

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

1.1. Caracteristici TEMS

TEMS (TEst Mobile System) este un program produs de compania Erisoft (ERICSSON), destinat testării și monitorizării interfeței radio într-o rețea celulară (GSM 900, DCS 1800, PCS 1900).

Principalele caracteristici ale TEMS sunt următoarele:

- vizualizarea informațiilor generale (parametrii ai interfeței radio, mesaje de semnalizare) cu privire la sistemul monitorizat;
- posibilitatea stabilirii unor ipoteze de test;
- posibilitatea selectării celulelor;
- salvarea mesajelor și secvențelor în fișiere de tip .log și rularea ulterioară a acestor fișiere;
- controlul de la distanță a stației mobile;
- controlul mesajelor specifice nivelului 3 al stivei de protocol;
- controlul autorizării;
- posibilitatea tipăririi separate a ferestrelor;
- citirea, monitorizarea și salvarea coordonatelor geografice de la un echipament extern de poziționare;
- citirea și schimbarea informațiilor de pe cartela SIM;
- trimiterea de mesaje scurte (SMS) către o altă stație mobilă;

Există două moduri de utilizare a programului TEMS în funcție de sursa de informație monitorizată:

- informația poate fi citită de la o stație mobilă (MS1) atașată computerului pe care rulează TEMS; de asemenea, informația se poate citi și de la o stație mobilă adițională (MS2) și / sau de la un echipament de poziționare în același timp;
- informația poate fi citită dintr-un fișier de tip .log pre-înregistrat.

Informațiile se pot citi și memora într-un fișier de la o singură sursă la un moment dat; prin urmare, cele două moduri de utilizare a programului TEMS sunt mutual exclusive (nu se pot rula fișiere .log atunci când se achiziționează informație de la un echipament conectat, și invers).

1.2. Controlul informațiilor monitorizate

Se va numi *logare* procesul prin care mesajele recepționate de la stația mobilă atașată sunt salvate într-un fișier de tip .log, prin intermediul programului TEMS. În absența oricărei intervenții din exterior, TEMS poate afișa o vastă cantitate de informații și mesaje pe durata inițierii unei legături cu stația mobilă conectată la calculator, ceea ce poate crea dificultăți în observarea și examinarea informațiilor în timp real.

Căsuța de dialog **Externals-Control MS logging** face posibil controlul informațiilor ce vor fi afișate

- **Idle mode reports** – se raportează diverși parametri care se pot înregistra în modul *idle*: numărul canalului (ARFCN), codul de identitate al stației de bază (BSIC) și nivelul semnalului recepționat (RxLev) pentru celula deservită și pentru încă 6 celule învecinate care generează cele mai puternice semnale la nivelul stației mobile, în timp ce stația mobilă se găsește în așteptare. Se poate raporta și calitatea semnalului recepționat (RxQual), dacă este activată opțiunea **Channel Quality** (calitatea canalului).

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

• **Dedicated mode report** – se raportează nivelul semnalului recepționat (RxLev), calitatea semnalului (RxQual), nivelul puterii emise (Tx power), avansul temporal (Timing Advance – TA), numărul canalului (ARFCN) și codul de identitate al stației de bază (BSIC) pentru celula deservită, puterea semnalului (RxLev) și BSIC pentru cele mai puternice 6 semnale generate de celulele învecinate și contoare temporale ale legăturii radio. În GSM, stația de bază recepționează mesaje de la stațiile mobile aflate în celula pe care o supervizează la intervale de timp foarte apropiate. Aceste mesaje nu trebuie să se suprapună, și din acest motiv, fiecare segment temporal este prevăzut cu un interval de gardă. Din păcate, acest interval de gardă are o valoare foarte mică și în plus pozițiile stațiilor mobile față de stația de bază pot varia foarte mult (de la 0 la raza celulei). Din aceste motive, în GSM există un mecanism de compensare a timpului de propagare variabil, care constă în decalarea momentului de emisie a stației mobile în funcție de poziția ei față de stația de bază. Valoarea acestui decalaj (numit **avans temporal**) este dedusă de rețea și transmisă stației mobile. După stabilirea unei conexiuni, BTS măsoară continuu decalajul temporal dintre propriul plan TDMA și cel dedus pe baza impulsurilor radio recepționate, apoi evaluează TA și îl transmite stației mobile pe un canal SACCH de două ori pe secundă.

• **No service mode report** - când nu este activată stația mobilă.

1.3. Calitatea și puterea semnalului recepționat în GSM

În sistemul GSM calitatea semnalului recepționat se calculează raportând numărul de biți recepționați eronat la numărul total de biți, anterior cunoscuți la stația mobilă. Parametrul specific GSM care caracterizează calitatea semnalului recepționat este RxQual. Între RxQual și rata erorii de bit (BER) există corespondența dată în tabelul 1.

BER (%)	0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.8	0.8-1.6	1.6-3.2	3.2-6.4	6.4-23.8	12.8-
RxQual	0	1	2	3	4	5	6	7

Tabelul 1 – Corespondența dintre BER și RxQual

Puterea semnalului recepționat se măsoară în GSM în nivele RxLev. Corespondența între RxLev și dBm este dată în tabelul 2:

dBm	-110	-109	...	-48	-47
RxLev	0	1	...	62	63

Tabelul 2- Corespondența dintre RxLev și dBm

1.4. Selecția celulei

Dacă stația mobilă se găsește în așteptare, este posibilă poziționarea ei forțată pe o anumită celulă sau pe un grup de celule caracterizate prin BCCH ARFCN, cu ajutorul TEMS. Această manevră va inhiba orice proces de re-selecție a celulei, care s-ar fi derulat în mod normal, și orice transfer (dacă se dorește acest lucru). Prin urmare, celula selectată va fi utilizată indiferent de puterea și calitatea semnalelor emise de celulele învecinate. Stația mobilă va rămâne poziționată pe canalul impus până la apăsarea butonului **Clear**, sau până când va fi re-pornită. În modul de așteptare se pot alege una sau mai multe frecvențe țintă dintr-o listă de maxim 42 de

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

frecvențe. În modul dedicat, se poate alege o frecvență țintă pe care stația mobilă va transfera forțat legătura; se pot selecta, de asemenea, și anumite frecvențe radio pe care stația mobilă să le evite în cazul efectuării transferului, caz în care stația mobilă nu va mai raporta puterea semnalului de pe aceste purtătoare.

1.5. Fișiere .log

Prin intermediul fișierelor .log se pot înregistra mesaje sau diverse secvențe care se derulează în timpul în care stația mobilă este monitorizată prin intermediul TEMS. Aceste fișiere sunt foarte utile operatorilor de rețele GSM, fiind părți ale documentațiilor scrise și testelor privind funcționarea unei rețele GSM. Utilizând un fișier .log drept sursă de informație, se pot rula secvențele înregistrate în cazul unei monitorizări ulterioare. Nu se poate rula un fișier .log atunci când stația mobilă este activată și monitorizată prin intermediul programului TEMS.

2. Vizualizarea informațiilor cu privire la rețeaua GSM monitorizată

2.1. Breviar

Una dintre cele mai importante caracteristici ale programului TEMS este posibilitatea de a monitoriza mesaje și alte informații în cadrul procesului de logare sau în urma vizualizării ulterioare a fișierului .log obținut, prin activarea diverselor ferestre din meniul **Monitor** (informațiile reprezentate sunt actualizate indiferent dacă ferestrele sunt active sau nu).

În fereastra referitoare la informații generale (**General information**) (fig. 1) se pot găsi diferite câmpuri, cele mai importante fiind explicate în tabelul 3.



Fig 1 – Fereastra de informații generale

Câmpul	Descriere
Lat, Lon	Poziția echipamentului mobil în momentul înregistrării (valid doar cu GPS)
Time	Timpul, cu precizie de 0.01s
Mark	Posibilitatea de a insera markere
Source	Numele unui fișier cu extensia .log, stația mobilă utilizată în timpul procesului de logare „MS1”, „MS1& Positioning Equipment” dacă se utilizează și un echipament de determinare a poziției și „MS1&MS2” dacă sunt conectate două stații mobile la calculatorul cu ajutorul căruia se face monitorizarea

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

Log, Log size	Numele fișierului și dimensiunea sa
Export	Numele fișierului exportat ca fișier text
Seq	Secvența de operații activă
Cells	Celulele utilizate
Locked	Informații despre BCCH blocate

Tabelul 3 – Descrierea câmpurilor din fereastra de informații generale

Fereastra **Serving cell** (celula curentă) prezintă informații referitoare la celula pe care este sincronizată stația mobilă: identitatea celulei (CI), identificatorul stației de bază (BSIC), numărul canalului radio absolut al canalului de radiodifuzare (BCCH ARFCN), codul de țară al rețelei mobile (MCC), codul rețelei mobile (MNC) și codul ariei de localizare (fig 2).

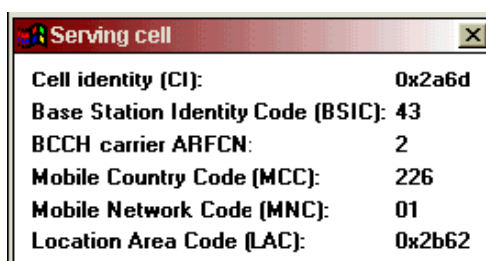
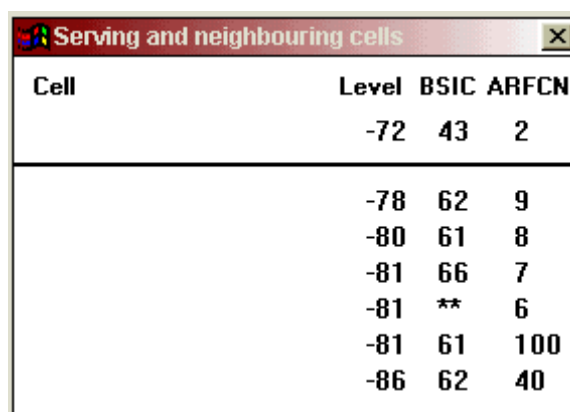


Fig 2 – Informații despre celula deservită

Fereastra **Serving and neighboring cells** (celula curentă și celule învecinate) furnizează informații despre celula deservită și despre încă 6 celule învecinate care furnizează cele mai puternice semnale la nivelul stației mobile. Informația afișată se referă la numele celulelor (definite de utilizator), BSIC, BCCH ARFCN și nivelul de putere (RxLev sau dBm) al fiecărei celule. O celulă se identifică prin cuplul de parametri BSIC – ARFCN, și eventual prin numele celulei. Apariția mesajului ** în câmpul BSIC indică faptul că informația transmisă de la acea stația de bază nu a putut fi decodată de către stația mobilă (fig 3).



Cell	Level	BSIC	ARFCN
	-72	43	2
	-78	62	9
	-80	61	8
	-81	66	7
	-81	**	6
	-81	61	100
	-86	62	40

Fig 3 – Informații despre celula deservită și celulele învecinate

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

Informația privind canalul pe care se desfășoară comunicația (**Dedicated channel**) cuprinde: numărul canalului (ARFCN), numărul slot-ului temporal utilizat, tipul canalului și offset-ul TDMA, secvența pentru saltul de frecvență etc.(fig 4).

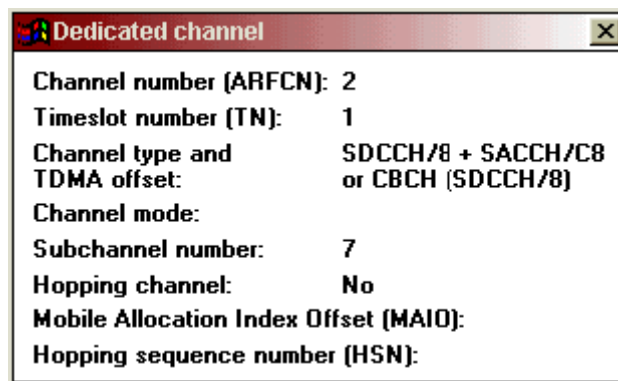


Fig 4 – Informații despre canalul dedicat

Fereastra **Radio environment** (mediul radio) conține informații despre parametrii legăturii radio: puterea (RxLev) și calitatea (RxQual) semnalului recepționat (unitățile de măsură se pot defini în meniul **Preferences**), avansul temporal (Timing Advance) și nivelul puterii transmise (Tx power) (fig 5).

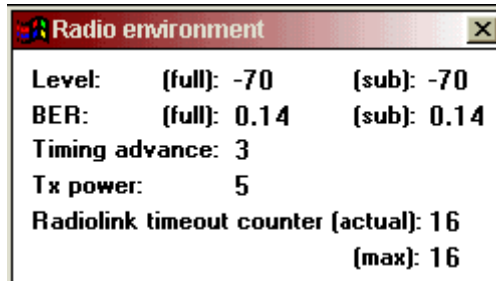


Fig. 5 – Mediul de transmisiune

Informația monitorizată și decodată de TEMS se poate exporta ca text utilizând funcția **Export as text** din meniul **File**; această operație este disponibilă numai atunci când sursa de informație este un fișier .log, adică atunci când stația mobilă este deconectată și se rulează un fișier de tip .log. Se pot selecta tipurile de informații care urmează să fie exportate ca fișier text (parametrii sunt separați prin caractere tab, iar mesajele sunt scrise pe linii consecutive).

2.2. Desfășurarea lucrării

1. Cu ajutorul TEMS se rulează fișierul log_1_1.log utilizând comanda **Replay logfile** din meniul **Log**. Se vor vizualiza și se vor nota informațiile de ordin general despre rețeaua GSM în care s-a făcut înregistrarea fișierului, celula cu care este sincronizată stația mobilă și celulele învecinate: Cell Identity, BSIC, BCCH carrier ARFCN, MCC, MNC, LAC (se utilizează ferestrele **Serving Cell**, **Serving and neighboring cells** din meniul **Monitor**). Se completează tabelul 4.

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

<i>Cell Identity</i>	<i>BSIC</i>	<i>BCCH ARFCN</i>	<i>MCC</i>	<i>MNC</i>	<i>LAC</i>

Tabelul 4 – Informații generale despre rețeaua GSM

2. Se rulează fișierul log_1_1.log. Se vor schimba numele celulelor conform tabelului 5 (modificările se vor salva în fișierul a.cel). Se va utiliza în acest scop meniul **File / Define Cell Names...**

<i>Denumire nouă</i>	<i>BSIC</i>	<i>ARFCN</i>
Cel_start	44	93
Cel_1	46	103
Cel_2	40	61
Cel_3	0	5
Cel_4	01	8
Cel_5	**	4
Cel_6	0	2

Tabelul 5 – Schimbarea numelor celulelor

Serving and neighbouring cells informația legată de BSIC apare uneori sub forma **, ceea ce înseamnă că informația referitoare la stația de bază respectivă nu a putut fi decodată.

3. Pentru același fișier se vizualizează și se interpretează informațiile specifice modurilor de raportare (*idle* și *dedicated*) cu ajutorul funcției **Mode reports** din meniul **Monitor**. Se va explica la ce se referă termenii de „idle” și „dedicated”.

2.3. Întrebări

1. Care este valoarea codului LAI al ariei de localizare (compus din codul de țară MCC, codul de rețea MNC și codul ariei de localizare LAC) în care s-a făcut înregistrarea acestui fișier?
2. În timpul rulării fișierului se observă (sau s-ar putea observa) modificarea parametrului MNC. Explicați posibila apariție a acestui fenomen.
3. Explicați cauzele care duc la imposibilitatea decodării codului BSIC (**) de către programul TEMS.
4. În modul de raportare dedicat apare parametrul TA (**Timing Advance**). Să se definească și să se explice funcționarea acestui parametru în cadrul GSM.

3. Operații asupra stației mobile

3.1. Breviar

Stația mobilă poate fi accesată de la distanță prin intermediul TEMS, prin afișarea unei ferestre reprezentând tastatura stației mobile (asupra căreia utilizatorul poate acționa) și afișajul acesteia. Această opțiune este valabilă și în cazul monitorizării a două stații mobile în același timp.

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

Dacă sursa de informații este o stație mobilă atașată, TEMS oferă posibilitatea citirii, și chiar modificării unor informații conținute în cartela SIM a stației mobile.

În diverse simulări, schimbarea clasei de putere a stației mobile poate fi utilă; cu ajutorul TEMS, este posibilă creșterea puterii de emisie a stației mobile, față de cea actuală.

3.2. Desfășurarea lucrării

Se vizualizează informațiile conținute în cartela SIM. Se lansează programul `sim_card.exe`. Informațiile sunt grupate în mai multe câmpuri, unele dintre acestea putând fi modificate (se activează comanda **Write**).

În câmpul **Access Control** se pot vizualiza informații referitoare la clasa de acces a stației mobile. Există un număr total de 15 clase, 10 dintre ele fiind alocate pentru abonamente standard, iar 5 sunt alocate altor servicii:

- clasa 15 – operator de rețea;
- clasa 14 – servicii de urgență;
- clasa 13 – servicii de utilitate publică (pompieri, salvare, poliție etc.);
- clasa 12 – servicii de securitate;
- clasa 11 – utilizată la discreția operatorului.

Clasa 10 de abonament permite autorizarea sau interzicerea apelurilor de urgență (112). Cu ajutorul câmpului **SIM service table** se pot vizualiza informații referitoare la serviciile alocate și efectiv active în stația mobilă. Acest câmp identifică serviciile oferite de cartela SIM stației mobile, servicii dependente de versiunea acesteia (a nu se confunda cu serviciile oferite de operator abonatului) (tabelul 6).

<i>Serviciul 1</i>	Posibilitatea activării/dezactivării codului PIN
<i>Serviciul 2</i>	Posibilitatea de a utiliza numerotarea prescurtată
<i>Serviciul 3</i>	Rezervat pentru utilizarea în faza 2
<i>Serviciul 4</i>	Posibilitatea stocării de mesaje scurte
<i>Serviciul 5</i>	Posibilitatea stocării informațiilor legate de taxare (prezentă în faza 1 și neutilizată în faza 2)
<i>Serviciul 6</i>	Posibilitatea stocării informațiilor legate de configurarea unui modem pt o comunicație de date
<i>Serviciul 7</i>	Posibilitatea selectării rețelei dintr-o listă de rețele agreate

Tabelul 6 – Serviciile oferite de cartela SIM

Fiecărui serviciu îi sunt alocați doi biți: primul bit indică dacă serviciul este alocat (1) sau nu (0), iar al doilea indică dacă serviciul este activ (1), sau nu (0). Structura celor doi octeți este prezentată în fig. 6.

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

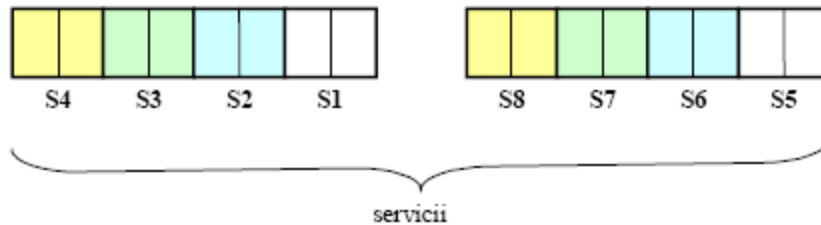


Fig 6 – Structura câmpului **SIM service table**

Câmpul **BCCH information** permite anumitor stații mobile să stocheze ultima listă de celule învecinate transmisă rețelei în scopul accelerării procesului de selecție a celulei la pornirea stației mobile, favorizând scanarea canalelor memorate în listă.

Parametrul **BA-NO** se referă la banda de frecvențe în care se găsesc canalele BCCH ale celulelor învecinate (pt GSM BA-NO are valoarea 0).

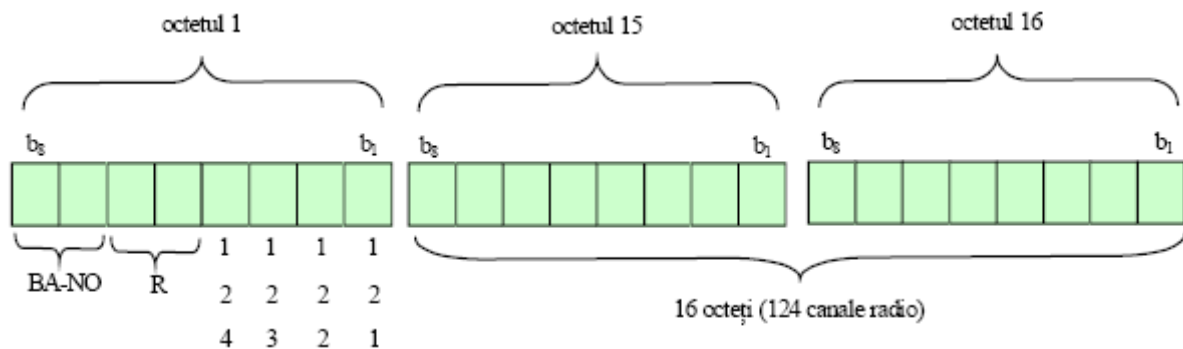


Fig 7 – Structura câmpului **BCCH information**

LAI identifică aria de localizare a PLMN și este compus din codul de țară MCC (3 digiți), codul de rețea MNC (2 digiți) și codul zonei de localizare LAC.

T3212 reprezintă un interval de timp utilizat pentru controlul actualizării periodice a localizării stației mobile (valoarea se dă în 1/10 ore; o valoare 0 pentru T3212 indică faptul că stația mobilă nu utilizează actualizarea periodică).

Updating status permite vizualizarea stării de reactualizare a localizării, și poate avea următoarele valori:

- 0 – localizare reactualizată;
- 1 – localizare neactualizată;
- 2 – tentativă de reactualizare a localizării într-o rețea PLMN interzisă;
- 3 – tentativă de reactualizare a localizării într-o arie de localizare interzisă.

Ciphering key reprezintă cheia de criptare a comunicației de 64 biți, rezultată în urma derulării algoritmului A8 la nivelul MS.

Ciphering key SN este un parametru care este stocat în VLR împreună cu KC , și este inclus în mesajul de autentificare trimis de MSC/VLR. Când MS recepționează acest mesaj, calculează SRES și KC, memorând CKSN și KC în SIM. Următoarea dată când MS vrea să acceseze sistemul, ea va

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

trimite CKSN în mesajul de cerere de serviciu. În acest moment MSC știe care cheie KC este stocată în SIM, și ca atare nu este necesară trimiterea unui mesaj de cerere de autentificare conținând RAND, trecându-se direct la procedura de cifrare. Această situație se numește **autentificare selectivă**.

3.3. Întrebări

1. Cu ajutorul programului simcard.exe, precizați dacă pentru SIM-ul monitorizat este posibilă activarea codului PIN și stocarea mesajelor scurte în SIM. Care dintre aceste servicii sunt alocate și / sau active?
2. Se pot vizualiza informații cu privire la taxare cu ajutorul acestui SIM?
3. Cu ajutorul acestui SIM se poate selecta o anumită rețea dintr-o listă de rețele agreate?
4. Precizați dacă în momentul afișării informațiilor stocate în SIM localizarea stației mobile a fost actualizată.
5. Să se precizeze dacă rețeaua mobilă monitorizată utilizează actualizarea periodică.
6. Descrieți procedura de cifrare în cazul în care stația mobilă se află în așteptare. Care este diferența față de cazul în care stația mobilă se află în modul dedicat?
7. Precizați dacă abonamentul corespunzător acestui SIM este de tip standard sau corespunde unui alt serviciu aflat la discreția operatorului GSM.
8. Explicați ce implicații are setarea parametrului T3212 la valoarea minim posibilă, respectiv la valoarea maxim posibilă.

4. Parametrii interfeței radio GSM

O unealtă foarte utilă de afișare a informațiilor în mod grafic este **Graphical presentation** (fereastra de reprezentări grafice; fig 1), în care se pot vizualiza următorii parametri (în timp real sau rulând un fișier înregistrat):

- puterea semnalului recepționat (RxLev) (de la BS curentă și de la două celule învecinate ce furnizează semnalele cele mai puternice la nivelul stației mobile);
- calitatea semnalului recepționat (RxQual);
- avansul temporal (TA);
- puterea de emisie (TxPwr);
- numărul canalului (ARFCN) (pentru celula curentă și pentru cele două celule învecinate);
- poziția (Lat și Lon), dacă s-a utilizat un echipament de determinare a poziției în timpul înregistrării.

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

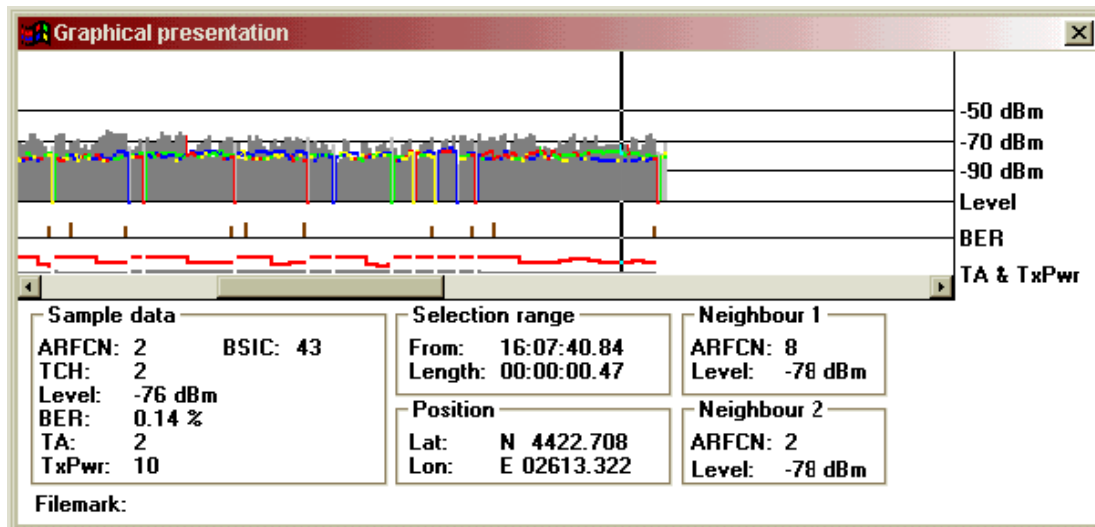


Fig 8 – Prezentarea monitorizării în modul grafic

Nivelul de putere și calitatea semnalului recepționat sunt reprezentate prin bare verticale, iar nivelul celor mai puternice semnale recepționate de la două celule învecinate este reprezentat prin linii orizontale colorate. Avansul temporal (TA) este reprezentat printr-o bară verticală, iar puterea de emisie printr-o linie orizontală. Culoarea barelor verticale din reprezentările grafice ale nivelului semnalului recepționat reflectă starea stației mobile la momentul respectiv: culoarea gri-deschis înseamnă că stația mobilă se găsește în așteptare (*idle*), iar culoarea gri-închis denotă stabilirea unei legături (stația mobilă se găsește în modul *dedicated*). Se utilizează mai multe culori diferite pentru reprezentarea grafică a semnalului recepționat de la cele două celule învecinate. Dacă semnalul cel mai puternic de la o celulă învecinată scade sub valoarea altui semnal recepționat de la altă celulă învecinată după care revine pe poziția inițială, se va păstra aceeași culoare în reprezentarea grafică. Un transfer al legăturii de comunicație pe altă frecvență este semnalizat printr-o bară verticală, care corespunde în mod normal unei modificări a parametrului ARFCN pentru celula curentă.

Controlul puterii este un mecanism (opțional) prin care se modifică în anumite limite puterea de emisie, atât la stația de bază cât și la stația mobilă, față de condițiile concrete inițiale astfel încât să se asigure încadrarea semnalului recepționat între anumite limite de calitate. Reglajul puterii se poate aplica în mod independent pe cele două sensuri de comunicație. Pentru reglajul puterii la nivelul stației mobile, este prevăzută o diferență de 20-30 dB (în funcție de clasa de emisie) între limitele superioară și inferioară ale puterii de emisie, cu pași de 2dB și pornind de la un nivel minim de 13 dBm. În GSM controlul puterii este administrat de către BSS, pe baza parametrilor stației mobile și a măsurătorilor realizate de către BTS asupra nivelului și calității semnalului recepționat. BSC stabilește puterea cu care trebuie să transmită stația mobilă. Cu ajutorul programului TEMS, se poate modifica nivelul de emisie al stației mobile, dar doar în sens crescător, ignorându-se comenzile primite în mod normal din partea BSC.

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

4.2. Desfășurarea lucrării

Se rulează fișierul log_2.log cu ajutorul comenzii **Replay logfile** din meniul **Log**. Se vor vizualiza și se vor nota în tabelul 7 informațiile de ordin general cu privire la rețeaua GSM monitorizată și la celula deservită (se utilizează fereastra **Serving Cell** din meniul **Monitor**).

<i>Cell Identity</i>	<i>BSIC</i>	<i>BCCH ARFCN</i>	<i>MCC</i>	<i>MNC</i>	<i>LAC</i>

Tabelul 7 – Informații generale despre rețeaua GSM

BCCH ARFCN reprezintă purtătoarea radio pe care se transmite canalul logic BCCH. El se transmite pe primul slot temporal (0) de pe această purtătoare, alături de canalele FCCH (corecția de frecvență) și SCH (sincronizare) și este utilizat pentru radiodifuzarea informațiilor generale despre celulă: nivelul minim de semnal pentru acces, nivelul maxim de putere admis în celulă, identificatorul ariei de localizare, lista cu celulele învecinate, organizarea canalelor logice în celulă.

Pentru același fișier, cu ajutorul reprezentării grafice a semnalelor recepționate (fereastra **Graphical presentation** din meniul **Monitor - Status information**), se va completa tabelul 8 (unitățile de măsură ale parametrilor monitorizați se pot modifica cu ajutorul funcției **Preferences** din meniul **File**).

<i>t (hh:mm:ss)</i>	19:24:44.03	19:24:48.35	19:25:06.09	19:25:19.05	19:25:35.39
Nivelul semnalului recepționat de la celula curentă					
<i>[dbm]</i>					
<i>[RxLev]</i>					
Calitatea legăturii curente					
<i>[BER]</i>					
<i>[RxQual]</i>					
<i>TA</i>					
<i>TxPwr</i>					
Nivelul semnalului recepționat de la celula învecinată 1					
<i>[dbm]</i>					
<i>[RxLev]</i>					

Tabelul 8 – Nivelul semnalului și calitatea legăturii

4.3. Întrebări

1. Se observă că parametrul TA nu își modifică valoarea în timpul rulării fișierului log_2.log. Explicați acest fenomen.
2. Ce semnificație fizică are creșterea (scăderea) valorii parametrului TA față de o valoare anterioară?

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

3. Cu ajutorul programului TEMS se poate ajusta nivelul semnalului emis de stația mobilă doar în sens crescător. De ce?

5. Transferul în sistemul GSM

5.1. Breviar

Transferul este o procedură specifică rețelelor celulare prin care legătura de comunicație este preluată de către o altă stație de bază care asigură condiții mai bune de desfășurare a legăturii decât stația de bază curentă.

În GSM procedura de transfer se bazează pe o cooperare foarte strânsă între stația mobilă (transfer de tip MAHO – *Mobile Assisted Handover*), stația de bază și centrul de comutare. În funcție de scopul urmărit prin realizarea transferului, se pot distinge următoarele categorii:

- *transferul de salvare*: transferul de salvare se realizează în scopul evitării pierderii unei legături aflată în desfășurare, în momentul în care stația mobilă părăsește celula curentă.

- *transferul de reținere*: transferul de reținere este efectuat în scopul optimizării nivelului global de interferență în rețea; nivelul global de interferență se poate îmbunătăți dacă stația mobilă realizează legătura curentă prin intermediul altei stații de bază.

- *transferul de trafic*: transferul de trafic se efectuează în situația în care stația mobilă se află într-o celulă în care traficul este foarte aglomerat, în timp ce în celulele învecinate nu se desfășoară prea multe legături de comunicație.

În sistemul GSM, pe lângă transferul clasic, intercelular (de salvare) se mai poate utiliza și transferul *intracelular*, în care stația mobilă se poziționează pe alt canal din interiorul celulei curente.

Decizia efectuării unui transfer se face pe baza evaluării parametrilor:

- RxLev – puterea semnalului recepționat măsurată fie de stația mobilă, fie de stația de bază;
- RxQual – calitatea semnalului recepționat, care se poate evalua fie la stația mobilă, fie la stația de bază;
- TA – avansul temporal, parametru pe baza căruia se poate estima distanța dintre stația mobilă și stația de bază.

Acești parametri, împreună cu nivelele de putere recepționate de la încă 16 stații de bază, sunt trimise la fiecare 480 ms către stația de bază curentă, unde se compară cu valorile de prag pentru transfer, declanșându-se algoritmul de transfer la atingerea unuia sau mai multor praguri. Centrala va recepționa un mesaj de la stația de bază care conține o listă a celulelor învecinate în ordinea descrescătoare a nivelului de putere al semnalului recepționat, precum și cauza care a condus la necesitatea efectuării unui transfer: calitatea semnalului, puterea recepționată sau creșterea distanței dintre mobil și stația de bază. Centrala va interoga prima celulă din listă și în cazul confirmării disponibilității unui canal de trafic, noua celulă va primi un mesaj de alocare din partea centralei, prin intermediul rețelei de semnalizare. În același timp, prin intermediul stației de bază curente, se transmite către mobil comanda de transfer care conține informații legate de celula care-l va deservi în continuare.

Valorile pragurilor de transfer determină calitatea și capacitatea sistemului și sunt fixate de către operatorul de rețea. Dacă valorile de prag sunt prea ridicate, atunci vor avea loc foarte

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

multe cereri de transfer care în realitate nu ar fi necesare; dacă valorile pentru pragurile de transfer sunt prea coborâte este posibilă creșterea numărului de comunicații întrerupte la nivelul rețelei GSM.

5.2. Desfășurarea lucrării

Se rulează fișierul log_2.log cu ajutorul comenzii **Replay logfile** din meniul **Log**. La momentul t=09:23:49.85 se poate observa apariția unui transfer al legăturii de comunicație de la celula curentă (ARFCN=6, BSIC=41), la o altă celulă care oferă condiții mai bune de desfășurare a comunicației (ARFCN=10, BSIC=41).

Cu ajutorul ferestrei **Graphical presentation**, se completează tabelul 8. Se vor nota informațiile referitoare la mediul radio înainte și după efectuarea transferului.

<i>T</i> (hh:mm:ss)	Celulă curentă			Cel. Vecină 1		Cel. vecină 2	
	ARFCN	RxLev	RxQual	ARFCN	RxLev	ARFCN	RxLev
09:23:48.90							
09:23:50.34							

Tabelul 8 – Mediul radio înainte și după efectuarea transferului

Se rulează fișierul log_23.log și se completează tabelul 9, utilizând fereastra **Graphical presentation** din meniul **Monitor**. Momentele de timp indicate în tabel sunt imediat anterioare efectuării unor proceduri de transfer și imediat după efectuarea transferului.

<i>t</i> (hh:mm:ss)	Înainte de transfer		După transfer	
	ARFCN	RxQual	ARFCN	RxQual
t=19:43:01.20				
t=19:43:57.58				
t=19:44:33.68				
t=19:44:38.31				
t=19:46:10.52				
t=19:46:36.05				
t=19:46:42.49				

Tabelul 9 – Mediul radio înainte și după efectuarea transferului

Pentru același fișier, rulat de data aceasta cu ajutorul tastelor cursoare (,→), se completează tabelul 10 corespunzător valorilor TA între momentele t=19:44:38.31 și t=19:46:10.52, utilizând fereastra **Graphical presentation** din meniul **Monitor**.

<i>t(hh:mm:sss)</i>					
<i>TA</i>					

Tabelul 10 – Valori TA pe parcursul rulării fișierului

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

Pe baza acestor valori ale TA, să se schițeze traiectoria MS, relativ la BS.

5.4. Întrebări

1. În timpul rulării fișierului log_2.log se observă că parametrul ARFCN curent are aceeași valoare cu cel corespunzător celei de-a doua celule învecinate. Explicați apariția acestui fenomen.
2. Care este motivul efectuării transferului la momentul t=09:23:49.85 în cazul fișierului log_2.log?
3. După efectuarea transferului la momentul t=09:23:49.85 (fișierul log_2.log) se observă că identitatea celulei nu s-a schimbat. Să se explice apariția acestui fenomen.
4. La momentul t=09:24:26.44 (fișierul log_2.log) are loc schimbarea valorii parametrului ARFCN din 10 în 6, fără ca acest fenomen să fie semnalizat drept transfer de către TEMS. De ce?
5. Care este motivul efectuării transferului de la momentul t=19:46:10.52 (fișierul log_23.log)?
6. Care este motivul efectuării transferului de la momentul t=19:44:33.68 (fișierul log_23.log)?
7. În urma transferului de la momentul t=19:44:38.31 (fișierul log_23.log) se observă că nivelul de calitate s-a înrăutățit foarte mult. Din ce motiv s-a efectuat totuși acest transfer, având în vedere că nivelul de putere al semnalului nu era foarte scăzut?
8. În ce categorie (transfer de salvare, transfer de reținere, transfer de trafic) se pot clasifica transferurile de la momentele t=19:43:01.20 și respectiv t=19:44:33.68 (fișierul log_23.log)?

6. Actualizarea localizării în GSM

6.1. Breviar

Pentru a putea dirija eficient un apel către o stație mobilă, rețeaua GSM are nevoie de informații minimale privind poziția acesteia (în ce arie de localizare se găsește?). Prin actualizarea localizării se înțelege informarea rețelei GSM cu privire la poziția stației mobile în cadrul rețelei geografice GSM. Rezultatele procedurilor de actualizare a localizării sunt stocate în VLR, HLR și în SIM.

Există trei variante de actualizarea a localizării :

- actualizarea normală a localizării;
- actualizarea periodică a localizării;
- proceduri *IMSI attach / detach*.

În cazul *actualizării normale a localizării*, stația mobilă aflată în modul *idle*, raportează rețelei schimbarea ariei de localizare datorită deplasării. În cazul unui apel către MS, rețeaua verifică dacă stația mobilă se găsește în interiorul unei celule incluse în ultima arie de localizare raportată.

Există mai multe situații în care stația mobilă poate trece în stare de inactivitate fără a semnaliza acest lucru rețelei, care va emite inutile mesaje de paging către MS în cazul unui apel. Pentru a evita încărcarea rețelei cu mesaje de semnalizare incorecte, se utilizează *actualizarea periodică a localizării MS*, procedură prin care stația mobilă trimite la anumite intervale de timp T3212 (alese de rețea între 6 min. și 24 h) datele proprii de localizare. De asemenea, există situația în care se pot defecta bazele de date ale rețelei (HLR, VLR) care dețin informații care se

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

modifică în timp despre localizarea MS. În această situație, SIM-ul stației mobile este singura entitate care deține datele corecte de localizare, date care vor fi transmise rețelei prin intermediul procedurii de actualizare a localizării. Dacă o MS este oprită (sau nu are SIM) trebuie evitată încărcarea rețelei cu mesaje de semnalizare către MS. Acest lucru se realizează prin comutare unei variabile de tip boolean la nivelul VLR prin care rețeaua este informată dacă stația mobilă este sau nu disponibilă. La pornirea MS se desfășoară procedura *IMSI attach*, urmată eventual de actualizarea normală a localizării dacă aria de localizare s-a modificat. În cazul opririi MS se derulează procedura *IMSI detach*, care constă în trimiterea fără confirmare a unui mesaj către rețea RIL3-MM IMSI DETACH.

6.2. Desfășurarea lucrării

Se rulează fișierul log_24.log utilizând comanda **Step** din meniul **Replay log file**. Cu ajutorul ferestrelor **Serving cell** și **Graphical presentation** se completează tabelul 11. Pentru prima arie de localizare se vor nota parametrii semnalului recepționat (RxLev, RxQual) imediat înainte de trecerea în noua arie de localizare; imediat după această trecere parametrii menționați corespund noii arii de localizare. Se recomandă rularea fișierului cu viteză scăzută.

Arie de localizare 1					Arie de localizare 2				
MNC	LAC	ARFCN	RxLev	RxQual	MNC	LAC	ARFCN	RxLev	RxQual

Tabelul 11 – Schimbarea ariei de localizare

6.3. Întrebări

1. Prezentați avantajele utilizării ariei de localizare din punctul de vedere al trimiterii mesajelor de paging.
2. O arie de localizare este controlată de :
 - una sau mai multe MSC, dar un singur BSC;
 - una sau mai multe MSC, dar un singur HLR;
 - una sau mai multe BSC, dar un singur MSC.
3. Cum se explică faptul că în cazul rulării fișierului log_24.log nu se semnalizează modificarea ariei de localizare în momentul efectuării transferului de la momentul 12:13:06.21?

Monitorizare rețea GSM cu ajutorul programului TEMS.

Funcțiuni ale resurselor radio în GSM

7. Listă de abrevieri

ARFCN	Absolute RF Channel Number	BCCH	BroadCast Channel
BS	Base Station	BA-NO	Band Number
BSIC	Base Station Identity Code	CBCH	CellBroadcast Channel
CC	Call Control	CI	Cell Identity
DCS	Digital Cellular System		
IMSI	International Mobile Subscriber Identity		
LAC	Location Area Code	MNC	Mobile Network Code
MS	Mobile Station	MSC	Mobile Switching Centre
PCH	Paging Channel	LAI	Location Area Identity
LOMS	LOg Mobile Software	MCC	Mobile Country Code
MM	Mobility Management	MMI	Man Machine Interface
PCS	Personal Communication System		
RR	Radio Resource	RxLev	Received signal Strength
RxQual	Received signal Quality	SIM	Subscriber Identity Module
TA	Timing Advance	TCH	Traffic Channel
TX Power	Transmitted signal Power		