

## GSM tinklo mobiliosios stoties vietos patikslinimo būdai

V. Liutkauskas, I. Lagzdinytė

Kompiuterių tinklų katedra, Kauno technologijos universitetas, Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva

### Įvadas

Mobiliam ryšiui užmegzti reikia žinoti abonto mobiliosios stoties (MS) prijungimo prie visuotinio mobiliojo ryšio tinklo (GSM) vietą. Kiekviena MS prijungiama prie tinklo per bazinę stotį (BTS). BTS per bazinės stoties valdiklį (BSC) yra sujungiami su mobiliojo ryšio komutacine stotimi (MSC). MS registravimo informacija saugoma dviejuose registruose: tinklo abonentų registre (HLR) ir abonentų vietos registre (VLR) [1]. Šioje informacijoje tarp kitų duomenų yra duomenys apie BTS, prie kurios kiekvienu momentu yra prijungta MS, taip pat ir duomenys, leidžiantys su tam tikra paklaida nustatyti MS atstumą ir kryptį BTS atžvilgiu. Analogiški duomenys yra saugomi ir paties MS vartotojo identifikacijos modulyje (SIM).

MS vietos nustatymo procesui supaprastinti tinklas suskirstomas į vietos zonas (LA), apimančias tam tikrą ląstelių skaičių (1 pav.). MSC yra centrinis MS suradimo proceso koordinatorius. MS judant vietovėje iš vienos LA į kitą, vietos informacija atnaujinama automatiškai. MS vietai nustatyti dažniausiai naudojama apklausimo (angl. paging) procedūra. Ypatingais atvejais MS vietos koordinatų nustatymo paklaidoms sumažinti gali būti įdiegta perkėlimo (angl. Handover) procedūra.

MS vietos nustatymo panaudojant GSM tinklo savybes uždaviniai tapo aktualūs, kai iškilo skubios pagalbos paslaugos visiems mobiliojo tinklo abonentams būtinumas. Kartu su skubios pagalbos paslaugomis aktualios tapo ir tarptautinių vežimų transporto priemonių nuolatinio stebėjimo uždaviniai. Anksčiau sukurta visuotinio pozicionavimo sistema patikimai veikia atviroje vietovėje, tačiau dar negali užtikrinti patikimo mobiliojo tinklo abonentų ir transporto priemonių vietos nustatymo patalpose. Be to, realiu laiku perduodant per abonentinius ryšio kanalus vietos geografines koordinatas, labai padidėja paslaugos savikaina.

Pastaruoju metu GSM tinklo kūrėjai pateikia MS vietos nustatymo sistemas, iš kurių išsiskiria „Ericsson“ sukurta sistema MPS SDK. Yra žinoma analogiškų sistemų panaudojimo atvejų Didžiojoje Britanijoje, Vokietijoje, Nyderlanduose, Belgijoje, Ispanijoje (<http://www.teydo.com/mobispot/uk/en/>), taip pat JAV (<http://www.trafficonline.com/index.htm>). Literatūroje [5] aprašytos galimų vietos nustatymo būdų orientacinės paklaidos. Tačiau keičiantis BTS tarpusavio išsidėstymams kinta ir MS vietos nustatymo paklaidų dydis.

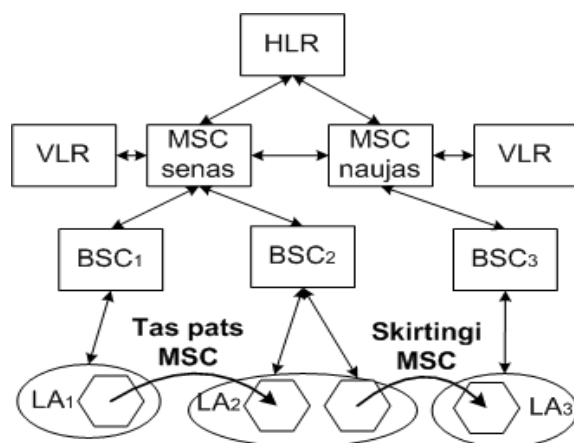
Sprendžiant tarptautinių vežimų saugumo uždavinius, dažniausiai būna žinomi transporto maršrutai ir BTS išsidėstymas. Kita vertus, projektuojant GSM tinklą šalia transporto magistralių, kartais svarbu taip išdėstyti BTS, kad būtų minimali MS vietos nustatymo paklaida.

Darbe analizuojami žinomu maršrutu judančių MS vietos nustatymo paklaidų atsiradimo technologiniai ypatumai, aptariami galimi paklaidų mažinimo būdai, pasiūlytas vietos informacijos atnaujinimo modelis. Pateikta MS vietos nustatymo paklaidų, gaunamų įvertinant sinchronizacijos parametą TA (Timing Advance), skaičiavimo metodika. Eksperimentiškai įvertinamos paklaidos, gaunamos nustatant TA parametą.

### MS vietos atnaujinimo procedūra

Vieno GSM tinklo viduje apytikslė MS vieta gali būti nustatoma vienos LA aprėpties pločio tikslumu (zonos skersmuo 2÷50 km). MS judant tarp ląstelių vienos LA ribose vietos informacija neatnaujinama. Ji atnaujinama tik MS kertant LA ribą [4]. Be to, tinklas periodiškai (kas 1÷2 val.) pats inicijuoja MS vietos informacijos atnaujinimą ir MS vieta nustatoma ląstelės skersmens tikslumu. Ląstelės skersmuo mieste gali būti nuo 0,1 km, o užmiestyje - iki 70 km. Judant MS, galimi du LA informacijos atnaujinimo atvejai:

- Vietos informacijos atnaujinimas MS kertant ribą tarp dviejų VLR, priklausančių tam pačiam MSC;
- Vietos informacijos atnaujinimas MS kertant ribą tarp dviejų VLR, esančių skirtinguose MSC.

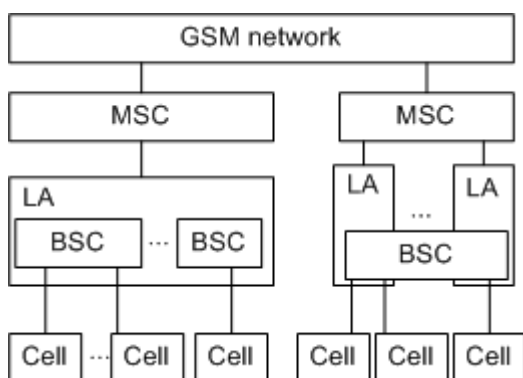


1 pav. Vietos atnaujinimo atvejai

Kiekviena BTS siunčia LA identifikatorių bendroju transliavimo kanalu (BCCH) ir jį priima visos MS, esančios LA zonoje. Kai judant MS aptinkama nauja LA vertė, įvykdoma vietos atnaujinimo procedūra (location update).

### MS vietos apklauso procedūra

Apklauso procedūros metu nustatomas ląstelės, prie kurios yra prisijungęs abonentas, identifikatorius (ID). Apklauso procedūros įdiegtos MSC lygmenyje, todėl iš MSC siunčiamos apklauso žinutės toms BTS, prie kurių gali būti prisijungusi ieškoma MS. Jeigu atnaujinama vienos MSC ribose, žinutės tarp VLR ir HLR neperduodamos.



2 pav. GSM tinklo struktūra MS vietos nustatymo požiūriu

Apklauso procedūros yra dviejų kategorijų: lygiagrečioji ir nuoseklioji [3]. Tradiciškai GSM tinkle naudojama lygiagrečioji MS vietos apklauso procedūra. Ši procedūra gali būti panaudota nustatyti, kurioje LA yra MS. Nors ši procedūra užtikrina mažą vietos informacijos gavimo vėlinimą, tačiau reikalingi didesni tinklo išteklių. Nuoseklioji procedūra [2,3], kurios metu tam tikra numatyta tvarka apklausiama kiekviena ląstelė paėiliui, užtrunka žymiai ilgiau, tačiau tinklo išteklių panaudojami tolygiau.

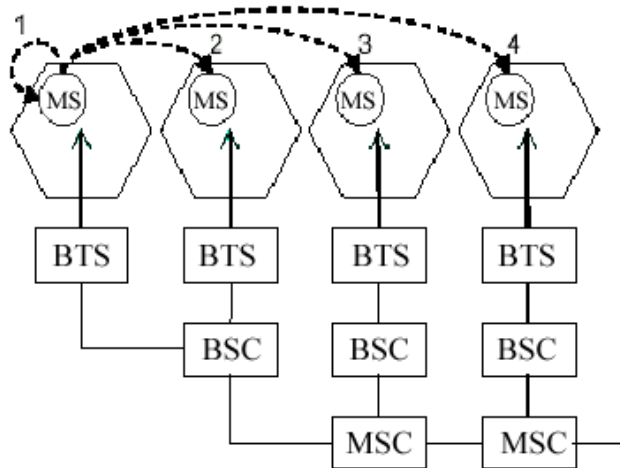
Operatoriui tikslinga pasirinkti optimalų LA dydį. Didelių LA su daug BTS atveju visų MS vietų informacija gaunama siunčiant daug apklauso žinučių ir mažai vietos atnaujinimo žinučių. Mažų LA atveju dažniau atnaujinama MS vietų informacija ir greičiau sujungiami abonentai. Tam naudojami mažesni signalizacijos kanalų išteklių. Sprendžiant kai kuriuos MS vietos nustatymo uždavinius apklausiamas ląstelės tikslinga sugrupuoti į klasterius [3].

### MS vietos nustatymas panaudojant perkėlimo procedūrą

MS vietos nustatymo tikslumas gali būti padidintas naudojant perkėlimo procedūrą. Skirtingai nuo ankstesnių procedūrų ši procedūra gali būti atlikta tik sudarius aktyvų ryšį su MS. Procedūros metu MS priverstinai prijungama prie tos BTS, kuri užtikrina geriausią ryšio su MS kokybę, arba prie norimos BTS, kuri gali užtikrinti net ir blogesnės kokybės ryšį. Aktyvaus ryšio metu kiekviename MS nuolat atliekami kaimyninių BTS signalo stiprumo matavimai. Šie

matavimai perduodami į BSC jiems įvertinti [ETSI ETS 300 911] ir BTS parinkti.

Galimi keturi MS perkėlimo atvejai pavaizduoti 3 pav. MS perkeliama gali būti pakeičiant kanalą tame pačiame BTS, perkeliama į kitą BTS, perkeliama į kitą BTS keičiantis BSC, perkeliama į kitą BTS keičiantis MSC.



3 pav. MS perdavimo atvejai

Perkėlimo metu MS siunčia į tinklą žinutę [MEAS\_REP: GSM 04.08, 05.08, 08.58], kurioje yra TA vertė, kuri gali būti panaudota MS vietai patikslinti. TA yra skaičius, atitinkantis signalo vėlinimą kilpoje BTS – MS – BTS

$$TA = \left\lceil \frac{\tau}{\tau_0} \right\rceil; \quad (1)$$

čia  $\tau$  – kilpos vėlinimas, s;  $\tau_0 = 3,70 \cdot 10^{-6}$  s;  $\lceil x \rceil$  – reiškia skaičiaus  $x$  sveikąją dalį.

Šis vėlinimas atitinka atstumą, kartotinį 550 m. TA vertė nustatoma tiksliai vieno GSM bito pasikartojimo periodo tikslumu.

MS atstumas nuo BTS

$$L_{(TA)} = 0,5 \cdot c \cdot TA \cdot \tau_0 + s; \quad (2)$$

čia  $c$  – radijo bangų sklaidimo greitis ore ( $c=3 \cdot 10^8$  m/s);  $s$  – kintama neapibrėžtumo dalis intervale ( $s=[0;550$  m]. Jei MS perkeliama tarp dviejų BTS, yra galimybė panaudoti senos ir naujos BTS gautas TA vertes ir atsiranda galimybė patikslinti MS vietą.

Nuolat sekant tylos režimu veikiančią MS vienos LA ribose, reikia periodiškai atlikti perkėlimo procedūras. Tam naudojama priverstinė perkėlimo procedūra (forcedHO: GSM 12.20) visoms MS, prijungtomis prie BTS. Priverstinio perkėlimo komanda vienam kanalui neaprašyta. Pažymėtina, kad priverstinis perkėlimas turi įtakos ne tik tos MS prijungimo parametrams, kurios vietą norima nustatyti, bet ir visų kitų MS prijungimo prie tos pačios BTS parametrams. Todėl toks MS vietos nustatymo būdas turėtų būti naudojamas tik išskirtiniais atvejais (nustatant pagalbos prašančio abonto vietą).

Pokalbio metu MS nuolat matuoja visus su juo susijusio tinklo dalies parametrus ir siunčia informaciją į tinklą MEAS\_REP žinutėmis. Tai reiškia, kad kas 480 ms (SACCH blokų kartojimo laikas) siunčiama tiek informacijos, kiek jos siunčiama vykdant perkėlimo procedūrą. Kai kuriais atvejais šis žinučių pasikartojimo periodas gali būti padidintas iki 1 s. Taigi, norint gauti BTS identifikatoriaus ir TA vertes, reikia arba inicijuoti pokalbį ir jį tuoj pat nutraukti, arba siųsti trumpąsias žinutes (SMS). Toks MS vietos nustatymo būdas plačiausiai naudojamas transporto sekimo sistemose.

### Informacijos apie MS vietą atnaujinimo modeliai

Pateikiant vartotojui informaciją apie MS vietą, yra svarbu parinkti tikslus MS vietos nustatymo būdus bei įvertinti vartotojui pateikiamos informacijos apie MS vietą senumą.

Informacijos apie MS vietą surinkimo architektūra pateikta 4 pav. [6]. Pagrindiniai šios architektūros komponentai yra vietos informacijos tarnybinė stotis ir pirminius duomenis apie MS geografines koordinatas kaupiantys šaltiniai (pvz.: BSC, BTS). Informacijos apie MS vietą surinkimo procesą valdo vietos informacijos serveris. Tai antrinis informacijos apie MS vietą šaltinis, pateikiantis sąsajas, kuriomis duomenys gali būti pasiekiami klientų programoms, ir sprendžiantis, kada jame esantys MS vietos duomenys turėtų būti atnaujinami iš pirminių duomenų šaltinių. Pirminiuose informacijos šaltiniuose duomenys apie MS vietą gali būti atnaujinami įvairiais būdais [7], [8], [9]. Dažniausiai naudojami du vietos informacijos atnaujinimo būdai: užklausų siuntimo pagal pareikalavimą ir informacinių pranešimų gavimo.

Užklausos pagal pareikalavimą nėra pritaikytos skirtingoms MS judrumo charakteristikoms, tuo tarpu informaciniai pranešimai neįvertina užklausų dažnumo ir tikslumo, kurių reikalauja vartotojas [10], [11]. Problema gali būti išsprendžiama naudojant kombinuotą informacijos apie MS vietą atnaujinimo modelį [12]. Modelis jungia du žinomus vietos informacijos atnaujinimo būdus: atmintyje laikomas užklausa ir vieta paremtus informacinius pranešimus.

Tarkime, informacijos apie MS vietą paklaida pirminiuose šaltiniuose yra  $u_p$ , vietos informacijos tarnybinėje stotyje –  $u_s$ , o vartotoją tenkinanti informacijos

paklaida yra  $u_v$ . MS vidutinis bei maksimalus judėjimo greitis yra atitinkamai  $v_{vid}$  ir  $v_{maks}$ . Tuomet užklausų intensyvumą, kuris įgalina efektyviau vieną ar kitą algoritmą panaudoti, galima aprašyti sąlyga:

$$q > \frac{1}{\frac{u_s - u_p}{v_{vid}} - \frac{u_v - u_p}{v_{maks}}} \quad (3)$$

Kai  $v_{vid}$  palyginti su  $v_{maks}$  yra gana mažas, tai užklausų intensyvumas artėja prie nulio. Informacijai apie tokių objektų vietą atnaujinti labiausiai tinka atstumu paremtu informacinių pranešimų būdas. Kai  $v_{vid}$  yra artimas  $v_{maks}$  vertei, užklausų intensyvumas artėja prie begalybės. Tokiu atveju labiausiai tinka atmintyje laikomų užklausų būdas.

Informacinių pranešimų skaičius nustatomas pagal pranešimų skaičių, reikalingą norimo tikslumo MS vietos informacijai užtikrinti, įvertinant turimos informacijos senumą ir gali būti skaičiuojamas taip:

$$m = \frac{v_{vid}}{u_s - u_p} \quad (4)$$

Informacijai apie MS vietą atnaujinti reikalingų pranešimų skaičius gali būti sumažinamas laikant pranešimus vietos nustatymo tarnybinėje stotyje. Tuomet reikalingų pranešimų skaičių būtų galima skaičiuoti pagal išraišką

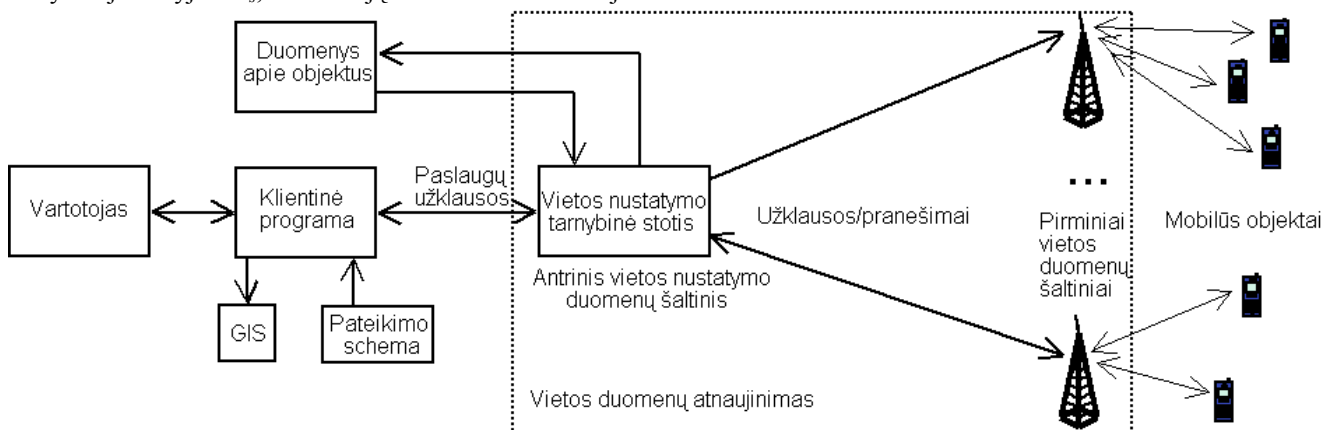
$$m = \frac{v_{vid}}{u_s - u_p} + \frac{P(u_v < u_s) \cdot q}{P(u_v < u_s) \cdot q \cdot \frac{u_v - u_p}{v_{maks}} + 1} \quad (5)$$

$P(u_v < u_s)$  yra tikimybė, kad informacijos apie MS vietą paklaida, kuri tenkina vartotoją, yra didesnė už serveryje esančių vietos duomenų paklaidą.

Didžiausias nuokrypis nuo tikrosios MS geografinės vietos kombinuotame vietos informacijos atnaujinimo modelyje yra lygus vartotoją tenkinančios informacijos paklaidai

$$d_{maks} = u_v, \quad (6)$$

o vidutinis nuokrypis nuo tikrosios MS geografinės vietos gali būti įvertinamas išraiška



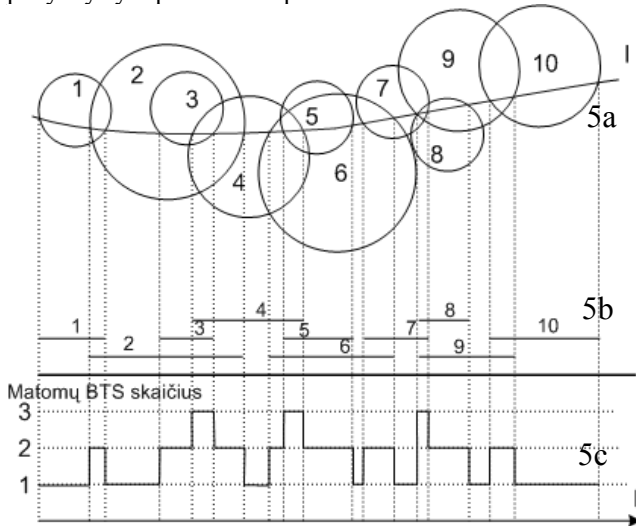
4 pav. Informacijos apie MS vietą surinkimo architektūra

$$d_{vid} = P(u_v \geq u_s) \cdot \frac{u_s}{2} + P(u_v < u_s) \cdot \left( \frac{\frac{u_v - u_p}{2} + \frac{u_p}{2}}{\frac{v_{maks}}{(u_v - u_p) \cdot q + 1}} \right). \quad (7)$$

Vartotojui pateikiamos informacijos apie MS vietą vidutinis nuokrypis nuo tikrosios objekto geografinės padėties priklauso ne tik nuo objekto judėjimo charakteristikų ar paklaidos vietos informacijos serveryje dydžio, bet taip pat ir nuo paklaidos pirminiuose duomenų šaltiniuose dydžio.

### Žinomu maršrutu judančios MS vietos nustatymo paklaidų įvertinimas

Bendruoju atveju MS vienu metu gali stebėti kelios BTS. Žinomu maršrutu judančią MS gali pasiekti signalai vis iš kitų BTS. MS priimamų BTS signalų išsidėstymo pavyzdys yra pateiktas 5 pav.



5 pav. BTS aprėpties zonų išsidėstymo pavyzdys

Atskirų BTS aprėpties zonų išsidėstymas yra pateiktas 5 pav., a. Vienos zonos užkloja kitas zonas taip, kaip parodyta 5 pav., b. Sutampančių zonų skaičiaus kitimas išilgai kelio yra pavaizduotas 5 pav., c. Taigi nustatant aprėpties zonų, į kurias vienu metu patenka MS, skaičių galima tikslinti MS vietą.

Kaip jau paminėta, MS vietos nustatymo tikslumui padidinti galima panaudoti parametą TA. Panagrinėkime situaciją, kada BTS yra nutolusi nuo kelio AB atstumu  $a$  ( $a$  – statmens nuo BTS iki kelio AB ilgis). Sužymėkime kelyje taškus  $K_1, K_2, \dots, K_5$ , kurie atitinka kelio AB ir TA apskritimų susikirtimo vietas. TA apskritimų spinduliai  $L_{(TA)}$  yra skaičiuojami naudojantis (2), kai  $s=0$ .

Atstumas tarp taškų  $K_{i+1}$  ir  $K_i$   $\Delta l_i = l_{i+1} - l_i$  gali būti išreikštas taškų geografinėmis koordinatėmis

$$\Delta l_i = l_{i+1} - l_i = \sqrt{(x_{K_{i+1}} - x_{K_i})^2 + (y_{K_{i+1}} - y_{K_i})^2}. \quad (8)$$

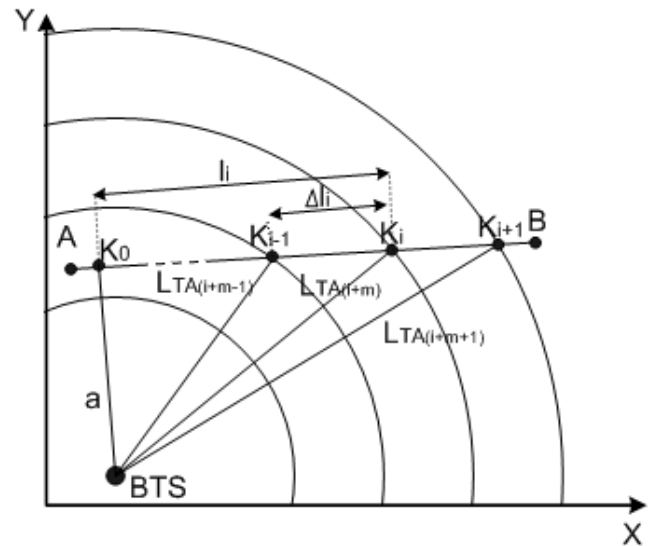
Įvertinant (2) taško  $K_0$  atstumas nuo BTS,

$$a = L_{(TA(m))} + s; \quad (9)$$

čia  $m$  – TA vertė,  $s$  – šio santykio liekana,  $0 \leq s \leq 550$  m.

Taškų  $K_i$  koordinatės  $(x_{K_i}, y_{K_i})$  gali būti apskaičiuotos naudojantis tokia metodika:

1. Pažymime kelio atkarpos galinių taškų A ir B geografines koordinates  $A(x_a, y_a)$ ;  $B(x_b, y_b)$ , o BTS koordinates  $BTS(x_{BTS}, y_{BTS})$ .



6 pav. Kelio AB kirtimas TA žiedais

2. Išreiškiame kelio pasvirimo į x koordinatį ašį koeficientą

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \quad (10)$$

ir koordinatį pokyčio koeficientą

$$n = \frac{y_{BTS} - y_A - kx_{BTS} + kx_A}{1 + k^2}. \quad (11)$$

3. Išreiškiame taško  $K_0$  koordinates

$$x_{K_0} = x_{BTS} + n \cdot k; \quad y_{K_0} = y_{BTS} - n \quad (12)$$

ir jo atstumą nuo BTS

$$a = \sqrt{(x_{K_0} - x_{BTS})^2 + (y_{K_0} - y_{BTS})^2}. \quad (13)$$

4. Randame  $TA_{(m)}$  vertę:

$$TA_m = \left[ \frac{a}{550} \right]. \quad (14)$$

5. Išreiškiame atstumus nuo taško  $K_0$  iki taško  $K_i$ :

$$l_i = \sqrt{L_{(TA_{(m+i)})}^2 - a^2}. \quad (15)$$

GSM tinkle  $i = 1, 2, \dots, (62 - m)$ .

6. Išreiškiame taško  $K_i$  koordinates

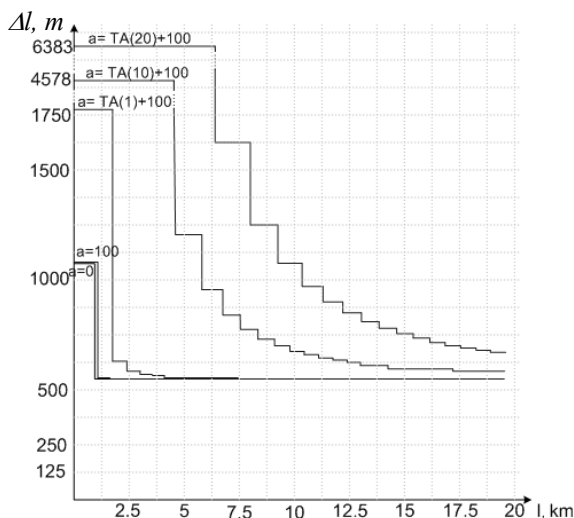
$$x_{K_{0+i}} = x_{K_0} + \frac{l_i}{\sqrt{1+k^2}};$$

$$y_{K_{0+i}} = y_{K_0} + k \cdot (x_{K_{0+i}} - x_{K_0}). \quad (16)$$

7. Koordinates (11) įrašę į (8), surandame MS vietos nustatymo paklaidas BTS aprėpties zonoje.

### Skaičiavimo rezultatai

Naudojantis išdėstyta metodika apskaičiuoti MS vietos nustatymo paklaidų dydžiai esant skirtingoms atstumo  $a$  vertėms:  $a = 0$ ,  $a = 100$  m ( $TA_{(0)} + 100$  m.),  $650$  m ( $TA_{(1)} + 100$  m),  $5600$  m ( $TA_{(10)} + 100$  m),  $11100$  m ( $TA_{(20)} + 100$  m) (7 pav.). Nustatyta, kad, artinant BTS prie kelio, MS vietos kelyje nustatymo paklaida mažėja ir pasiekia ribą  $\Delta l_i = 550$  m.



7 pav. MS vietos nustatymo paklaidos priklausomybė nuo atstumo iki BTS

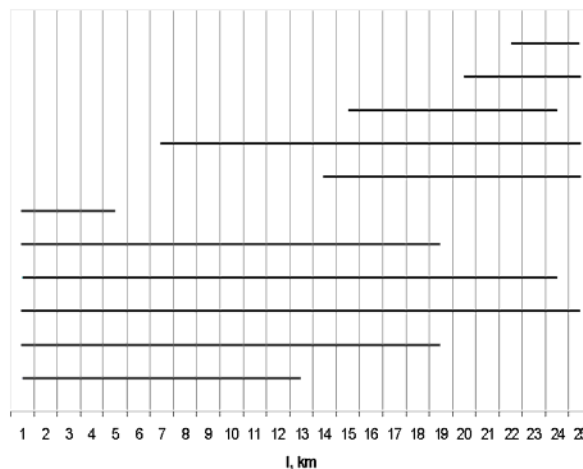
### Ekspirimentiniai rezultatai

Norint patvirtinti prielaidas, susijusias su teoriniais skaičiavimais, atlikti patikrinamieji ekspirimentiniai tyrimai. MS pastebėtų BTS zonų realus išsidėstymas išilgai kelio 25 km ruože yra pateiktas 8 pav. Įvertintos tik tos BTS, kurių priimamų signalų stiprumai yra ne mažesni kaip  $-80$  dBm. BTS numeracija yra sąlyginė. Atliekant ekspirimentą, vienu metu stebimos ne mažiau kaip penkios BTS (kelio ruožuose nuo 6 iki 7 km, nuo 20 iki 21 km ir nuo 25 iki 26 km), ir ne daugiau kaip septynios (kelio ruožuose nuo 16 iki 19 km ir nuo 23 iki 24 km). Nustatyta, kad, įvertinant vienu metu stebimų BTS skaičių, MS vietos nustatymo paklaida kai kuriose vietose sumažėja iki 1 km.

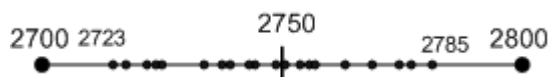
Galimos TA vertės nustatymo paklaidai įvertinti atliktas ekspirimentas. Jo rezultatai pateikti 9 pav. TA verčių pasikeitimai fiksuoti užmiesčio teritorijoje, kurioje MS priėmė tik vienos BTS signalus atstumo intervale nuo 2,700 km iki 2,800 km.

Atlikus dvidešimt TA verčių nustatymo bandymų pastebėta, kad TA pasikeitimo vieta kito intervale nuo 2,723 km iki 2,785 km. Tai sudaro 11 % nuo teorinės TA metodu gaunamos paklaidos ( $6/550=0,11$ ). Taigi MS vieta,

nustatyta TA nustatymo metodu, negali būti nustatyta tiksliau negu 50 - 100 m. Vietos nustatymo paklaidoms sumažinti būtina papildomai naudoti kitus metodus, aprašytus [5].



8 pav. MS stebimų BTS zonų išsidėstymas išilgai kelio



9 pav. TA vertės pasikeitimo vietos nustatymo paklaidos, gautos ekspirimentiniu būdu

### Literatūra

1. **Meier-Hellstern K.S., Alonso E.** Signaling system No.7: Messaging in GSM, Technical Report WINLAB-TR-25. – Rutgers University, December 1991.
2. **Rezaifar Ramin, Makowski Armand M.** 1997 From Optimal Search Theory to Sequential Paging in Cellular Networks // IEEE Journal. Selected Areas in Communications. – Vol. 15, No. 7. – September 1997.
3. **Bhattacharya P.S., Saha D., Mukherjee A.** 1999. Optimization of Update and Paging Costs for Location Area Planning in a PCSN // Global Communications. - Vol.10 ITU-D. – September 1999.
4. **Sivagnanasundaram S.** GSM mobility management using an intelligent network platform. – Department of Electronic Engineering, University of London, December 1997. –P.20-40.
5. Report on implementation issues related to access to location information by emergency services (E112 ) in the European Union. Cgalies final report V1.0 19-2-02. – P.1- 99.
6. **GSM 05.03:** Location Services (LCS); Functional description, 2002, Release 1999. – P. 13-24.
7. **TS 101 725:** Location Services (LCS); Mobile radio interface layer 3 specification, 2002, Release 1998. – P. 46-55.
8. **TS 144 031:** Location Services (LCS); Mobile Station (MS) - Serving Mobile Location Centre (SMLC), 2002, 3GPP TS 44.031 version 5.5.0 Release 5. – P. 7-12.
9. **TS 144 035:** Location Services (LCS); Broadcast network assistance for Enhanced Observed Time Difference (E-OTD) and Global Positioning System (GPS) positioning methods, 2002, 3GPP TS 44.035 version 5.0.1 Release 5. – P. 6-32.
10. **Wolfson O., Sistla A. P., Chamberlain S., and Yesha Y.** Updating and querying databases that track mobile units //

Distributed and parallel Databases Journal. – 1999. - No. 7(3). – P. 1-31.

11. **Bar-Noy A., Kessler I. and Sidi M.** Mobile users: To update or not to update? // Wireless Networks. – 1995. - 1(2). – P. 3-13.
12. **Lagzdinytė I., Budnikas A.** Judančių objektų lokacijos duomenų atnaujinimo modeliai// Informacijos technologijos 2004: Konferencijos pranešimų medžiaga. – Kaunas: Technologija, 2004. – P. 278-280.
13. **Liutkauskas V., Atkočiūnas Š.** Persidengiančių aprėpties zonų panaudojimas pozicionavimo tikslumo padidinimui// Informacijos technologijos 2004: Konferencijos pranešimų medžiaga. – Kaunas: Technologija, 2004. – P. 271-273.

Pateikta spaudai 2004 03 15

**V. Liutkauskas, I. Lagzdinytė. GSM tinklo mobiliosios stoties vietos patikslinimo būdai // Elektronika ir elektrotechnika.- Kaunas: Technologija, 2004. – Nr. 5(54). – P. 41-46.**

Pateikiami GSM tinklo mobiliosios stoties vietos nustatymo būdai, paremti stoties prijungimo, perkėlimo ir apklausimo procedūromis. Šios procedūros atliekamos vietos zonų arba ląstelių ribose. Išnagrinėti įvairūs perkėlimo atvejai, kai perkėlimuose dalyvauja skirtingas tinklo įrangos kiekis. Vietos nustatymo informacijai perduoti skirtiems ištekliams sumažinti minimizuotas apklausų skaičius, gaunamas įvertinant turimos lokacijos informacijos senumą. Siekiant didesnio tikslumo pasirinktas signalo vėlinimo abonentinėje linijoje nustatymo metodas. Vienos bazinės stoties atveju išnagrinėta vietos nustatymo, panaudojant abonentinės linijos vėlinimo parametą, paklaidų priklausomybė nuo kelio ir bazinės stoties tarpusavio išsidėstymo. Gautos paklaidų priklausomybės nuo mobiliosios stoties atstumo iki bazinės stoties. Didėjant atstumui įvairiais atvejais gaunamų paklaidų dydis tampa nepriklausomas nuo kelio atstumo iki bazinės stoties. Eksperimentiškai įvertintos paklaidos, gaunamos nustatant abonentinės linijos vėlinimo parametą. Il. 9, bibl. 13 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

**V. Liutkauskas, I. Lagzdinytė. Approaches of Determining Location of Mobile Station in GSM Network // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2004. – No. 5 (54). – P. 41-46.**

In the work it is presented approaches of determining mobile station location, based on handover and paging procedures. The procedures work in the location area or cell zones. Different handover cases demanding necessary network equipment are analysed. Trying to achieve more accurate location of mobile station it is chosen method determining the delay of signal in subscriber line. In order to minimize network resources necessary for location it is reduced the number of queries that depends on the time when location information was updated last time. Dependency of mobile station location uncertainty and arrangement of road and Base Transceiver Station in the case of one Base Transceiver Station is analyzed. It is remarked that when distance increases, the quantity of uncertainty becomes independent from distance between road and Base Transceiver Station. Experimental results with definite possible signal delay values are given in order to check theoretical calculations. Ill. 9, bibl. 13 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

**В. Люткаускас, И. Лагздините. Способы уточнения местоположения мобильной станции в сети GSM // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2004. – № 5 (54). – P.41-46.**

В работе представлены подходы уточнения местоположения мобильной станции, основанные на процедурах оповещения и переключения на другие трансиверы. Процедуры основаны на определении местоположения мобильной станции в пределах зоны локации и в пределах территории одной ячейки. Для минимизации ресурсов, предназначенных для передачи информации местоположения мобильной станции, предложен способ минимизации количества опросов, основанный на учете времени, когда информация местоположения была обновлена в прошлый раз. Предложена методика определения зависимости погрешности определения местоположения мобильной станции от расстояния до базовой станции. Отмечено, что с увеличением расстояния, погрешность определения местоположения мобильной станции увеличивается и становится независимой от этого расстояния. Получены экспериментальные результаты по определению погрешности при установлении местоположения мобильной станции методом определения параметра задержки абонентной линии. Ил. 9, библи. 13 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.10900