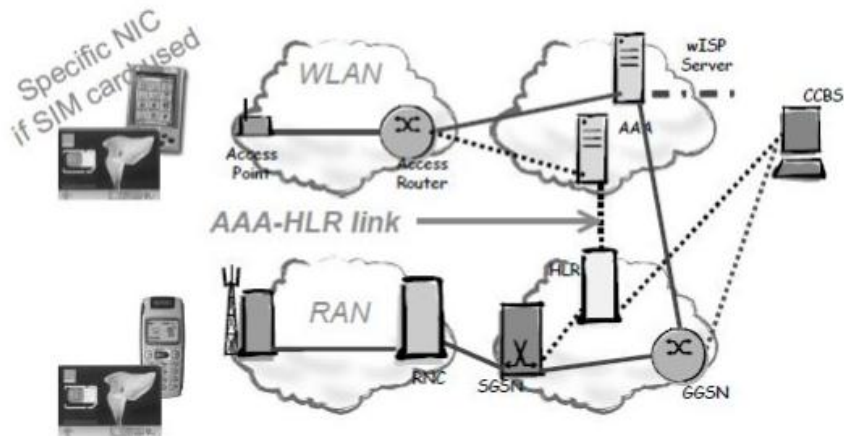


Figura 1.3 - Cuplare liberă

1.3.3 Cuplare strânsă

În scenariul cuplării strânse, rețeaua WLAN este direct conectată cu core-ul rețelei 3G (UMTS), ca în orice altă rețea de acces radio (RAN – Radio Access Network). În acest context, rețeaua WLAN poate executa funcții care sunt disponibile în rețeaua 3G (RAN). Gateway-ul rețelei WLAN este introdus pentru a ascunde detaliile despre propria rețea față de rețeaua 3G/UMTS. Toate protocoalele 3G sunt implementate (managementul mobilității, autentificarea etc). Astfel, datele de la utilizatorul WLAN vor trece prin core-ul rețelei 3G/UMTS către Internet sau Rețeaua de Pachete de Date (PDN – packet data network). Într-o cuplare strânsă, interconectarea cu rețeaua WLAN poate fi făcută la nivel de core (GGSN/SGSN) sau la nivelul Acces (RNC) după cum se poate observa și în Figura 1.4:

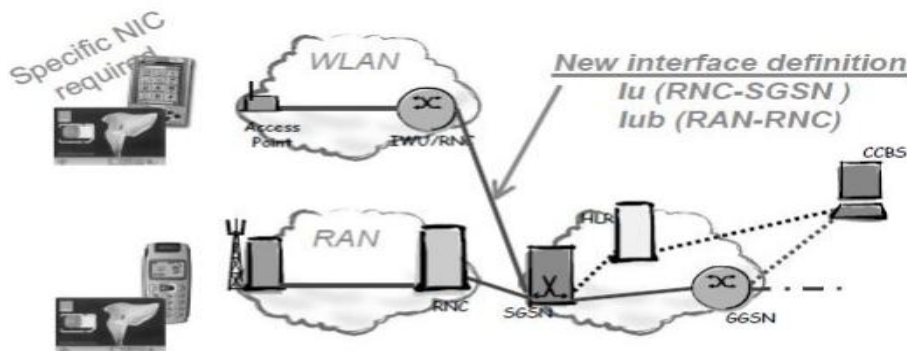


Figura 1.4 - Cuplarea strânsă

1.3.4 Cuplarea foarte strânsă

Abordarea acestui tip de cuplare este aceeași ca la cuplarea strânsă cu mențiunea că rețeaua WLAN va fi conectată ca parte a rețelei UTRAN și nouă interfață va fi definită prin interconectarea WLAN-ului în RNC-ul rețelei UTRAN. În Figura 1.5 se poate observa scenariul cuplării foarte strânse.

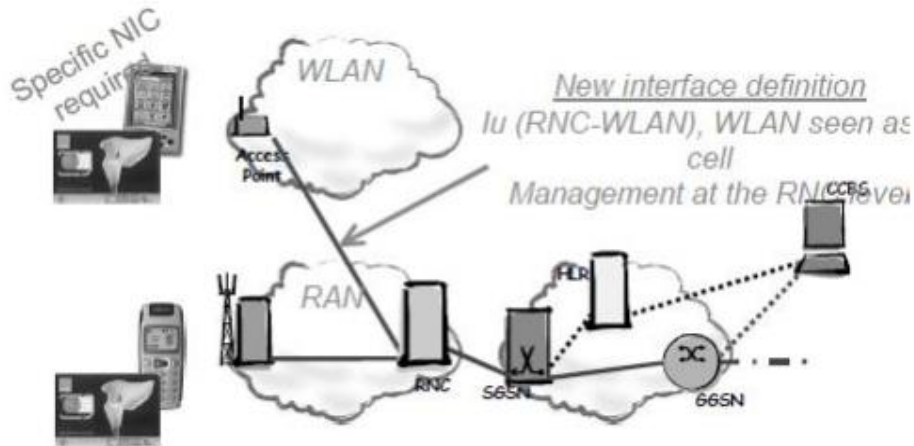


Figura 1.5 - Cuplarea foarte strânsă

1.4 Managementul mobilității în rețeaua wireless

1.4.1 Macro mobilitatea

Mobilitatea de-a lungul domeniilor administrative sau inter-domeniilor este cunoscută sub numele de macro mobilitate (mișcarea unui utilizator printr-un număr de subrețele ale rețelelor corporatiste). Macro mobilitatea se realizează la nivelul 3 al stivei OSI. Aceasta este cunoscută și sub denumirea de mobilitate inter-domeniu și reprezintă conceptul fundamental al celor mai multe soluții de handover vertical în rețelele IP. Dacă utilizatorul (nodul) este mobil când se deplasează de-a lungul diferitelor rețele, atunci se modifică și punctul de atașare al acestuia, ceea ce rezultă în modificarea adreselor IP și a ID-ului rețelei. Pentru menținerea conexiunii nivelului de transport, adresa IP trebuie să rămână aceeași pe toată durata sesiunii, modificarea ei ducând la pierderea datelor și a conexiunii. Mobilitatea IP rezolvă această problemă, permițând nodului mobil să aibă două adrese IP în adresa IP de tip sursă. Agentul sursă a rețelei de bază întrerupe datele către nodul mobil atunci când acesta face parte dintr-o altă rețea. Agentul sursă se menține la curent cu adresa IP de rețea a nodului mobil și direcționează pachetele.

1.4.2 Micro mobilitatea

Micro mobilitatea este cunoscută ca și mobilitatea intra-domeniului. Aceasta este o mobilitate a nodului în interiorul unui domeniu administrativ (deplasându-se de la o subrețea către alta). Echipamentul utilizatorului va avea două interfețe de carduri NIC pentru a putea facilita atât o mobilitate de tip macro, cât și micro. Mobilitatea între aceste NIC-uri se referă la "Multihoming". Micro mobilitatea a fost concepută pentru a evita decizia de handover realizată la nivelul 3 atâta timp cât utilizatorul mobil nu traversa diferite domenii, producându-se la nivelul 2 al stivei OSI. Update-urile în mobile IP, care erau folosite pentru a informa rețeaua sursă cu privire la noile adrese de tip "care-of", cauzează o creștere în sarcina semnalului, întâzieri și duc către compromiterea QoS-ului. Protocoalele de micro mobilitate reduc necesitatea de trimitere a mesajelor de tip MIP. În cazul în care utilizatorul mobil își

schimbă locația în interiorul aceluiași domeniu, router-ul local propagă informația în loc să trimită update-uri de legătură. Protocolul micro mobilității include IDMP (intra-domain mobility protocol), HMIP (Hierarchical mobile IP), Cellular IP și HAWAII (Handoff-aware wireless access internet infrastructure).

1.4.3 Clasificarea Handover-ului

Procesul de handover reprezintă trecerea abonaților dintr-o celulă în alta. Din punctul de vedere al rețelelor wireless, handover-ul este împărțit în handover vertical (inter-sistem) și handover orizontal (intra-sistem). Handover-ul orizontal reprezintă handover-ul care are loc între aceleași tehnologii de rețea wireless, iar handover-ul vertical reprezintă handover-ul care are loc între tehnologii de rețea wireless heterogene, atâta timp cât din punct de vedere al domeniului administrativ mobilitatea micro și macro sunt două scheme diferite. Există patru subclase de handover și scenarii de roaming.

1. Mobilitate macro verticală - mobilitate între diferite domenii administrative utilizând tehnologii wireless diferite.
2. Mobilitate macro orizontală - mobilitate între diferite domenii administrative utilizând aceleași tehnologii de rețele wireless.
3. Mobilitate micro verticală - mobilitate între aceleași domenii administrative utilizând tehnologii wireless diferite.
4. Mobilitate micro orizontală - mobilitate între aceleași domenii administrative utilizând aceleași tehnologii wireless.

În cazul în care mecanismul de decizie sau controlul de handover este localizat în entitatea rețelei, avem de-a face cu un handover evaluat de către rețea (NEHO - Network Evaluated Handover), iar dacă este localizat în host-ul mobil MH (Mobile Host), avem de-a face cu un handover evaluat de către stația mobilă (MEHO - Mobile Evaluated Handover). În GSM, procesul de handover este descentralizat. Supravegherea semnalului recepționat și calitatea canalului depind atât de terminalul mobil, cât și de stația de bază. Stația mobilă, transmite rezultatul măsurării către stația de bază de două ori într-o secundă, dar decizia de handover este luată de către stația de bază sau MSC. Această metodă se numește handover asistat de mobil MAHO (Mobile Assisted Handover). Timpul de handover în GSM este de 1 secundă. Este posibil atât handover-ul intercelular, cât și cel intracelular. În orice altă situație, metoda se numește handover asistat de rețea NAHO (Network Assisted Handover). După cum o să vedem în continuare, procesul de handover poate fi caracterizat ca fiind hard handover și soft handover.

1.4.3.1 Hard Handover

În procesul hard handover, canalul din celula sursă este eliberat înainte de a se conecta la celula destinație. Este cunoscut și sub numele de break-before make. În hard handover, conexiunea este întreruptă înainte să se conecteze la celălalt canal, acest lucru reprezentând un dezavantaj, dar faptul că se decontează pe rând câte 1 canal reprezintă un avantaj. Un alt avantaj ar fi faptul că hardware-ul nu trebuie să fie compatibil pentru a primi 2 sau mai multe canale.

1.4.3.2 Soft Handover

În soft handover, celula destinație este conectată înainte de a elibera canalul sursă. Pentru un timp, utilizatorul este conectat la cele două canale. Timpul în care ambele canale sunt conectate în paralel este scurt. Avantajul soft handover-ului este probabilitatea foarte mică ca un apel să se întrerupă.

1.5 Considerațiile handover-ului vertical

1.5.1 Procesul de handover

Procesul de handover se realizează atunci când un echipament mobil tranzitează de la o stație de bază la alta. În timpul acestei sesiuni, parametrii de conexiune caracteristici canalului alocat apelului, cum ar fi frecvența sau codul de împrăștiere, se modifică. Acest proces poate fi împărțit în trei faze: descoperirea sistemului, decizia de handover și efectuarea handover-ului.

1.5.2 Descoperirea sistemului

Descoperirea sistemului este faza în care se face monitorizarea - sistemul caută periodic o rețea care oferă o calitate mai bună a semnalului, la care se poate face transferul abonatului mobil. Acest proces de descoperire este inițiat numai dacă rețeaua curentă nu oferă o calitate a cărei valoare depășește un anumit prag stabilit. În alte situații depinde de algoritmul ales pentru handover. Diferite criterii sunt alese pentru monitorizarea conexiunii și realizarea handover-ului.

1.5.3 Decizia de handover

În această decizie este implicat un algoritm care are rolul de a alege criteriul folosit pentru schimbarea rețelei. În principiu, calitatea conexiunii este cea care contează în luarea deciziei. Handover-ul vertical poate fi împărțit în funcție de cine inițiază și cine controlează procesul. Astfel avem:

- **Handover controlat de rețea** (Network Controlled Handover - NCHO): aceasta este abordarea tipică a operatorilor folosită pentru a optimiza resursele rețelei, precum și managementul traficului, menținând o valoare bună a QoS-ului. Rețeaua va măsura periodic valorile de upstream și pe baza acestor date va decide când să declanșeze procesul de handover. Avantajele acestei implementări sunt: o semnalizare redusă în rețea și simplitatea terminalului mobil.
- **Handover controlat de terminalul mobil** (Mobile Terminal-Controlled Handover - MCHO): această metodă este cea mai folosită. Terminalul mobil este cel care măsoară valorile downstream ale conexiunii atât pentru celula curentă, cât și pentru cele adiacente. În funcție de aceste măsurători, terminalul decide când să inițieze procedura de handover. Această abordare garantează un timp optim de inițiere a handover-ului și reduce complexitatea terminalului mobil.
- **Handover asistat de terminalul mobil** (Mobil Terminal-Assisted Handover - MAHO): în această abordare, atât rețeaua, cât și terminalul mobil măsoară metricile atât upstream, cât și downstream. Măsurătorile downstream ale

terminalului sunt transmise periodic către rețea, iar tot aceasta din urmă ia decizia de handover. Avantajul acestei metode este că decizia se bazează pe ambele măsurători, upstream și downstream, care sunt folosite la optimizarea procesului.

Figura următoare ilustrează aceste strategii de handover punând în evidență întârzierea și informația necesară:

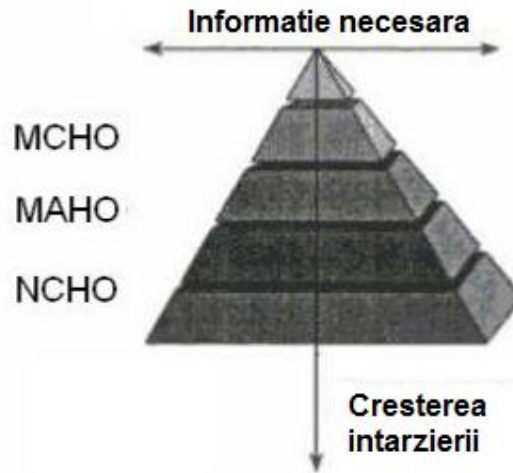


Figura 1.6 - Strategiile de handover

1.5.4 Efectuarea handover-ului

În această ultimă fază a handover-ului, mesajele procedurale sunt schimbate între cele două rețele pentru rerutarea apelului utilizatorului către noua rețea. La această etapă se pot preciza două tehnici proprii handover-ului:

- **Hard handover:** terminalul mobil, în această situație, mai întâi se deconectează de la celula la care era conectat, iar apoi se conectează la celula țintă.
- **Soft handover:** terminalul mobil, în această situație, se deconectează de la celula curentă doar după ce se conectează la noua celulă țintă.

1.5.5 Criterii de decizie pentru handover-ul vertical

În cazul handover-ului orizontal, decizia de handover are în vedere în mod prioritar valorile RSS-ului, SNR-ului și disponibilitatea canalului, în timp ce la handover-ul vertical durata de viață a bateriei terminalului mobil, congestia de trafic în rețea, viteza de deplasare a utilizatorului mobil, acoperirea celulei, numărul de utilizatori din rețea și numărul de utilizatori în trecere ar putea fi factori care influențează decizia de handover. Precizia prezintă un rol important în procesul de handover. IETF (Internet Engineering Task Force) a definit câteva criterii în legătură cu decizia de handover. Algoritmul de handover propus folosea următorii indicatori:

- **Tipul serviciului:** decizia de handover se putea baza pe tipul de serviciu, care este o combinație între latență și rata de transfer a datelor.

- **Valoarea costului:** utilizatorul poate alege între diferite oferte ale operatorilor de rețele. Decizia se ia în funcție de costul serviciului.
- **Performanța sistemului:** raportul semnal zgomot (SNR – Signal Noise Ratio), rata de erore a biților (BER – Bit Error Rate) și nivelul bateriei sunt indicatori de performanță ai sistemului.
- **Echipamentul mobil:** în luarea decizie de handover sunt importante viteza de deplasare a terminalului mobil, tipul de mișcare, informații de mobilitate despre momentele anterioare și locația actuală. Acești indicatori nu sunt folosiți individual deoarece sunt puternic corelați.

Există o serie de criterii pentru deciziile de handover, dar nu este necesar să fie toate luate în considerație. Au fost propuse decizii diferite pe baza unui obiectiv predefinit în interiorul rețelei celulare.

1.5.5.1 Handover-ul micro-celular

În acest caz, RSS cu prag și cu histerezis sunt considerate criterii importante pentru handover. Pentru RSS-ul cu prag, handover-ul este inițiat atunci când puterea semnalului stației de bază scade sub nivelul unor valori predefinite. Pentru RSS cu histerezis, handover-ul se realizează dacă puterea semnalului depășește un anumit prag.

1.5.5.2 Handover-ul macro-celular

Acest concept poate fi luat în considerare atât în WLAN (microcelulă), cât și în UMTS (macrocelulă). Având legături radio diferite, viteza mobilului are o importanță deosebită. Utilizatorii cu viteză redusă sunt atribuiți unei acoperiri realizate prin microcelule, iar cei cu o viteză mai ridicată sunt redirectionați către macrocelule.

Alt criteriu de decizie ar putea fi o combinație a lărgimii de bandă, vitezei stației mobile și a utilizatorilor din rețeaua țintă. Lărgimea de bandă reprezintă un factor important deoarece atât WLAN-urile, cât și UMTS-urile au valori diferite ale acestui parametru. Stațiile mobile cu o viteză de deplasare ridicată din rețeaua UMTS străbat rapid rețeaua WLAN, iar handover-ul cauzează supra-încărcări și întâzieri.

Numărul utilizatorilor reprezintă o altă problemă întrucât dacă se depășește numărul de utilizatori în WLAN, se folosește o valoare prag a calității serviciului în rețea.

Un alt criteriu pentru rerutarea apelului, reprezintă o metodă ce ia în considerare durata unui apel cu aplicabilitate în QoS și costul funcției de semnalizare.

Există o serie de alte combinații, dar această lucrare pune accentul pe criteriile de decizie ce țin seamă de parametri QoS cum ar fi viteza de transfer și întâzierile.

1.6 Caracteristicile Handover-ului vertical

În procedura de handover vertical sunt implicate evenimente precum înregistrarea, asocierea, reasocierea și disocierea. Când terminalul mobil este deservit de o rețea UMTS, el monitorizează continuu disponibilitatea serviciilor cu rate de transmisie mare ale WLAN-urilor.

La nivelul stației mobile este implementat un algoritm utilizat pentru luarea deciziilor de handover. Algoritmul permite evaluarea simultană a mai multor criterii pentru handover, prin intermediul unor operații matematice simple. Parametrii monitorizați sunt RSS, cost, SNR (raport semnal-zgomot), BER (rata de eroare de bit) și latența. Aceștia sunt grupați sub forma unui vector și preluați în continuare de către stația mobilă de la BTS sau de la access point.

Când este descoperită o rețea WLAN disponibilă, algoritmul stației mobile inițiază o procedură de asociere cu aceasta. În timpul migrării în rețeaua WLAN, există posibilitatea ca terminalul mobil să fie deconectat de la rețeaua UMTS.

În figura următoare este ilustrat algoritmul de luare a deciziilor de handover cu 3 rezultate posibile (A, B, C). Când stația mobilă este conectată la o rețea WLAN cu o calitate satisfăcătoare, rezultatul algoritmului este A. Starea de alertă datorată unui semnal WLAN slab este indicată prin rezultatul B. Rezultatul C indică un semnal WLAN suficient de slab pentru a se face handover înapoi în rețelele UMTS.

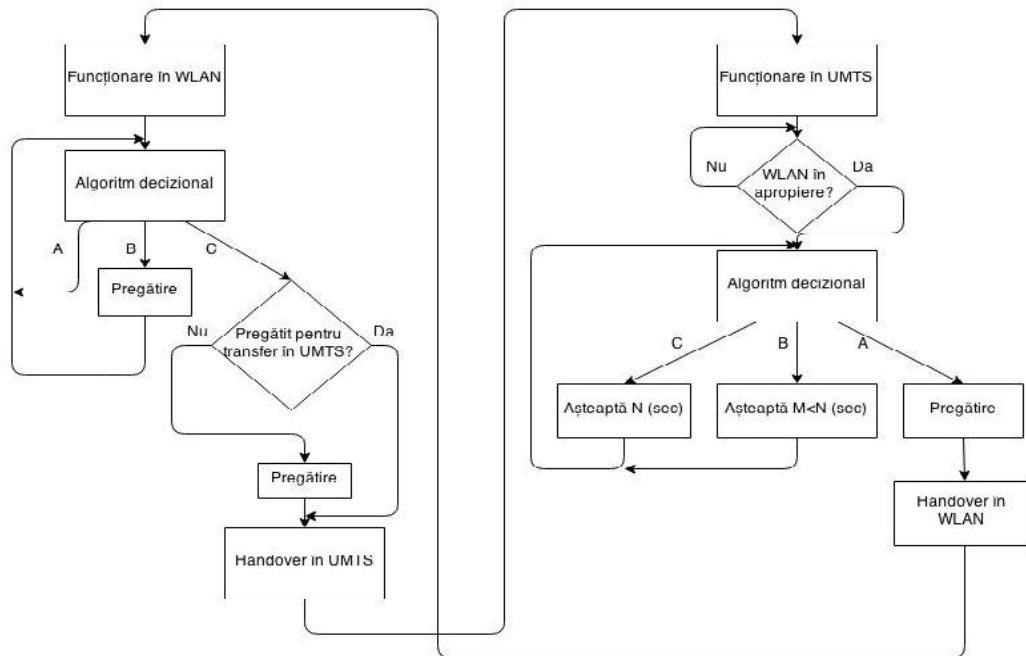


Figura 1.7 – Algoritm de luare a deciziilor de handover

2. SIMULĂRI

Pentru simulări am ales să folosim programul OPNET versiunea 14.5, întrucât este o aplicație foarte flexibilă, care furnizează servicii de tip “drag and drop” pentru dispozitive de comunicații (precum rutere, servere, switchuri etc), modele de interconectare (link-uri ATM, fibră optică, conexiuni prin cablu și radio) și multiple protocoale.

Am proiectat două rețele diferite pentru două scenarii, unul pentru cazul în care cuplarea este liberă și celălalt cu o cuplare strânsă.

Pentru crearea acestui proiect se va selecta **File - New - Project - Proiect_name/Scenario_name - Create empty scenario - World, selectând bibliotecile UMTS_adv și WLAN_adv.**

Pentru realizarea acestor două scheme am utilizat următoarele elemente de rețea:

Elemente de rețea	Echivalentul în OPNET
Nodul GGSN - UMTS	umts_ggsn_ethernet2_slip8_adv
Nodul SGSN - UMTS	umts_sgsn_ethernet_atm9_slip_adv
Nodul RNC - UMTS	umts_rnc_ethernet_atm_slip_adv
Node B - UMTS	umts_node_b_adv
Stație mobilă - UMTS	umts_wkstn_adv(mobile node)
Hub ethernet	ethernet16_hub_adv
Server ethernet	ethernet_server_adv
IP cloud	ip32_cloud_adv
Router IP	ethernet_slip8_gtwy_adv
Router - WLAN	wlan_ethernet_router_adv
Stație mobilă - WLAN	wlan_wkstn_adv(mobile node)
Link ethernet	10BaseT, 100BaseT
Link PPP	PPP_DS3_int
Link ATM	ATM_OC3

Tabel 2.1 - Nodurile rețelei

Pe lângă aceste noduri menționate mai este nevoie și de două noduri pentru configurarea aplicațiilor suportate și a profilelor, după cum se vede în tabelul următor:

Blocul de aplicații	Application Configuration
Blocul de profile	Profile Configuration

Tabel 2.2 - Noduri folosite pentru specificarea aplicațiilor și a profilelor

Pentru interconectarea nodurilor se vor folosi linkurile precizate mai sus după cum urmează:

Link folosit	Nodurile interconectate
10BaseT	Server ethernet <-> Hub Hub <-> GGSN
100BaseT	Router IP <-> Router WLAN
PPP_DS3_int	GGSN <-> SGSN GGSN <-> IP cloud Router IP <-> IP cloud
ATM_OC3	SGSN <-> RNC RNC <-> Node B

Tabel 2.3 - Interconectarea nodurilor din rețea

Stațiile mobile din ambele rețele se conectează prin interfața radio corespunzătoare fiecărei tehnologii.

Pentru **primul scenariu** am considerat cazul handoverului cu cuplare liberă, acces point-ul este legat la nodul GGSN prin intermediul IP cloud.

Luând în considerare toate cele prezentate anterior, se va ajunge la rețeaua din figura 2.10.

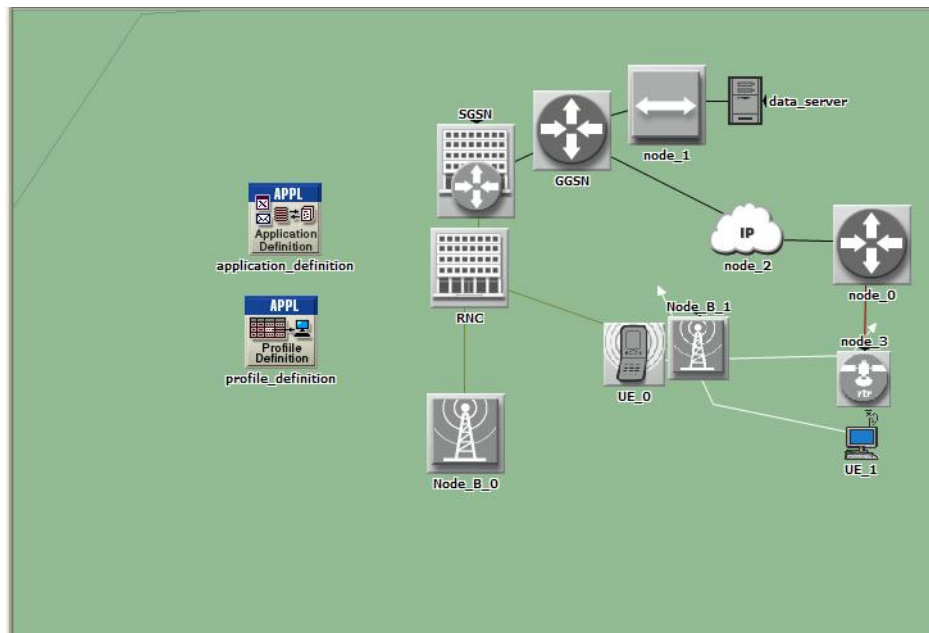


Figura 2.1 - Rețeaua UMTS/WLAN cuplare liberă

Pentru **al doilea scenariu**, am considerat cazul handoverului cu cuplare strânsă, acces point-ul este conectat la SGSN (umts_sgsn_ethernet_atm_slip9_adv), prin intermediul unui IP router, folosind un link 100BaseT. Serverul de date se conectează la nodul GGSN prin intermediul unui IP router urmat de un IP cloud interconectate prin linkuri PPP_DS3_int. Astfel, rezultă configurația următoare:

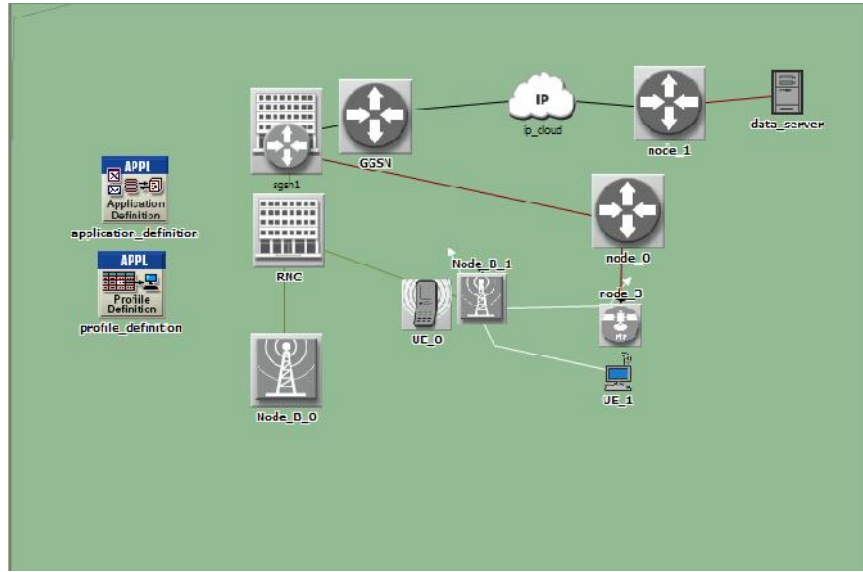


Figura 2.2 - Rețeaua UMTS/WLAN cuplare strânsă

În blocul de aplicații vom defini următoarele servicii:

Servicii	Traficul suportat de serviciu
File Transfer - FTP	heavy
Email - Email	heavy
Web Browsing - HTTP	heavy
Voice over IP call - VoIP	GSM Quality

Tabel 2.4 - Servicii suportate

Aceste servicii sunt configurate în blocul de aplicații (Application Configuration - Edit Attributes - Application Definitions - Edit) după cum se vede în imaginile următoare:

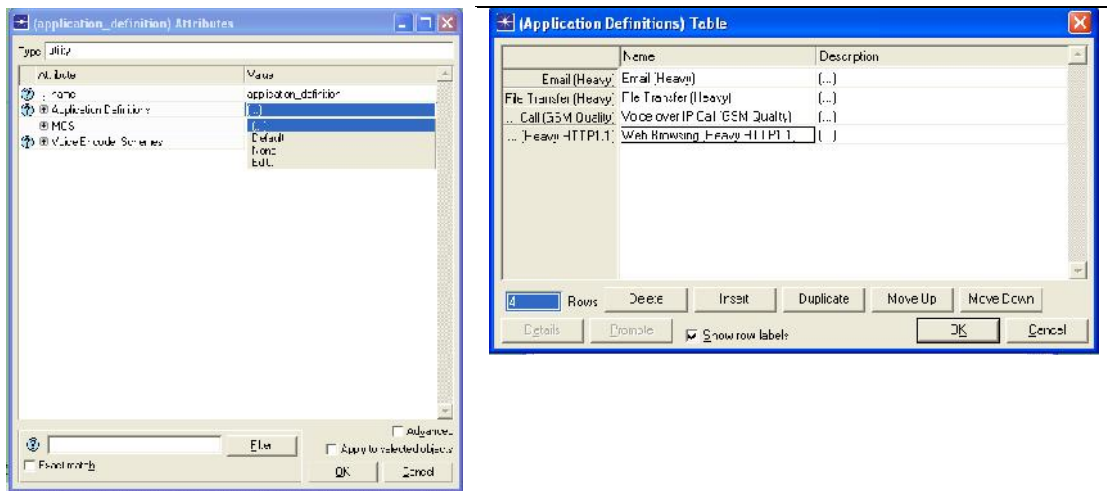


Figura 2.3 - Serviciile suportate introduse în OPNET

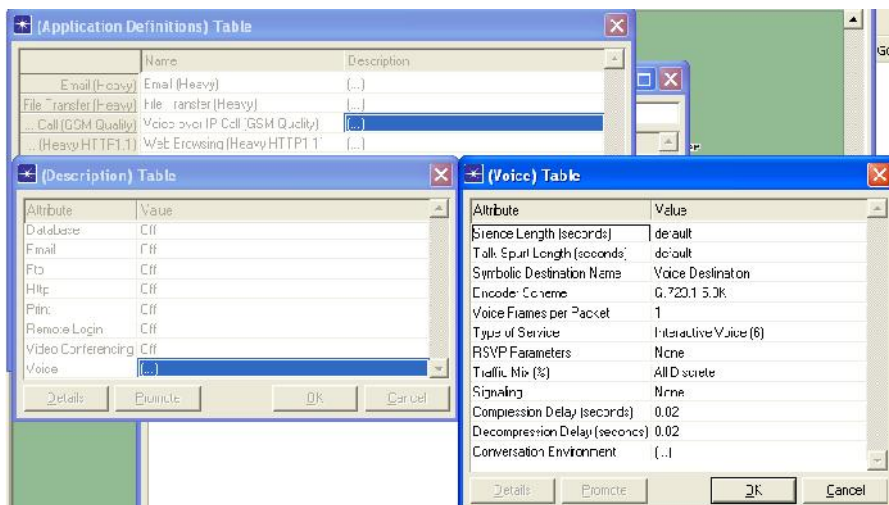


Figura 2.4 - Configurarea serviciului de VoIP

Pentru a putea integra serviciile menționate se vor folosi următoarele profile:

Profile	Serviciile integrate în profil
UMTS User	File Transfer (heavy) Email (heavy) Web browsing (heavy HTTP 1.1)
WLAN User	File Transfer (heavy) Email (heavy) Web browsing (heavy HTTP 1.1)
Voice User	Voice over IP call (GSM Quality)

Tabel 2.5 - Profile cu serviciile integrate

Profilele vor fi configurate conform următoarelor imagini (Profile Configuration - Edit Attributes - Profile Configuration - Edit):

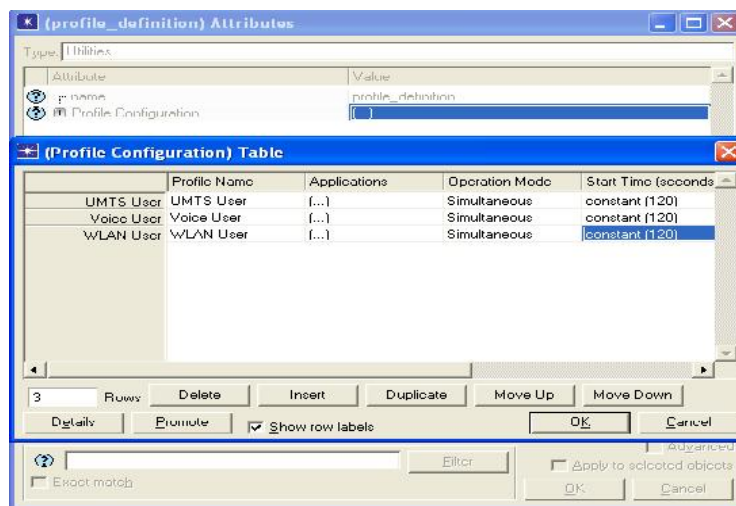


Figura 2.5 - Configurarea profilelor

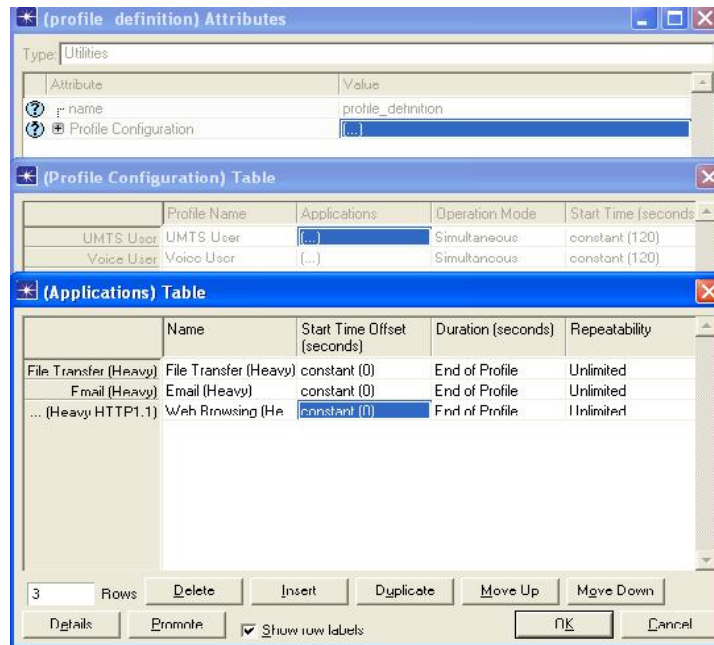


Figura 2.6 - Configurarea profilului UMTS User

Configurarea serverului de date (data_server) este prezentată în următoarele rânduri:

- ❖ data_server - Edit Attributes - Application: Supported Services - Edit - File Transfer (heavy);
- ❖ data_server - Edit Attributes - Application: Supported Services - Edit - Email (heavy);
- ❖ data_server - Edit Attributes - Application: Supported Services - Edit - Web browsing (heavy HTTP 1.1).

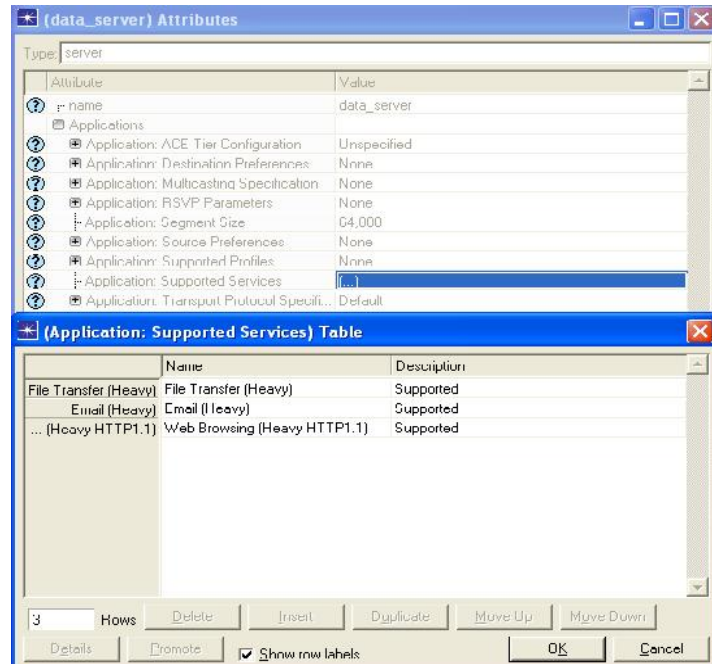


Figure 2.7 - Configurarea serverului de date

Configurările stațiilor mobile (umts_wkstn_adv și wlan_wkstn_adv) sunt prezentate mai jos:

- Stația mobilă UMTS:
 - UE_0 - Edit Atributes - Application: Supported Profiles - Edit - UMTS User;
 - UE_0 - Edit Atributes - Application: Supported Services - Edit - Voice over IP call (GSM Quality).
- Stația mobilă WLAN:
 - UE_1 - Edit Atributes - Application: Supported Profiles - Edit - UMTS User;
 - UE_1 - Edit Atributes - Application: Supported Services - Edit - Voice over IP call (GSM Quality).

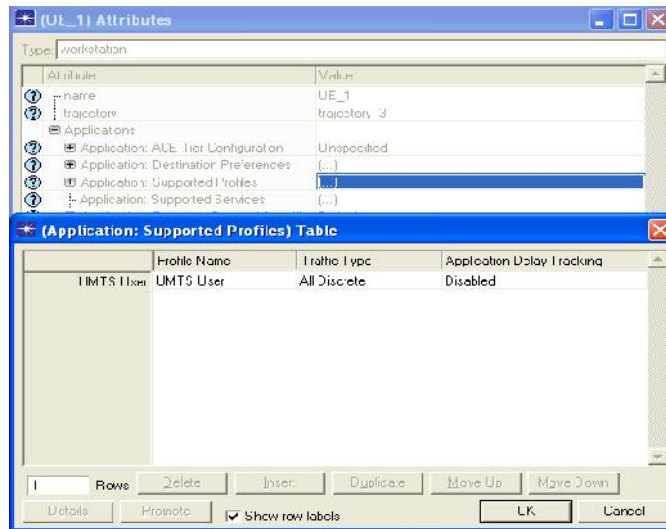


Figura 2.8 - Configurarea stației mobile UMTS

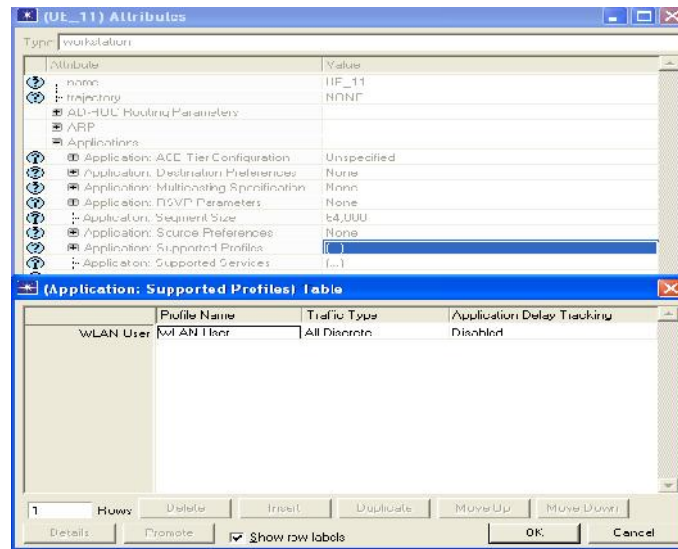


Figura 2.9 - Configurarea stației mobile WLAN

Stațiile mobile trebuie să se deplaseze de la o celulă la alta, iar pentru aceasta este nevoie de definirea unei traiectorii de deplasare. OPNET oferă această opțiune din meniul Topology (Topology - Define Trajectory).

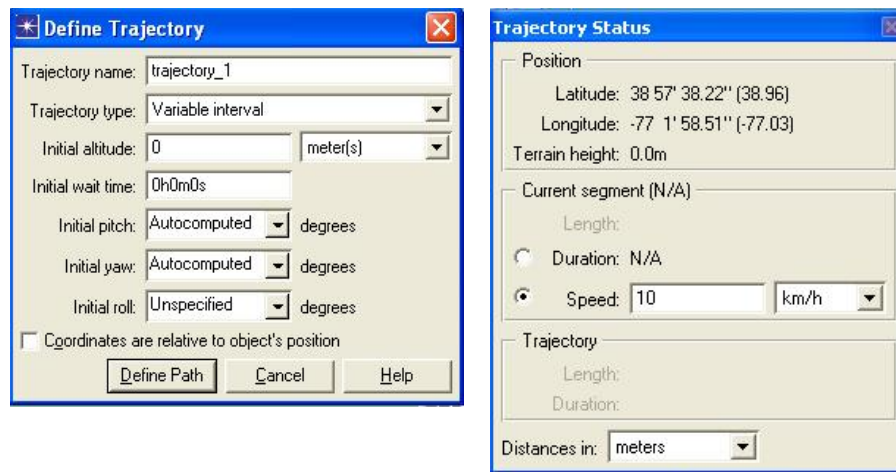


Figura 2.10 - Definirea traiectoriei unei stații mobile

După crearea unei traiectorii dorite, aceasta se va aplica unei stații mobile, descriindu-i deplasarea în rețea. Atribuirea unei traiectorii se va face conform imaginii de mai jos (UE_):

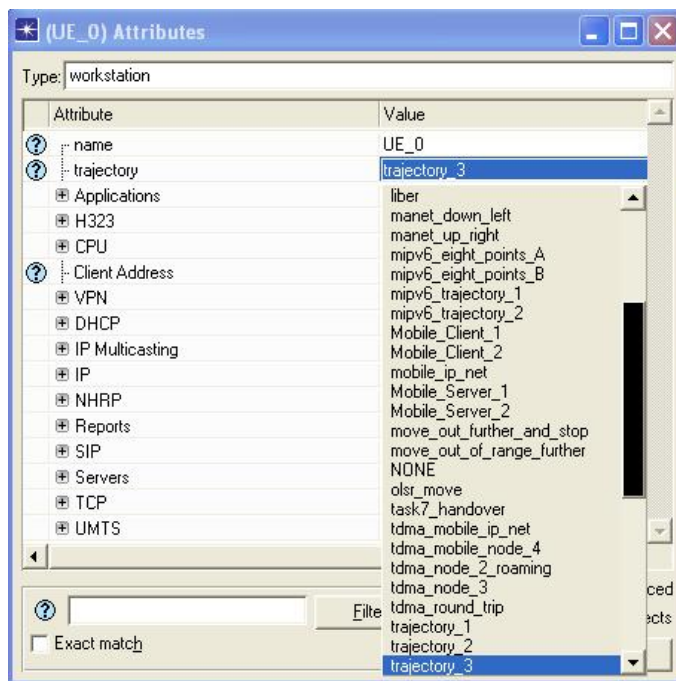


Figura 2.11 - Atribuirea unei traiectorii

Pentru a obține rezultatele dorite am colectat următoarele statistici (click dreapta - Choose Individual DES Statistics):

- ❖ Global Statistics:
 - Email;
 - Ftp;
 - HTTP;
 - UMTS GMM;
 - Voice;
 - Wireless LAN.
- ❖ Node Statistics:
 - Client Email;
 - Client Ftp;
 - Client HTTP;
 - TCP;
 - UDP;
 - Server Email;
 - Server Ftp;
 - Server HTTP;
 - Wireless LAN;
 - UMTS Handover.

Colectarea de statistici se realizează în mod similar ca în scenariul anterior.

În urma simulării celor două scenarii pe o perioadă de o oră (butonul Run - Duration: 1 hour -Run), s-au obținut rezultatele prezentate mai jos.

Comparând cele două scenarii pe același grafic (opțiunea Overlaid Statistics) și mediind rezultatele (average) traficul de tip ftp este similar în ambele cazuri, lucru vizibil în figura 2.12.

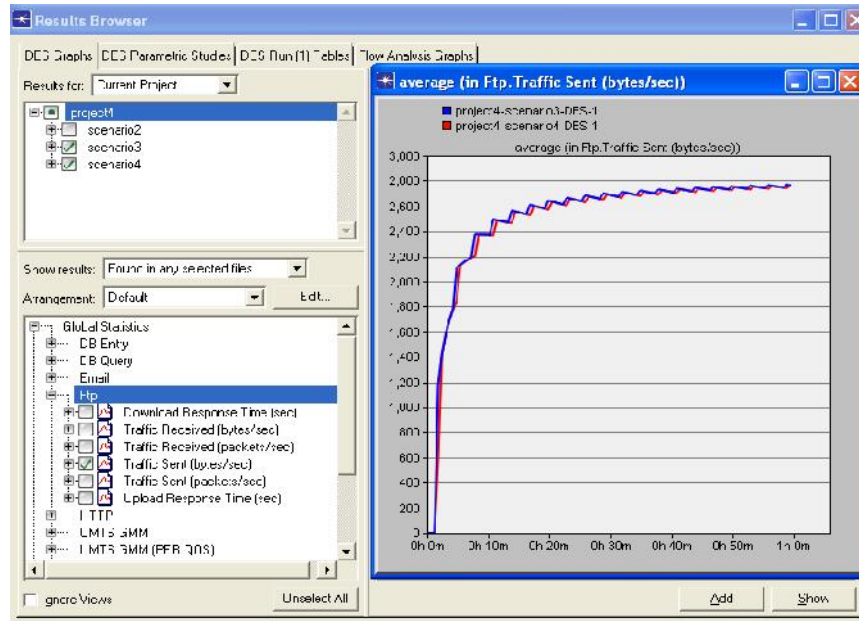


Figura 2.12 - Traficul ftp generat

Putem realiza o analiză la nivelul access point-ului pentru cele două cazuri studiate, observând o creștere a încărcării rețelei pentru cuplarea strânsă (figura 2.13).



Figura 2.13 – Diferența de încărcare dintre cele două configurații de rețele

În figura următoare se poate observa variația puterii semnalului pe perioada deplasării stației mobile UE_0 față de Node_B_1.

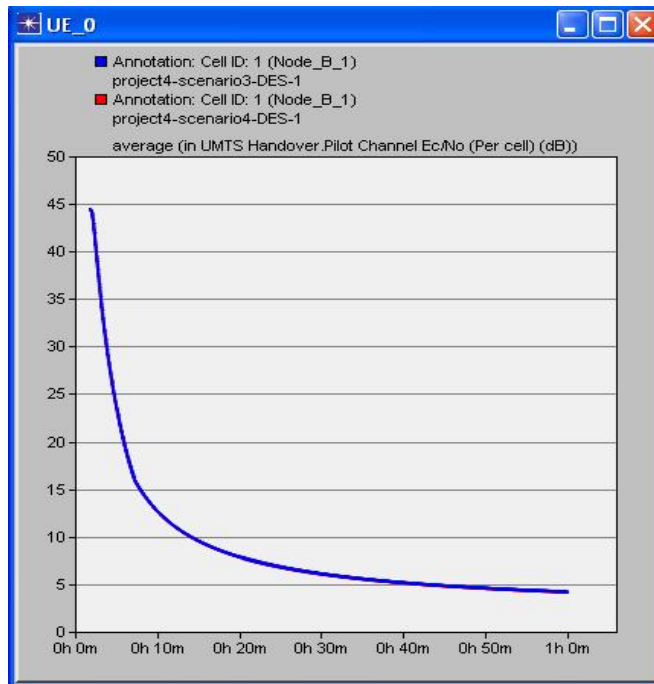


Figura 2.14 – Variația puterii semnalului radio în rețeaua UMTS

Principalul avantaj al handover-ului cu cuplare strânsă este acela de a avea un timp de răspuns mai bun pentru rețeaua WLAN.

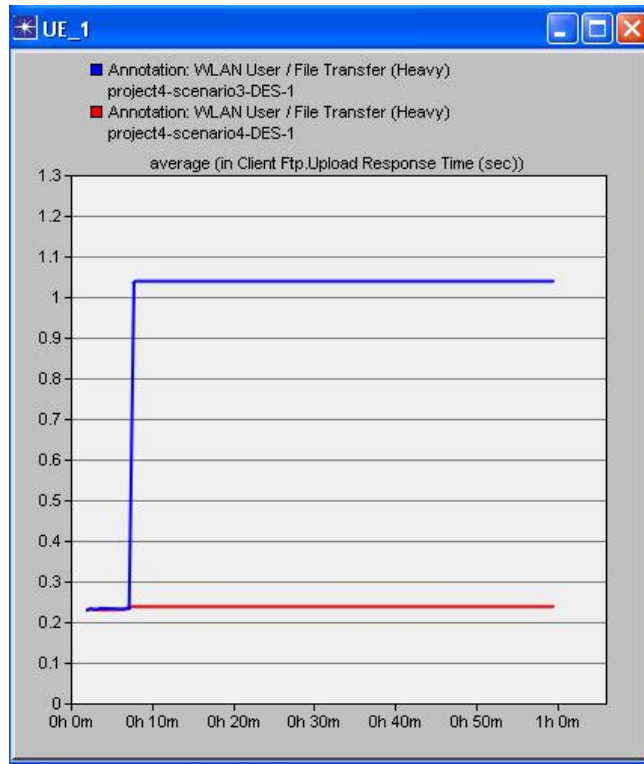


Figura 2.15 – Timpul de răspuns în rețeaua WLAN

3. CONCLUZII

Din primul grafic se poate observa că cantitatea de trafic de tip ftp oferit este în ambele cazuri la fel, ceea ce înseamnă că rezultatele următoare sunt comparabile.

Pentru cuplarea strânsă se observă că încărcarea rețelei wireless este mai mare, datorită faptului că linkurile folosite pentru conectarea rețelei WLAN la cea de UMTS sunt de capacitate mai mare în acest caz.

Serviciile UMTS sunt comparabil la același nivel în ambele cazuri.

Serviciile WLAN sunt livrate cu o întârziere constantă și vizibil mai scăzută pentru cazul în care se folosește cuplarea strânsă datorită faptului folosirii nodului SGSN.