

## ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM، با کاربرد پیاده سازی سرویس‌های تبلیغات سیار محمد فرزانه صباحی<sup>۱</sup> و سارا صرافیان<sup>۲</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی برق - دانشگاه اصفهان - اصفهان

sabahi@eng.ui.ac.ir

۲- کارشناس ارشد مهندسی برق - مخابرات، شرکت ارتباطات زیرساخت - تهران

sara\_srfn@yahoo.com

**چکیده:** روش‌های موقعیت‌یابی سلولی در محیط‌های شهری به علت وجود موانع زیاد، دارای خطای قابل ملاحظه‌ای هستند. در این مقاله، با دیدگاه پیاده‌سازی یک سرویس تبلیغاتی مکان محور، روش موقعیت‌یابی تشخیص الگو مبتنی بر توان دریافتی ارائه گردیده که نتایج مطلوبی را در محیط‌های شهری به دست می‌آورد. هرچند تاکنون کارهایی در این زمینه صورت گرفته، اما این روش همواره با چالش‌هایی در حوزه ساختن و به روزرسانی پایگاه داده و محاسبات سنگین برای تخمین موقعیت روبه‌رو بوده است. در این مقاله، با ارائه مجموعه از راهکارهایی جدید و عملی برای غلبه بر مشکلات مذکور و بهبود دقت و کاهش بار محاسباتی این روش موقعیت‌یابی ارائه شده است. به طور خاص، فیلترهایی که به طور هوشمندانه ناحیه مورد جستجو در پایگاه داده را کاهش داده و یا دقت اندازه‌گیری را افزایش می‌دهند، پیشنهاد شده‌اند. نتایج عملی به دست آمده در شهر اصفهان بیانگر دقت بالای این روش است. برای نمونه، نحوه پیاده‌سازی یک سرویس تبلیغاتی با استفاده از روش مکان‌یابی پیشنهادی تشریح شده است. در سرویس تبلیغاتی ارائه شده، علاوه بر موقعیت مشترک، علائق وی و زمان نیز برای ارتقای کارایی سرویس مد نظر قرار گرفته می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** روش تشخیص الگو، سرویس‌های مبتنی بر موقعیت، قدرت سیگنال دریافتی، موقعیت‌یابی سلولی، تبلیغات مبتنی بر مکان

### ۱- مقدمه

افزوده (VAS) به سرویس‌های اصلی است. ضریب نفوذ بالای تلفن همراه در کنار قابلیت تحرک پذیری، این ادوات را به وسایل مناسبی برای ارائه خدماتی، نظیر سرویس‌های مبتنی بر موقعیت (LBS) تبدیل نموده است.

البته، مهمترین مسأله در ارائه چنین سرویس‌هایی، یافتن راهکارهای مناسب به منظور تخمین موقعیت مشترکان بوده که توجه بسیاری از محققان را به سمت خود جلب نموده است [۱]. عامل اساسی که در پشت علاقه‌مندی‌های اخیر نسبت به موقعیت‌یابی نهفته است، همان سازگاری با آیین نامه سازمان کمیته فدرال آمریکا (FCC) است که به موجب

امروزه بازار رقابتی خدمات سیار موجب گردیده، ارائه دهندگان این خدمات به دنبال روش‌های جدیدی به منظور جذب مشتریان و افزایش سود حاصله باشند. یکی از راه‌های تحقق این امر، اضافه نمودن سرویس‌های ارزش

<sup>۱</sup> تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۰۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۲۷

نام نویسنده مسئول: محمدفرزان صباحی

نشانی نویسنده مسئول: ایران - اصفهان - خیابان هزار جریب - دانشگاه اصفهان - دانشکده برق

ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

روش موقعیت یابی مبتنی بر ارزیابی تأخیر ساده دقت کافی را نداشته و کاربردی نیست. از این رو، روش های موقعیت یابی مبتنی بر تطبیق الگو با استفاده از پارامتر توان سیگنال دریافتی (RSS) پیشنهاد می گردد، که نه تنها شرایط عدم دید مستقیم و انتشار چند مسیره از دقت تخمین موقعیت آن نمی کاهد، بلکه این شرایط به بهبود دقت موقعیت یابی آن نیز کمک می کند.

ایده اصلی این روش، ساختن پایگاه داده ای شامل نمونه های اطلاعاتی حساس به موقعیت در ناحیه مورد نظر برای ارائه سرویس و سپس یافتن موقعیت ترمینال سیار از طریق تطبیق اطلاعات دریافتی با ورودی های پایگاه داده است [۱،۵]. البته، عیب اصلی این روش، نیاز به اندازه گیری های گسترده از توان و صرف زمان نسبتاً طولانی برای ساختن، نگهداری و ذخیره پایگاه داده است. از سویی، با تغییر بافت محیط (مثلاً اضافه شدن یک ساختمان) و یا ساختار شبکه، مقادیر توان دریافتی در آن نواحی از محیط تغییر یافته و از این رو، به روزآوری مکرر پایگاه داده امری ضروری است [۶]. در واقع، استفاده از پایگاه داده نامناسب می تواند به کاهش شدید دقت موقعیت یابی منجر گردد. از این رو، استفاده از تعدادی ترمینال ثابت GSM به منظور ایجاد پایگاه داده ای دقیق و مناسب در این مقاله، پیشنهاد می شود.

علاوه بر این، برای انتخاب مناسبترین ورودی در مرحله تطبیق روش تشخیص الگو باید جستجو در کل پایگاه داده صورت گیرد، که این مسأله نیز بار پردازشی بالایی به شبکه تحمیل می کند. از این رو، چندین روش هوشمند فیلتر نمودن ورودی های پایگاه داده ارائه می گردد. در نهایت، با ارزیابی داده های واقعی شبکه سلولی راهکارهایی برای افزایش دقت تخمین موقعیت مطرح می شود. استفاده از راهکارهای پیشنهاد شده، نه تنها باعث کاهش بار محاسباتی این روش می شود، بلکه در افزایش دقت موقعیت یابی نیز مؤثر است.

روش موقعیت یابی عنوان شده، در پیاده سازی یک

آن اپراتورهای موبایل ملزم به تعیین موقعیت مشترکان با دقت ۵۰ تا ۱۰۰ متر در ۶۷ موارد و ۱۵۰ تا ۳۰۰ متر در ۹۵ موارد هستند [۲]. اگرچه الزامات FCC انگیزه اصلی به کارگیری فناوری تعیین موقعیت در شبکه های بی سیم به شمار می رود، با این وصف، دلایل ثانویه بسیاری موجب گردیده که تأمین کنندگان خدمات بی سیم نسبت به به کارگیری توانایی تعیین موقعیت در سیستم خود علاقه مند شوند.

یکی از مهمترین و سودآورترین این گونه خدمات، ارائه تبلیغات به مشترکان تلفن همراه براساس موقعیت آنها است [۳]. اگر چه امروزه تبلیغات محلی از طریق فرستنده های بلوتوث نیز میسر است اما معایبی همچون پوشش کم، ضریب اطمینان پایین و مصرف بالای توان باتری گوشی تلفن همراه مانع از گسترش استفاده از این گونه روشها گردیده است. امروزه شبکه های ارتباطی بی سیم ابزارهایی جدید در توسعه روشهای بازاریابی در اختیار بازاریابان قرار داده است، از اینرو امکان شناسایی مشتریان بالقوه و ارسال پیام های تبلیغاتی مناسب و به هنگام به آنها فراهم می گردد.

چالش اصلی در حوزه ارائه خدمات به مشترکان سیار، موقعیت یابی ترمینال های سیار با دقتی معین است. تعیین مکان تلفن همراه با استفاده از پارامتر های حساس به موقعیت، از قبیل: مدت زمان انتشار سیگنال، میزان افت توان و زاویه انتشار سیگنال بین ایستگاه پایه و تلفن همراه صورت می گیرد [۴]. از میان این پارامترها، مقادیر توان سیگنال دریافتی از ایستگاه های پایه بدون نیاز به تغییر سخت افزاری زیر ساخت شبکه، در گزارش های ترمینال سیار قابل دسترسی هستند. بنابراین، روش های موقعیت یابی مبتنی بر توان سیگنال دریافتی به عنوان یک راه حل کم هزینه برای پیاده سازی این سرویس شناخته می شوند. علاوه بر این، اکثر روش های موقعیت یابی در محیط های شهری به علت وجود موانع بسیار زیاد و عدم دید مستقیم (N-LOS)، دارای خطای قابل ملاحظه ای هستند. در چنین شرایطی یک

گرفته‌اند، به سختی میسر است. عیب دیگر روش‌های زمانی، حساسیت بسیار بالا به انتشار چند مسیره بوده که به کاهش دقت موقعیت یابی منجر می‌گردد، زیرا کوچکترین خطا در محاسبه فاصله زمانی بین ترمینال سیار و ایستگاه‌های پایه به علت ضرب شدن در سرعت سیگنال رادیویی- که مقدار بسیار بزرگی است- به وقوع خطای بزرگی در محاسبه فاصله بین ایستگاه متحرک (MS) و ایستگاه‌های پایه منجر خواهد شد [۸]. از طرف دیگر، در تمامی روش‌های مبتنی بر زمان، نیاز به همزمانی بین ایستگاه‌های پایه وجود داشته که این مستلزم نصب واحدهای اندازه‌گیری موقعیت (LMU) در شبکه است. از آنجایی که نوعاً وجود یک LMU به ازای هر سه ایستگاه پایه لازم است، تهیه این تعداد واحد برای اپراتور شبکه بسیار هزینه‌بر خواهد بود [۷]. معایب اصلی سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی (GPS) که مبتنی بر زمان انتشار عمل می‌کنند نیز، توان مصرفی بالا، نیاز به دیدمستقیم حداقل چهار ماهواره و نصب سخت افزار اضافی بر روی گوشی تلفن همراه است [۹].

در روش‌های مبتنی بر زاویه دریافت سیگنال، وجود حداقل دو ایستگاه پایه برای تعیین موقعیت واحدهای سیار ضروری بوده که این مسأله، موقعیت یابی در نواحی روستایی و حومه شهر را دچار اشکال می‌سازد. علاوه بر این، وجود شرایط عدم دید مستقیم در نواحی شهری که به پدیده چند مسیریگی انتشار امواج منجر می‌گردد، از دقت تخمین موقعیت این روش خواهد کاست [۱۰]. عیب دیگر این گونه روش‌ها نیاز به نصب آنتن‌های آرایه‌ای در ایستگاه‌های پایه بوده که هزینه زیادی را به اپراتورهای شبکه تلفن همراه تحمیل می‌نماید. با توجه به مشکلات مطرح شده، روش‌های زمانی و زاویه‌ای برای موقعیت‌یابی در شبکه GSM مقرون به صرفه نبوده، استفاده از روش‌های مبتنی بر توان دریافتی ترجیح داده می‌شود.

الگوریتم موقعیت یابی تشخیص الگو مبتنی بر توان دریافتی نسبت به سایر الگوریتم‌ها دقت خوبی داشته، از

نمونه سرویس تبلیغاتی به کار برده شده که علاوه بر موقعیت مشترک برخی پارامترهای دیگر نظیر زمان و علائق فردی کاربر را نیز مدنظر قرار می‌دهد.

مطالب ارائه شده در این مقاله به صورت زیر تنظیم شده است. بخش دوم به توصیف مختصری از انواع روش‌های موقعیت یابی اشاره نموده و سپس بخش سوم به تفصیل، به بیان روش موقعیت یابی بر مبنای تطبیق الگو و ایده‌های نوینی برای بهبود این روش می‌پردازد و نتایج شبیه سازی‌ها و ارزیابی روش پیشنهادی نیز در این بخش مطرح خواهد شد. در بخش چهارم، سناریویی به منظور ارائه یک سرویس تبلیغاتی مبتنی بر موقعیت پیشنهاد می‌گردد. در انتها در بخش پنجم نتیجه گیری از موضوع‌های مطرح شده عنوان می‌شود.

## ۲- روش‌های موقعیت یابی در شبکه‌های

### بی سیم

به طور کلی، هراگوریتم موقعیت یابی شامل دو مرحله اصلی است. در مرحله اول پارامترهای حساس به موقعیت نسبت به چند نقطه مرجع با موقعیت معلوم اندازه‌گیری می‌شوند. در مرحله دوم با تکیه بر داده‌های به دست آمده و با به کارگیری تکنیک‌های پردازش داده، تخمین موقعیت موبایل به دست می‌آید [۷،۸]. بر اساس اینکه تعیین مکان تلفن همراه با به کار بردن کدام یک از پارامترهای حساس به موقعیت از قبیل: مدت زمان انتشار سیگنال، میزان افت توان و زاویه انتشار سیگنال بین ایستگاه پایه و ترمینال سیار صورت می‌گیرد، روش‌های تعیین موقعیت به الگوریتم‌های موقعیت یابی مبتنی بر زمان دریافت سیگنال، موقعیت یابی مبتنی بر توان سیگنال دریافتی و موقعیت یابی مبتنی بر زاویه دریافت سیگنال تقسیم بندی می‌شوند.

روش‌های مبتنی بر زمان انتشار سیگنال به منظور تخمین موقعیت مشترکان به حداقل سه BTS نیاز دارند که تحقق این امر در محیط‌های روستایی و حومه شهر که ایستگاه‌های پایه در فاصله زیادی نسبت به هم قرار

ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

(NMR) ترمینال سیار که به منظور تصمیم گیری دست به دست شدن (HO) و کنترل توان به شبکه ارسال می‌شوند، قابل دسترسی است. مهمترین مسأله در مرحله ساختن پایگاه داده، ذخیره پارامترهای توان به عنوان نمونه‌های اطلاعاتی، نقاط مرجع نامیده شده و هر یک شامل اطلاعات سیگنال مشاهده شده در یک موقعیت به همراه مختصات جغرافیایی آن موقعیت هستند [۱۴].

به طور کلی، پایگاه داده می‌تواند از طریق اندازه‌گیری میدانی یا پیش بینی مدل انتشار محیط ساخته شود [۱۵،۱۶]. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی حاکی از خطای قابل ملاحظه در فرآیند موقعیت‌یابی در صورت عدم به روزآوری پایگاه داده است. در حقیقت ایجاد هرگونه تغییر در بافت محیط یا ساختار شبکه را می‌توان از عوامل چنین خطایی بر شمرده [۱۷،۵]. درضمن، در روش مبتنی بر پیش بینی مدل انتشار نیز امکان پیشگویی دقیق محیط واقعی به همراه فاکتورهای پویای آن، همانند اتومبیل‌ها، انسان‌ها و سایر پارامترهای محیطی وجود ندارد و این مسأله موجب کاهش شدید دقت تخمین موقعیت می‌گردد. از این رو، استفاده از روش اندازه‌گیری واقعی همراه با به روزآوری مناسب مقادیر پایگاه داده می‌تواند به عنوان بهترین راهکار در نظر گرفته شود.

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری‌های میدانی که توسط گوشی TEMS سونی اریکسون مدل Z-750i در شهر اصفهان انجام گرفته و در این مقاله گزارش شده است، نشان دهنده اختلاف در مقادیر توان سیگنال دریافتی در یک مکان ثابت تحت شرایط مختلف، مانند تغییر در وضعیت آب و هوایی محیط و میزان بار ترافیکی شبکه است. چنانچه در شکل (۱) نشان داده شده، این آزمایش در ناحیه‌ای شامل سیزده ایستگاه پایه و مسیری به طول ۱۰۶۲ متر از خیابان چهارباغ اصفهان انجام گرفته است. به منظور تحلیل داده‌های به دست آمده نیز از نرم افزار Investigation 9.1 TEMS استفاده شده است. بررسی‌های انجام شده حاکی از

سادگی پیاده سازی نیز برخوردار است و به همین جهت، می‌تواند الزامات مورد نیاز به منظور پیاده سازی تعداد زیادی از سرویس‌های مبتنی بر موقعیت را فراهم نماید. مزیت مهم این روش، عدم نیاز به تغییرات عمده در ساختار شبکه و گوشی‌های تلفن همراه موجود در دسترس عموم است، که این مسأله مانع از صرف هزینه‌های گزاف از سوی اپراتورهای ارتباطات سیار و نیز مشترکان تلفن همراه می‌گردد.

### ۳- روش تشخیص الگوی بهبود یافته

#### پیشنهادی

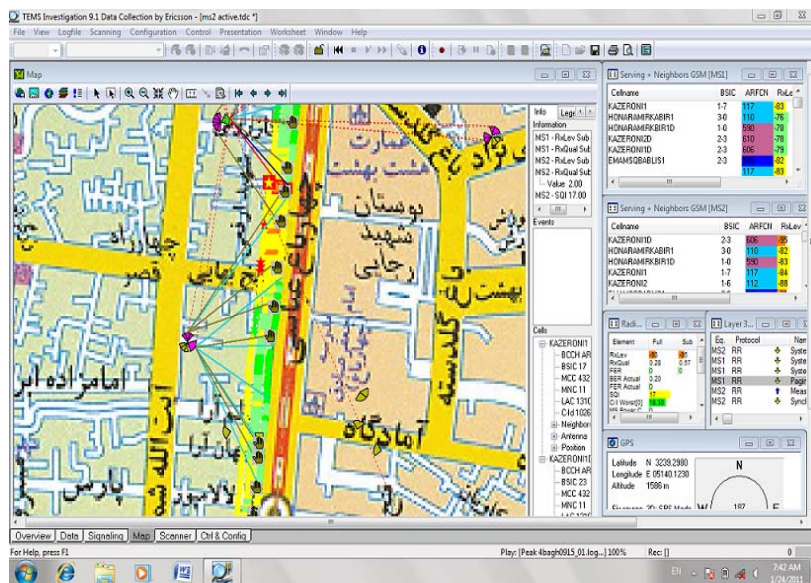
روش موقعیت‌یابی تشخیص الگو شامل دو مرحله اصلی ساختن پایگاه داده و تعیین موقعیت ترمینال متحرک است. در مرحله اول باید پایگاه داده‌ای شامل نمونه‌های اطلاعاتی حساس به موقعیت از ناحیه مورد نظر برای ارائه سرویس، به همراه مختصات جغرافیایی هر یک از نمونه‌ها تهیه گردد و سپس در مرحله دوم از طریق تطبیق اطلاعات دریافت شده از ایستگاه متحرک با ورودی‌های پایگاه داده، موقعیت ترمینال سیار محاسبه شود [۹،۱۱].

#### ۳-۱- مرحله اول: ساختن پایگاه داده

اطلاعات سیگنال ذخیره شده در پایگاه داده می‌تواند توان سیگنال دریافتی، پاسخ ضربه کانال (CIR) تأخیر زمانی سیگنال و یا هر نوع اطلاعات وابسته به موقعیت دیگری باشد [۱۲]. پهنای باند شبکه GSM برای موقعیت‌یابی براساس تطابق پایگاه داده CIR کم است [۱۳]. در صورت استفاده از تأخیر زمانی سیگنال نیز، شرایط عدم دید مستقیم باعث ایجاد خطای قابل توجهی در تخمین موقعیت می‌گردد. در این مقاله، از شدت سیگنال دریافتی (RSS) به عنوان پارامتر ورودی پایگاه داده استفاده شده است، به این علت که مقادیر RSS بدون نیاز به هیچ گونه تغییری در زیر ساخت شبکه، در گزارش‌های اندازه‌گیری

هر ایستگاه بیشتر به کاربران نزدیکتر به خود سرویس می‌دهد، کنترل توان به شکل متفاوتی انجام می‌شود. نمونه‌هایی از مقادیر RSS اندازه‌گیری شده در ساعاتی با بیشترین و کمترین میزان بار ترافیکی در جدول (۱) نشان داده شده است.

این است که وضعیت بار ترافیکی شبکه بیشترین تأثیر را بر مقادیر بردار RSS در یک مکان ثابت گذاشته و حتی به تغییر شماره کانال‌های BCCH دریافتی نیز منجر می‌شود. یک توجیه برای این پدیده می‌تواند این باشد که در زمان‌های پرتراфик، مقدار استفاده مجدد از فرکانس‌های مشابه در سلول‌های هم فرکانس بیشتر شده و همچنین، به دلیل اینکه



شکل (۱): مسیر اندازه‌گیری مقادیر توان دریافتی از ایستگاه‌های پایه توسط گوشی TEMS

جدول (۱): تفاوت در مقادیر بردار RSS و شماره کانال‌های BCCH دریافتی در زمان‌های پرتراфик و کم تراфик در یک مکان ثابت

برای دو نقطه

سطح توان سیگنال دریافتی (dBm)		شماره کانال BCCH	نام سلول	مختصات جغرافیایی
کمترین میزان بار ترافیکی	بیشترین میزان بار ترافیکی			
-80	-85	110	HONARAMIRKABIR1	N 3239.290 E 5140.122
-85	-89	117	KAZERONI1	
-77	-89	590	HONARAMIRKBIR1D	
-72	-89	606	KAZERONI1D	
—	-90	112	KAZERONI2	
-80	-90	594	HONARAMIRKBIR2D	
-80	—	610	KAZERONI2D	N 3239.312 E 5140.125
-69	-81	606	KAZERONI1D	
—	-80	110	HONARAMIRKABIR1	
—	-86	590	HONARAMIRKBIR1D	
-75	-86	978	EMAMSQBABLIS1	
—	-88	610	KAZERONI2D	
-76	-89	112	KAZERONI2	
-71	—	117	KAZERONI1	
-73	—	106	CONSOLROS2	
-74	—	984	EMAMSQBABLIS2	

ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

موقعیت یابی شامل مراحل اصلی فیلتر کردن نقاط مرجع، تطبیق با نقاط مرجع و تخمین موقعیت است.

### ۳-۲-۱- فیلتر کردن نقاط مرجع

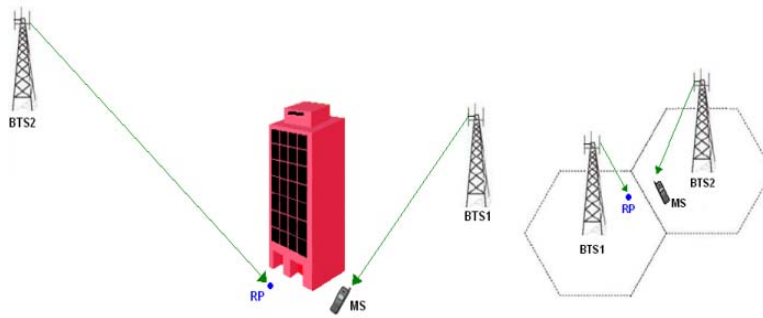
در فرایند موقعیت یابی برای انتخاب نزدیکترین نقاط مرجع به ترمینال سیار، باید جستجو در کل پایگاه داده صورت گیرد، که این مسأله بار پردازشی بالایی را به شبکه تحمیل می نماید. از این رو، به منظور کاهش ناحیه ای که احتمال حضور ترمینال در آن بیشتر است و در نتیجه، افزایش دقت تخمین موقعیت و کاهش بار محاسباتی، فیلتر کردن نقاط مرجع به عنوان یکی از مهمترین مراحل فرایند موقعیت یابی پیشنهاد می شود.

مرسوم ترین معیارهای فیلتر کردن، پارامتر TA و Cell ID هستند [۱۹]. TA، تنها پارامتر زمانی موجود در شبکه GSM است. این معیار اطلاعات زمانی با محدوده دقت پایینی را فراهم می نماید. در حقیقت، هر گام TA معادل با فاصله ای در حدود ۵۵۰ متر است [۲۰]. علاوه بر این، کوانتیزاسیون نسبتا بزرگ، این مقدار معمولا دو گام بیشتر از فاصله واقعی میان ترمینال موبایل و ایستگاه پایه اندازه گرفته می شود. عامل تاثیرگذار دیگر در خطای ناشی از TA، تاخیر به علت شرایط عدم دید مستقیم بوده که اجتناب از آن در محیط های شهری غیر ممکن است [۵]. از پارامتر مشخصه سلول سرویس دهنده (Cell ID) نیز به عنوان معیاری برای فیلتر نمودن نقاط مرجع استفاده شده است [۲۱]. به کاربرد این معیار در مواردی باعث حذف نقاط مرجعی می شود که با وجود نزدیکی فیزیکی به ترمینال، دارای ایستگاه های پایه سرویس دهنده متفاوتی با آن هستند و بنابراین، استفاده از آن به کاهش دقت تخمین موقعیت منجر می گردد. نمونه هایی از به وقوع پیوستن چنین پدیده ای در شکل (۲) نشان داده شده است.

همان گونه که ملاحظه می شود، اختلاف در میزان توان دریافتی از ایستگاه های پایه تحت شرایط ترافیکی مختلف در برخی نقاط حتی به ۱۷ dB نیز می رسد، که این به خطای بزرگ موقعیت یابی در صورت عدم به روزآوری پایگاه داده منجر خواهد شد. با توجه به این موارد، به منظور به روز آوری مناسب مقادیر درون پایگاه داده، نصب ترمینال های GSM به عنوان نقاط مرجع در منطقه مورد نظر، برای اندازه گیری مقادیر RSS از ایستگاه های پایه اطراف و ارسال آنها به شبکه پیشنهاد می گردد. اندازه گیری مقادیر توان دریافتی از سلول سرویس دهنده و سلول های همسایه در زمان قرار گرفتن ترمینال در هر دو حالت بیکار و فعال انجام می گیرد، ولی ارسال این گزارش ها تنها در حالت فعال (برقراری ارتباط با شبکه) میسر می شود. طبق بررسی های انجام شده در شبکه تلفن همراه، خصوصیتی که می توان از آن به منظور ارسال خودکار گزارش های NMR به شبکه استفاده نمود و در عین حال هیچ گونه بار اضافی به شبکه تحمیل نمی کند، به روز رسانی متناوب موقعیت است. با فعال سازی این خصوصیت در شبکه صرف نظر از اینکه ترمینال وارد ناحیه موقعیت جدیدی شده باشد یا خیر، عملیات به روزآوری موقعیت به صورت متناوب صورت می گیرد. در حقیقت، به روز آوری متناوب موقعیت به منظور اعلان حضور ترمینال در شبکه، زمانی به کار می رود که مشترک برای مدت زمانی طولانی هیچ گونه تماسی برقرار ننموده و یا به روزآوری موقعیت را انجام نداده است. دوره تناوب اجرای این نوع به روز آوری موقعیت توسط اپراتورها قابل تنظیم بوده و مقدار آن به منظور آگاه سازی ترمینال های سیار در شبکه پخش می شود. مقدار پیش فرض این دوره تناوب در شبکه GSM، 6 ساعت است [۱۸]. نتایج حاصل از بررسی زمان های تغییر میزان بار در شبکه نشان می دهد این مدت زمان برای ارسال بموقع گزارش ها اندازه گیری مقدار مناسبی است.

### ۳-۲-۲- مرحله دوم: فرایند موقعیت یابی

با تکیه بر داده های به دست آمده از مرحله قبل و با به کارگیری تکنیک های پردازش داده، فرایند موقعیت یابی ترمینال متحرک صورت می پذیرد. به طور کلی، هر فرآیند



شکل (۲): حالت‌هایی از حذف نادرست نقاط مرجع مجاور ترمینال در اثر استفاده از فیلتر Cell ID

نزدیک به موقعیت ترمینال قرار داد. از این رو، مرحله دوم فیلتر، براساس حداقل  $N$  تعداد کانال BCCH مشترک میان بردار RSS ترمینال و هر یک از نقاط مرجع استخراج شده در مرحله قبل صورت می‌گیرد. شایان ذکر است که در شبکه GSM هر ترمینال توان شش ایستگاه اطراف خود را اندازه‌گیری و گزارش می‌کند.

#### ج- فیلتر مرحله سوم: فیلتر Cell ID و بزرگترین مقادیر توان دریافتی مشترک

تحلیل بر روی داده‌های شبکه GSM بیانگر آن است که اشتراک میان کانال‌های BCCH دارای بزرگترین مقادیر توان‌های مشاهده شده در بردار RSS نقاط، معیار مناسبی برای نزدیکی فیزیکی آنها به یکدیگر است. علاوه بر این، باید توجه داشت که معیار Cell ID نیز به جز در مواردی که به اشتباه به حذف نقاط مرجع کلیدی منجر می‌گردد، فاکتور مهمی در تعیین موقعیت محسوب می‌شود، زیرا سلول سرویس دهنده بر اساس مقدار توان و کیفیت سیگنال دریافتی از ایستگاه‌های پایه تعیین شده و بنابراین، محتمل‌ترین ناحیه برای موقعیت ترمینال را تعریف می‌کند. به علت در نظر گرفتن فاکتور کیفیت، در انتخاب سلول سرویس دهنده، توان مربوط به این سلول الزاماً در فهرست بزرگترین مقادیر توان بردار RSS قرار نمی‌گیرد. از این رو، طبق نتایج تجربی به دست آمده پیشنهاد می‌شود که، در ابتدا کانال‌های BCCH مربوط به دو عدد از بزرگترین مقادیر توان دریافتی به همراه کانال BCCH سلول سرویس دهنده برای هر یک از نقاط مرجع حاصل از فیلتر قبلی و همچنین ترمینال سیار استخراج شوند. سپس نقاط مرجعی که از میان کانال‌های BCCH استخراج شده دارای حداقل دو کانال

به منظور برطرف نمودن معایب مطرح شده، در اینجا راهکارهایی برای فیلتر نمودن نقاط مرجع پیشنهاد می‌شود:

#### الف- فیلتر مرحله اول: فیلتر شعاع جستجو

در این فیلتر شعاع جستجوی نقاط مرجع موجود در پایگاه داده از ایستگاه سرویس دهنده به اندازه مشخصی در نظر گرفته می‌شود. انتخاب مقدار شعاع جستجو بر اساس نتایج حاصل از مقادیر اندازه‌گیری شده در شبکه تلفن همراه صورت می‌گیرد. در حقیقت، یکی از پارامترهای اندازه‌گیری شده در شبکه، میزان ترافیکی است که هر ایستگاه پایه در فواصل مختلف از خود پوشش‌دهی می‌کند. بررسی این مقادیر نشان می‌دهد، معمولاً هر ایستگاه پایه قادر است مشترکان را تا فاصله حداکثر  $5/3d$  سرویس‌دهی نماید که  $d$ ، فاصله متوسط میان ایستگاه‌های پایه محیط مورد نظر است. هرچند استفاده از این فیلتر مانع از حذف نقاط مرجعی می‌گردد که به اشتباه توسط معیار Cell ID فیلتر شده‌اند، ولی همچنان معیار مناسبی برای استخراج نزدیکترین نقاط مرجع به موقعیت ترمینال محسوب نمی‌شود؛ به این علت که شعاع جستجو هنوز به اندازه کافی محدود نشده است.

#### ب- فیلتر مرحله دوم: فیلتر BCCH مشترک

بررسی‌های انجام شده بر روی مقادیر واقعی به دست آمده از شبکه نشان می‌دهد که، هر اندازه دو مکان از نظر موقعیتی به یکدیگر نزدیکتر باشند، تعداد کانال‌های BCCH مشترک بیشتری میان آنها وجود خواهد داشت. بنابراین، می‌توان تعداد کانال‌های BCCH مشترک میان بردار RSS ترمینال و هر یک از نقاط مرجع موجود در پایگاه داده را مبنای مقایسه‌ای به منظور انتخاب نقاط مرجع

ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

نزدیکی فیزیکی به ترمینال و داشتن شباهت توانی زیاد در کانال‌های BCCH مشترک با آن، به علت شرایط محیطی تعداد کانال BCCH مشترک کمی با ترمینال داشته باشند. در این صورت، استفاده از  $lev_{min}$  در موارد غیرمشترک، باعث افزایش مقدار  $d(j)$  برای این نقاط شده و در نتیجه فاصله میان آنها و ترمینال به اشتباه بیشتر از فاصله واقعی تخمین زده می‌شود.

به منظور برطرف نمودن مشکلات مذکور و کاهش خطای موقعیت یابی، همان طور که در معادله (۲) نشان داده شده، پیشنهاد می‌گردد که در محاسبه  $d(j)$  تنها موارد مشترک میان نقاط مرجع و ترمینال در نظر گرفته شود و سپس به منظور اعمال نمودن این اصل که نقاط نزدیک به هم، تعداد کانال مشترک بیشتری با یکدیگر دارند، مقدار به دست آمده بر تعداد کانال BCCH مشترک میان آنها تقسیم گردد.

$$d(j) = \frac{(\sum_i (MS_i - RP_i(j))^n)^{1/n}}{m} \quad (2)$$

در این رابطه  $m$ ، تعداد کانال BCCH مشترک میان بردار RSS نقطه مرجع و ترمینال سیار است و اندیس  $i$  فقط به  $m$  مؤلفه مشترک در بردار RSS اشاره می‌کند.

### ۳-۲-۳- تخمین موقعیت

پس از یافتن معیاری برای سنجش میزان نزدیکی نقاط مرجع به ترمینال، می‌توان از الگوریتم‌های مختلفی به منظور تخمین موقعیت ترمینال استفاده نمود. الگوریتم نزدیکترین همسایه (NN) موقعیت نقطه ای از پایگاه داده با کمترین مقدار  $d(j)$  را به عنوان موقعیت ترمینال انتخاب می‌کند [۲۲]. در الگوریتم K نزدیکترین همسایه (KNN)، میانگین موقعیت K نزدیکترین نقطه مرجع با کمترین مقدار  $d(j)$  به عنوان موقعیت ترمینال در نظر گرفته می‌شود [۲۳]. روش دیگر، الگوریتم وزن دار K نزدیکترین همسایه (WKNN) بوده که در آن میانگین وزن دار از موقعیت K نزدیکترین نقاط به عنوان موقعیت موبایل محسوب می‌شود [۲۴، ۲۵].

به علت در نظر گرفته شدن فاصله ترمینال تا نقاط مرجع در الگوریتم W-KNN، در این مقاله از این الگوریتم

مشترک با ترمینال سیار هستند، به عنوان خروجی های این فیلتر انتخاب گردند.

### ۳-۲-۲- تطبیق با نقاط مرجع

فرآیند تطبیق، راهکاری برای تعیین میزان نزدیکی نقاط مرجع استخراج شده از مرحله قبلی به ترمینال سیار محسوب می‌شود. برای تحقق این امر باید اختلاف میان مقادیر بردار RSS اندازه‌گیری شده توسط ترمینال با هر یک از ورودی‌های پایگاه داده محاسبه شده و سپس بر مبنای این اختلاف، نزدیکترین نقاط مرجع به ترمینال شناسایی گردد. متداولترین روش اندازه‌گیری این اختلاف بر اساس روابط منهتن و اقلیدسی (به ترتیب متناظر با  $n=1$  و  $n=2$ ) به صورت زیر است [12,21].

$$d(j) = (\sum_i (MS_i - RP_i(j))^n)^{1/n} \quad (1)$$

که در آن  $MS_i$  توان سیگنال دریافتی اندازه‌گیری شده توسط ترمینال از کانال BCCH قابل شنود  $i$  ام،  $RP_i(j)$  توان سیگنال دریافتی از همان کانال در نقطه مرجع  $j$  ام پایگاه داده است. ورودی‌های پایگاه داده با کمترین مقدار  $d(j)$  اشاره به نزدیکترین نقاط مرجع به ترمینال دارند.

معادله (۱) تنها در صورتی قابل استفاده است که دسته مشابهی از کانال‌ها در هر دو بردار ظاهر شده باشند [۱۵، ۲۰]. حداقل سطح RSS قابل آشکارسازی در استاندارد GSM،  $lev_{min} = -110$  dBm است، در مواردی که کانالی در یکی از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط ترمینال و یا نقطه مرجع آشکار نشود، بدین معناست که مقدار توان دریافتی از آن کانال بی‌نهایت کم بوده و آن مقدار توان نامشخص باید با  $lev_{min}$  جایگزین گردد. اندازه‌گیری های حاصل از گوشی TEMS بیانگر آن است که مقدارهای ظاهر نشده در فهرست ۶ عدد از بزرگترین مقادیر توان که در گزارش‌های NMR به شبکه ارسال می‌گردد، الزاماً دارای مقادیر کمتر از حد آستانه آشکار سازی نیستند. بنابراین در نظر گرفتن  $lev_{min}$  به جای این مقادیر، باعث به وجود آمدن خطای قابل ملاحظه‌ای در محاسبه  $d(j)$  در رابطه (۱) می‌شود. علاوه بر این، نقاط مرجعی را در نظر بگیرید که علی‌رغم

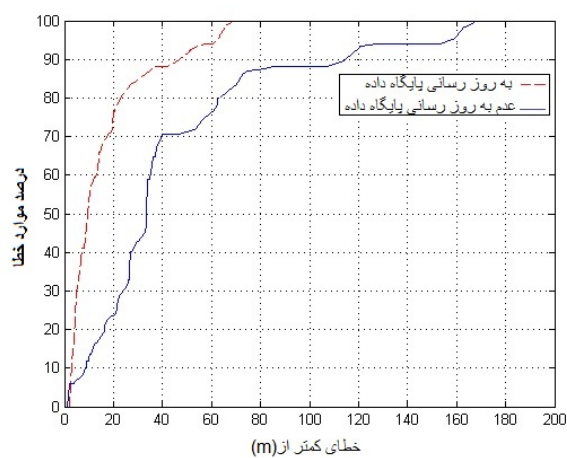


جداول مناسب بیان می‌شود.

#### ۴-۱- مقایسه خطای موقعیت یابی در دو وضعیت به روزآوری و عدم به روزآوری پایگاه داده با تغییر در وضعیت بار ترافیکی شبکه

چنانچه در بخش ۳-۱ عنوان شد، استفاده از پایگاه داده غیر دقیق در روش موقعیت یابی تشخیص الگو می‌تواند به خطای قابل ملاحظه‌ای در تخمین موقعیت مشترکان منجر گردد. بنابراین، به روزآوری پایگاه داده با تغییر در میزان بار ترافیکی شبکه امری ضروری است.

به منظور نشان دادن این موضوع، آزمایشی بر اساس مقادیر حاصل از اندازه گیری توسط گوشی TEMS، در مسیر نشان داده شده در شکل (۱) انجام گرفته است. مقایسه‌ای از نمودارهای تابع توزیع تجمعی (CDF) خطای موقعیت یابی روش تشخیص الگو، در حالت به روز رسانی و عدم به روز رسانی پایگاه داده در شکل (۳) رسم شده است.



شکل (۳): نمودار CDF خطای موقعیت یابی در دو وضعیت به روز رسانی و عدم به روز رسانی پایگاه داده

محور عمودی نشان دهنده درصد موارد خطا، به ازای مقدار خطای موقعیت یابی کمتر از حد مشخص شده در محور افقی است و یا به عبارت دیگر، منحنی ارائه شده به ازای درصد موارد خطای مشخص، میزان حداکثر خطای موقعیت یابی را تعیین می‌کند؛ مثلاً در حالت استفاده از پایگاه داده به روز شده، خطای موقعیت یابی در ۶۷٪ و ۹۵٪ موارد به ترتیب کمتر از ۱۴ متر و ۶۱ متر بوده است. این مقادیر در صورت عدم به روز آوری پایگاه داده به کمتر

استفاده شده است. وزن هر یک از نقاط مرجع نیز بر اساس مقادیر  $d(j)$  محاسبه شده برای آنها از مرحله قبلی به دست می‌آید. البته، مقادیر  $d(j)$  حاصل از رابطه پیشنهادی (۲) به علت نرمالیزه نمودن مقادیر، بسیار به یکدیگر نزدیک شده، در نتیجه استفاده از آنها در تعیین وزن الگوریتم، به کاهش دقت تخمین موقعیت منجر می‌گردد.

بدین منظور، استفاده از روشی پیشنهاد می‌شود که از میان نقطه مرجع استخراج شده بتواند تاثیر موقعیت نقاط نزدیکتر به ترمینال را در تخمین موقعیت آن به مقدار زیادی افزایش و تاثیر موقعیت نقاط دورتر را به مقدار زیادی کاهش دهد. معادله (۳)، رابطه پیشنهاد شده را نشان می‌دهد.

$$w_j = \frac{\left( \frac{1}{c(j)} \right)}{\sum_j \frac{1}{c(j)}} \quad (3)$$

$$c(j) = e^{l*d(j)}$$

در این رابطه  $w_j$ ، وزن متناظر با  $j$  امین نزدیکترین همسایه است.

به منظور انتخاب مقدار بهینه  $w_j$ ، برای دستیابی به کمترین خطای موقعیت یابی،  $l$  به عنوان پارامتری قابل تنظیم قرار داده شده است. در نهایت، معادله (۴) رابطه‌ای برای تخمین موقعیت ترمینال سیار یا MS بر اساس الگوریتم وزن‌دهی پیشنهادی را نشان می‌دهد.

$$\hat{x}_{MS} = \sum_j w_j x_j,$$

$$\hat{y}_{MS} = \sum_j w_j y_j, \quad (4)$$

که در آن  $w_j$ ، وزن متناظر با  $j$  امین نزدیکترین همسایه و  $(x_j, y_j)$  مختصات جغرافیایی نقطه مرجع  $j$ ام است.

#### ۴- نتایج شبیه سازی

در این قسمت به بررسی نتایج روش‌های پیشنهادی تعیین موقعیت با استفاده از داده‌های واقعی اندازه‌گیری شده می‌پردازیم. به طور جداگانه هر یک از راهکارهای ارائه شده تحلیل شده و اثر هر یک در موقعیت یابی توسط نمودارها و

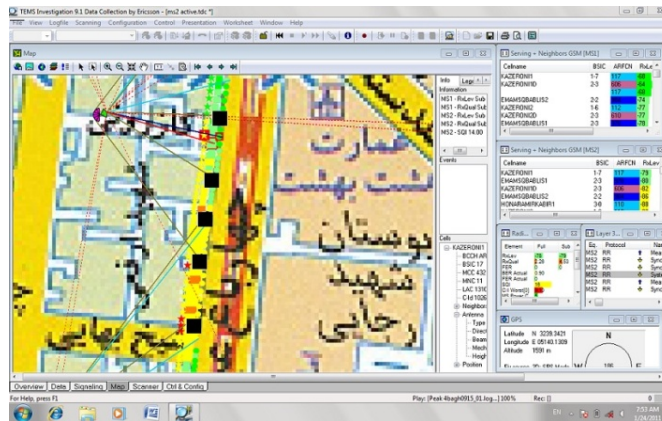
ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

توسط گوشی TEMS با فاصله ای حدود ۹ متر در مسیری که قسمتی از آن در شکل (۴) نشان داده شده، جمع آوری شده است. چنانچه در بخش ۳-۲-۱ عنوان شد، فیلتر مرحله اول به منظور محدود کردن شعاع جستجوی نقاط مرجع درون پایگاه داده، بدون حذف نقاطی که به اشتباه توسط معیار Cell ID فیلتر شده اند، اعمال می شود. بنابراین، استفاده از این فیلتر علاوه بر جلوگیری از کاهش دقت موقعیت یابی، از تحمیل بار محاسباتی اضافی به الگوریتم جلوگیری می کند.

از ۳۸ متر و ۱۵۵ متر می رسد. به عبارت دیگر، عدم به روزآوری پایگاه داده موجب افزایش خطای متوسط موقعیت یابی از ۱۵,۶ متر به ۴۴,۶ متر گردیده است.

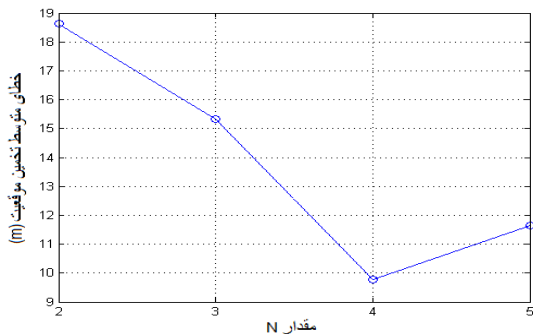
#### ۲-۴- تاثیر راهکارهای پیشنهادی در بهبود دقت موقعیت یابی روش تشخیص الگو

به منظور بررسی اهمیت هر یک از مراحل فرایند موقعیت یابی پیشنهاد شده، آزمایشی بر اساس داده های واقعی شبکه تلفن همراه در اصفهان صورت گرفته است. مقادیر درون پایگاه داده از طریق اندازه گیری های میدانی



شکل (۴): مسیر آزمایش و نمایش موقعیت واقعی ایستگاه های پایه

$N=4$  به دست آمده است.



شکل (۵): تاثیر مقدار N در میزان خطای متوسط روش تخمین

#### موقعیت پیشنهادی

نمودارهای CDF خطای موقعیت یابی با شبیه سازی الگوریتم پیشنهاد شده در حالت استفاده و عدم استفاده از فیلتر BCCH مشترک در شکل (۶) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده گویای افزایش خطای متوسط تخمین موقعیت در صورت عدم استفاده از این فیلتر از ۹,۷ متر به

۲-۴-۱- بهبود دقت موقعیت یابی بر اثر استفاده از

#### فیلتر BCCH مشترک

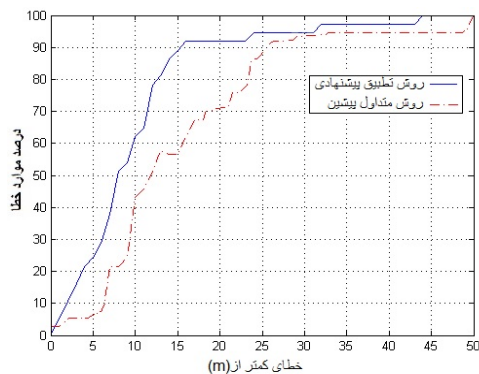
به کار بردن فیلتر مرحله دوم موجب استخراج نقاط مرجعی با حداقل N تعداد کانال BCCH مشترک با ترمینال می شود. عوامل مختلفی از جمله فاصله متوسط میان ایستگاه های پایه محیط و همچنین فاصله بین نقاط مرجع، می تواند در انتخاب مقدار بهینه N مؤثر باشد. شکل (۵) مقادیر خطای متوسط تخمین موقعیت بر اساس الگوریتم پیشنهادی را برای تعدادی نقطه تحت آزمون به ازای  $N=5,4,3,2$  در مسیر آزمایش ذکر شده با فاصله متوسط ۴۸۰ متر میان ایستگاه های پایه و ۹ متر میان نقاط مرجع نشان می دهد. چنانچه ملاحظه می شود، افزایش یا کاهش N لزوماً باعث بهبود دقت موقعیت یابی نشده و باید مقدار بهینه آن با توجه به ویژگی های محیط آزمایش، تعیین گردد. در ناحیه مورد نظر ما با خصوصیات عنوان شده، مقدار بهینه

۱۸,۳ متر است.

## ۴-۲-۳- بهبود دقت موقعیت یابی در صورت

## استفاده از راهکار پیشنهادی برای مرحله تطبیق

برای اثبات کاهش خطای موقعیت یابی در حالت استفاده از روش پیشنهادی در مرحله تطبیق، نسبت به روشی که از جایگزینی مقدار  $lev_{min}$  به جای مقدار توان کانالی که در یکی از مقادیر اندازه گیری شده توسط ترمینال و یا نقطه مرجع آشکار نشده باشد، استفاده می‌کند. نمودار CDF خطا برای هر یک از دو حالت در شکل (۸) رسم گردیده است.



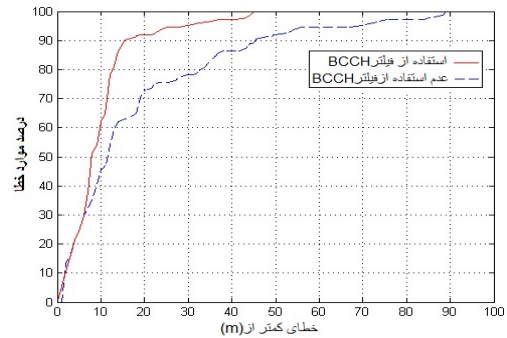
شکل (۸): بهبود دقت تخمین موقعیت در صورت استفاده از راهکار پیشنهادی در مرحله تطبیق

نتایج به دست آمده نشان دهنده کاهش خطای متوسط تخمین موقعیت در صورت استفاده از روش پیشنهادی از ۱۵ متر به ۹,۷ متر است. خطای کمتر از ۱۵ متر در صورت به کار بردن روش پیشنهاد شده در ۸۹٪ موارد و در حالت استفاده از روش مرسوم قبل در ۵۶٪ موارد رخ می‌دهد.

## ۴-۲-۴- بهبود دقت تخمین موقعیت در صورت

## استفاده از الگوریتم موقعیت یابی وزن دار بهبود یافته

در مرحله تخمین موقعیت، اساسی‌ترین بخش الگوریتم WKNN، تعیین وزن برای  $K$  عدد از نزدیکترین نقاط مرجع به ترمینال است. آزمون‌های موقعیت یابی برای یک محدوده از مقادیر  $K$  در محیط‌های مختلف انجام شده و مقداری که ۸۰٪ خطا را حداقل می‌کند، به عنوان  $K$  بهینه برای آن محیط در نظر گرفته می‌شود. نتایج مقدار بهینه  $K$  در محیط شهری متراکم  $K=5$  و در محیط‌های حومه شهر و



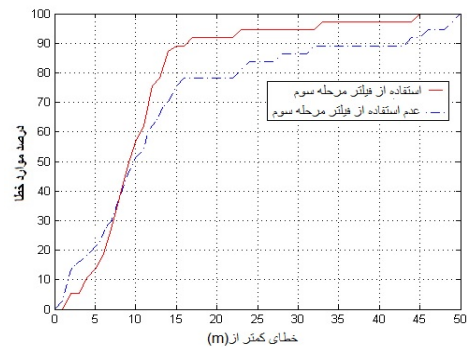
شکل (۶): مقایسه خطای موقعیت یابی در حالت استفاده و عدم استفاده از فیلتر مبتنی بر تعداد کانال BCCH مشترک

## ۴-۲-۴- بهبود دقت موقعیت یابی بر اثر استفاده

## از فیلتر Cell ID و بزرگترین مقادیر توان دریافتی مشترک

از آنجایی که تشابه بین کانال‌های BCCH مربوط به بزرگترین مقادیر بردار RSS و سلول سرویس دهنده دو نقطه، بیانگر نزدیکی فیزیکی آن نقاط به یکدیگر است، فیلتر مرحله سوم برای محدودتر کردن شعاع جستجوی نقاط مرجع بر این اساس قرار داده شده است.

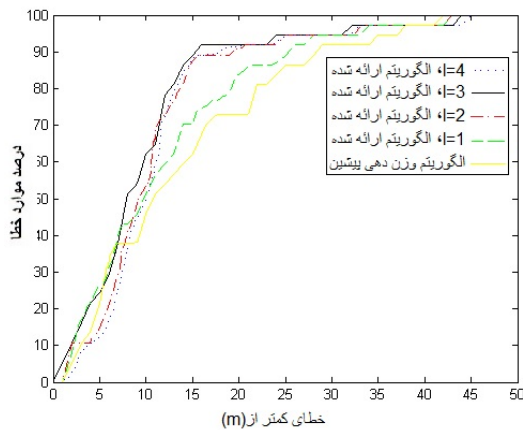
نمودارهای نشان داده شده در شکل (۷) بیانگر اهمیت استفاده از فیلتر Cell ID و بزرگترین مقادیر توان دریافتی مشترک در کاهش خطای تخمین موقعیت ترمینال هستند. همان طور که ملاحظه می‌شود، خطای موقعیت یابی در ۹۵٪ موارد در صورت استفاده از این فیلتر از کمتر از ۴۶ متر به کمتر از ۲۳ متر می‌رسد.



شکل (۷): تاثیر استفاده از فیلتر Cell ID و بزرگترین مقادیر توان دریافتی مشترک در کاهش خطای موقعیت یابی الگوریتم تشخیص الگوی پیشنهادی

ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

موضوع دیگری که در اینجا بررسی می‌شود، تأثیر مقدار  $l$  در الگوریتم وزن دهی پیشنهاد شده، بر روی خطای تخمین موقعیت است. برای این منظور، مقادیر خطای موقعیت یابی برای تعدادی نقطه آزمون در مسیر آزمایش مذکور با فرض  $k=4$  و  $N=4$ ، به ازای مقادیر  $l=4,3,2,1$  و در حالت استفاده از الگوریتم وزن دهی پیشین، محاسبه شده و نتایج آن در نمودارهای شکل (۱۰) رسم گردیده است. علاوه بر این جدول (۳) نیز، مقایسه‌ای از خطای متوسط تخمین موقعیت به ازای مقادیر مختلف  $l$  را نشان می‌دهد. چنانکه ملاحظه می‌شود، در ابتدا با افزایش مقدار  $l$  خطای موقعیت یابی کاهش یافته و پس از رسیدن  $l$  به مقدار معینی، این خطا افزایش می‌یابد.



شکل (۱۰): مقایسه‌ی خطای تخمین موقعیت الگوریتم پیشنهادی

به ازای مقادیر مختلف  $l$

جدول (۳): خطای متوسط موقعیت یابی به ازای مقادیر

$$l=4,3,2,1$$

خطای متوسط تخمین موقعیت (m)				روش موقعیت یابی بهبود یافته
$l=1$	$l=2$	$l=3$	$l=4$	
۱۱,۷۱	۱۰,۴۶	۹,۷۸	۱۰,۷۴	

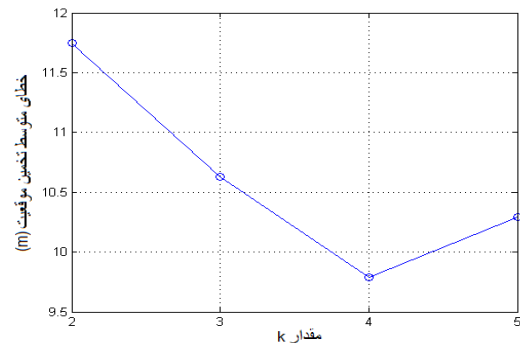
در حقیقت، به منظور انتخاب مقدار بهینه  $l$ ، توجه به این نکته حائز اهمیت است که، هرچند افزایش مقدار  $l$ ، تأثیر موقعیت نقاط نزدیکتر به ترمینال را در الگوریتم موقعیت یابی به مقدار زیادتری افزایش داده و تأثیر موقعیت نقاط دورتر را به مقدار زیادتری کاهش می‌دهد، اما این

روستایی به ترتیب  $K=2$  و  $K=3$  به دست آمده است [۲۰]. عامل تأثیرگذار دیگر در انتخاب مقدار  $K$  براساس نتایج شبیه سازی، فاصله نقاط مرجع از یکدیگر است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است در مواردی که فاصله میان نقاط مرجع کم باشد، انتخاب  $K$  بزرگتر باعث بهبود دقت موقعیت یابی می‌گردد. نمونه‌هایی از بهترین مقادیر  $K$  متناسب با فاصله بین نقاط مرجع در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲): بهترین مقدار  $k$  متناسب با فاصله بین نقاط مرجع

فاصله ی بین نقاط مرجع (m)	خطای تخمین موقعیت (m)	
	$K=2$	$K=3$
۶	۱۳,۶	۷
۵۱	۲۶,۶۸	۱۹,۰۲
۷۳	۴۸,۵۴	۳۳,۴۲
۸۰	۵۱,۰۸	۴۰,۸۱
۱۵۲	۹۸,۳۴	۱۰۳,۷۵
۱۷۸	۹۲,۵۱	۱۳۵,۸

نمودار شکل (۹) نیز، نتایج خطای متوسط الگوریتم موقعیت یابی پیشنهادی را به ازای  $K=2,3,4,5$  در مسیر آزمایش مذکور در شهر اصفهان، به عنوان نمونه‌ای از یک محیط شهری نیمه متراکم و با در نظر گرفتن فاصله تقریبی ۹ متر میان نقاط مرجع نشان می‌دهد. در نهایت، مقدار بهینه  $K=4$  برای این ناحیه با ویژگی های بیان شده، به دست می‌آید.



شکل (۹): مقایسه خطای متوسط موقعیت یابی در ناحیه آزمایش

به ازای مقادیر مختلف  $k$

بهبودیافته در همان ناحیه آزمایش شکل(۴)، شبیه سازی این روش هندسی بر اساس مدل انتشار Hata که ضرایب آن برای اصفهان استخراج شده، صورت گرفته است. نتایج این شبیه سازی که با استفاده از داده های واقعی اندازه گیری شده توسط گوشی TEMS و مبتنی بر موقعیت حقیقی ایستگاه های پایه به دست می‌آید، حاکی از دقت کمتر از ۳۴۰ متر در ۶۷٪ و کمتر از ۷۲۰ متر در ۹۵٪ موارد است، که کارایی بهتر الگوریتم پیشنهادی نسبت به روش مرسوم هندسی را نشان می دهد. علاوه بر این، در جدول(۴)، مقایسه‌ای از دقت روش تشخیص الگوی مبتنی بر توان پیشنهادی با دقت برخی از کارهایی که تاکنون به منظور بهبود کارایی الگوریتم تشخیص الگو ارائه شده، ذکر گردیده است.

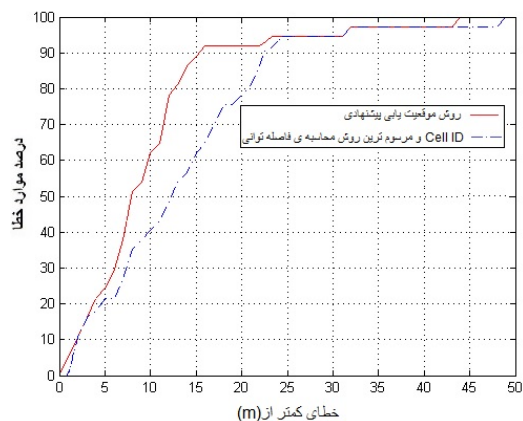
## ۵- پیشنهاد سناریویی به منظور ارائه یک

### سرویس تبلیغاتی مبتنی بر موقعیت

چنانکه گفته شد، با توجه به اهمیت مسأله فردی سازی در ارسال تبلیغات، علاوه بر پارامتر موقعیت مشترک، علاقه مندی‌های فردی وی و زمان نیز در این مقاله در نظر گرفته شده است. از این رو، باید پایگاه داده‌ای از نوع مکان‌هایی که کاربران علاقه مند به دریافت پیام‌های تبلیغاتی از آنها هستند (بانک، رستوران، کتابفروشی و ...) و همچنین، زمان‌های مناسب برای ارائه تبلیغات از هر یک از این مکان‌ها تهیه گردد. مشتریان مجازی که قصد استفاده از سرویس تبلیغاتی را دارند، در ابتدا لازم است درخواستی مبنی بر استفاده از این خدمات به فراهم کننده سرویس اعلام نمایند. این درخواست می‌تواند به شکل ارسال پیامکی به شماره‌ای معین صورت گیرد. سپس فراهم کنندگان سرویس قادر خواهند بود طبق روش پیشنهاد شده با تشخیص حضور مشترک در نزدیکی هر یک از تبلیغ کنندگان و با در نظر گرفتن پارامتر زمان و علائق کاربر، پیام‌های تبلیغاتی را برای وی ارسال نمایند. شایان ذکر است به منظور تحقق این سرویس لازم است تغییراتی جزئی در زیر ساخت شبکه صورت پذیرد.

مسأله نباید به کاهش تعداد نقاط مرجعی بینجامد که باید موقعیت آنها در الگوریتم تخمین موقعیت ترمینال لحاظ گردد. کمترین مقدار خطا در الگوریتم بهبود یافته پیشنهادی برای  $I=3$  به دست آمده است.

در نهایت، شکل(۱۱)، مقایسه‌ای از نمودار CDF خطای موقعیت یابی الگوریتمی را که از فیلتر Cell ID به همراه رابطه (۱) برای محاسبه  $d(k)$  استفاده می‌کند، با الگوریتم تشخیص الگوی بهبود یافته پیشنهادی و فرض  $N=4$ ،  $K=4$  و  $I=3$  نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده گویای کاهش خطای متوسط تخمین موقعیت از ۱۳٫۲ متر به ۹٫۷ متر در صورت استفاده از روش موقعیت یابی پیشنهادی است. یکی از معیارهای سنجش کارایی الگوریتم‌های موقعیت یابی، خطای متوسط تخمین موقعیت است، که در روش تشخیص الگوی مبتنی بر توان پیشنهاد شده این مقدار برابر با ۹٫۷ متر به دست آمد. معیار دیگر وضع شده توسط FCC، مقادیر خطای متناظر با  $CDF=95\%$  و  $CDF=97\%$  بوده که براساس استاندارد این سازمان باید ۶۷ درصد خطاهای تخمین کمتر از ۱۰۰ متر و ۹۵ درصد خطاها کمتر از ۳۰۰ متر باشند. مقادیر خطای حاصل از الگوریتم ارائه شده در ۶۷٪ و ۹۵٪ موارد به ترتیب کمتر از ۱۱ متر و کمتر از ۲۳ متر است، که بیانگر مطابقت این روش با قوانین FCC است.



شکل(۱۱):مقایسه‌ی نمودار CDF خطای موقعیت یابی

به منظور مقایسه دقت الگوریتم موقعیت یابی هندسی مبتنی بر تقاطع یابی دایره‌ای با روش تشخیص الگوی

ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

بخش ۳-۲-۱ است.

۵. ثبت بردار RSS مربوط به هر ترمینال ثابت GSM و مختصات جغرافیایی متناظر آن: توان سیگنال‌های دریافتی از ایستگاه‌های پایه قابل شنود که توسط هر ماژول اندازه‌گیری شده به همراه مختصات جغرافیایی ماژول‌ها در این پایگاه داده ذخیره می‌شود.

### ج - نصب واحد SMLC

مرکز سرویس‌دهنده موقعیت یابی موبایل (SMLC)، واحد ذخیره‌کننده پایگاه داده بوده که قادر است با مقایسه نمودن RSS اندازه‌گیری شده توسط MS با مقادیر درون پایگاه داده خود، موقعیت ترمینال متحرک را تعیین نماید. از آنجایی که باید جستجو در کل پایگاه داده صورت گیرد و این امر بار پردازشی بالایی را به شبکه تحمیل می‌کند، واحد SMLC باید به اندازه کافی برای پردازش تمامی درخواست‌های موقعیت یابی در یک زمان قابل قبول توانمند باشد. از این رو، پیشنهاد می‌شود، در مواقع پیاده‌سازی سرویس در مقیاس بزرگ، چندین واحد SMLC به شکل توزیع یافته در شبکه قرار داده شود.

صورت کلی فرایند سرویس تبلیغاتی در شکل (۱۳) نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، این فرایند سرویس تبلیغاتی با ارسال پیامکی از مشترک به منظور اعلان درخواست سرویس آغاز می‌گردد. از این زمان به بعد، ارسال گزارش‌های NMR، برای دریافت RSS اندازه‌گیری شده توسط ترمینال، در فواصل زمانی معین و به صورت متناوب به شبکه ضروری است.

پس از درخواست سرویس، زمان تقاضای سرویس و همچنین، علاقه‌مندی‌های شخصی مشترک ثبت شده در پایگاه داده، مشخص می‌شود. سپس با توجه به زمان جاری، انواع خاصی از مکان‌ها برای ارسال پیام، استخراج شده و در نهایت، با در نظر گرفتن علاقه‌مندی‌های شخصی از پیش مشخص شده مشترک، تعدادی از انواع مکان‌ها از میان مکان‌های استخراج شده در مرحله قبل تعیین می‌گردند. علاوه بر این، پس از ارسال پیامک درخواست سرویس،

## ۶- اصلاحات لازم در زیرساخت شبکه به

### منظور ارائه سرویس تبلیغاتی

#### الف - نصب ترمینال‌های ثابت GSM

نصب ترمینال‌های ثابت GSM به منظور اندازه‌گیری مقادیر RSS از ایستگاه‌های پایه اطراف به صورت خودکار، در مجاورت مکان‌های تبلیغ‌کنندگان ضروری است. از آنجایی که این ترمینال‌های ثابت حکم نقاط مرجع را ایفا می‌کنند، نحوه چیدمان آنها در دقت سرویس ارائه شده تأثیر بسزایی دارد. طبق روش پیشنهادی، نحوه قرارگیری ترمینال‌های ثابت در اطراف مکان‌های مورد نظر باید به صورتی باشد که با نزدیکی به این مکان‌ها، چگالی ترمینال‌های ثابت افزایش یابد. علت این امر، نیاز به موقعیت یابی دقیق‌تر مشترکان در نزدیکی مکان‌های تبلیغ‌کننده است

#### ب - ساختن پایگاه داده

مواردی که باید به منظور تحقق این سرویس در پایگاه داده ذخیره گردند، به شرح زیر هستند:

۱. ثبت مکان‌های مورد علاقه مشترکان برای دریافت تبلیغات: فهرستی از نوع مکان‌های مورد علاقه هر یک از مشترکان در پایگاه ذخیره می‌شود.

۲. ثبت محدوده‌های زمانی مناسب برای ارسال پیام تبلیغاتی از هر نوع مکان: متناظر با نوع مکان، محدوده زمانی خاصی برای ارسال پیام در نظر گرفته می‌شود و در هنگام ارائه سرویس تبلیغات با توجه به زمان جاری انواع خاصی از مکان‌ها برای ارسال پیام انتخاب می‌شوند.

۳. ثبت مکان‌های تبلیغ‌کننده و Cell ID نزدیکترین ایستگاه‌های پایه به آنها: ورودی‌های این پایگاه داده شامل Cell ID مربوط به نزدیکترین ایستگاه‌های پایه به هر یک از مکان‌های تبلیغ‌کننده و مختصات جغرافیایی این مکان‌هاست.

۴. ثبت نقاط مرجع متناظر با هر ایستگاه پایه: تمام نقاط مرجع موجود در فاصله معینی از هر ایستگاه پایه به همراه Cell ID آن ایستگاه باید در این پایگاه داده ثبت گردد. این فاصله معادل با شعاع ناحیه جستجوی عنوان شده در

Cell ID سلول سرویس دهنده مشترک مشخص و با آوردن Cell ID سلول سرویس دهنده و تحقق شرط بالا بررسی کند. از سوی دیگر، در صورت وجود تبلیغ کننده در سلول سرویس دهنده ترمینال، موقعیت واحد سیار از طریق فرآیند ذکر شده شامل فیلتر کردن، تطبیق و تخمین موقعیت به دست می‌آید.

Cell ID سلول سرویس دهنده مشترک مشخص و با ورودی‌های پایگاه داده SMLC برای بررسی این که آیا در سلول سرویس دهنده ترمینال، تبلیغ کننده استخراج شده در مرحله قبل وجود دارد یا خیر، مقایسه می‌گردد. در صورتی که تبلیغ کننده‌ای وجود نداشته باشد، شبکه باید به طور پیوسته، NMR دریافتی از ترمینال را به منظور به دست

جدول (۴): مقایسه خطای موقعیت یابی الگوریتم‌های پیشنهاد شده بر مبنای روش تشخیص الگو

خطا متناظر با CDF=0.67	خطا متناظر با CDF=0.67	خطا متوسط تخمین موقعیت (m)	شرح الگوریتم موقعیت یابی
11m	23m	9.7m	الگوریتم تشخیص الگوی مبتنی بر توان پیشنهادی
MLE:372 m WAG:275m TAE:229m	MLE:610m WAG:428m TAE:361m	MLE:294m WAG:240m TAE:197m	محدود کردن شعاع جستجوی نقاط مرجع مبتنی بر فیلترهای Cell-ID و TA به کاربرد مدل پیشگویی انتشار امواج رادیویی برای ساختن پایگاه داده، استفاده از روش‌های TAE، WAG، MLE در تخمین موقعیت، به کارگیری یک روش همبستگی بهبود یافته در ترکیب با فیلتر بیز در مرحله تطبیق، اندازه گیری نقاط مرجع با فاصله ۹ متر در مسیر آزمایش [۲۱]
3D IRT:65m ۳۳۱COST WI:65m 115m:Hata	3D IRT:250m ۳۳۱COST WI:150m Hata:530m	— — —	جمع آوری مقادیر درون پایگاه داده از طریق پیشگویی مدل انتشار ناحیه آزمایش، ارزیابی خطای موقعیت یابی با لحاظ نمودن سه نوع مدل انتشار Hata. [۲۶] 3D IRT.COST 231 WI
—	—	260 m	تعیین K عدد از نزدیکترین نقاط مرجع به ترمینال از طریق محاسبه ضرایب همبستگی میان بردار RSS ترمینال و هریک از نقاط مرجع موجود در پایگاه داده، تخمین موقعیت تلفن همراه با متوسط گیری از موقعیت متناظر با K نزدیکترین نقطه مرجع به آن، در نظر گرفتن فاصله ۲۰۰ متر برای جمع آوری نقاط مرجع [۲۰]
44 m	100 m	—	انجام اندازه گیری های میدانی برای ساختن پایگاه داده، موقعیت یابی تلفن همراه بر اساس انتخاب موقعیت نقطه ای از پایگاه داده با کمترین فاصله توانی تا ترمینال، فرض فاصله ۲ متر میان نقطه مرجع در مسیر آزمایش [۲۷]
—	—	الگوریتم های درون یابی خطی موقعیت از قدرت سیگنال: 190.8m مرکز ثقل قدرت: m: 195.29	ساختن پایگاه داده بر اساس اندازه گیری های میدانی، استفاده از الگوریتم های درون یابی خطی موقعیت از قدرت سیگنال و همچنین، مرکز ثقل قدرت برای تخمین موقعیت مشترکان [۱۴]

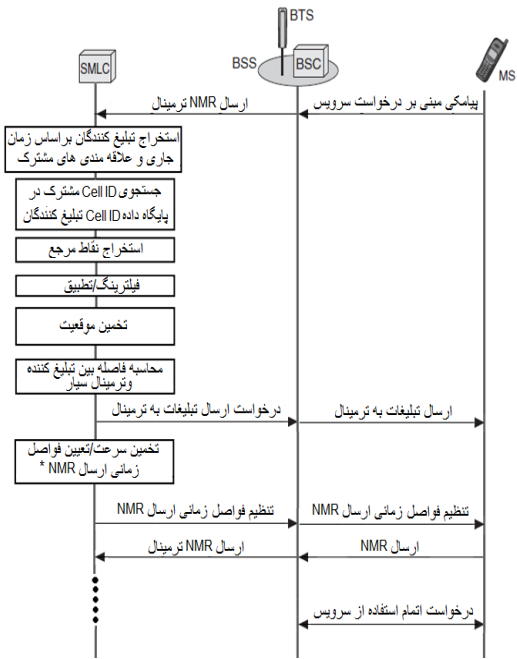
ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

ورودی‌های پایگاه داده، در مرحله ساختن پایگاه داده، ایده استفاده از ترمینال‌های ثابت GSM برای ایجاد پایگاه داده‌ای به روز مطرح می‌شود. نتایج شبیه سازی حاصل از بررسی تاثیر هر یک از فیلترهای عنوان شده در کارایی الگوریتم موقعیت یابی پیشنهادی، گویای اهمیت استفاده از آنها در بهبود دقت تخمین موقعیت مشترکان است. این نتایج همچنین نشان می‌دهند که تغییر در مراحل تطبیق و تخمین فرایند موقعیت یابی، باعث کاهش قابل ملاحظه خطای تخمین موقعیت الگوریتم نسبت به روش‌های مرسوم قبلی می‌گردد.

علاوه بر این، آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهند که پارامترهای K و I و N فاکتورهای اساسی در فرایند موقعیت یابی محسوب شده و باید با دقت انتخاب شوند. مقادیر خطای حاصل از الگوریتم ارائه شده بیانیگر مطابقت این روش با قوانین FCC بوده، در نتیجه امکان استفاده از آن در اکثر سرویس‌های مبتنی بر موقعیت میسر است. مزیت استفاده از این روش موقعیت یابی در ارائه سرویس‌های تبلیغاتی مبتنی بر موقعیت، نیاز به نصب ترمینال‌های ثابت GSM تنها در اطراف مکان‌های تبلیغ کنندگان است. به دلیل آنکه، به منظور ارسال به موقع پیام‌های تبلیغاتی به مشترکان، باید موقعیت آنها تنها در حوالی مکان‌های تبلیغ کنندگان با دقت بالایی تخمین زده شود. بنابراین، اپراتورهای فراهم کننده این سرویس می‌توانند، هزینه تهیه ترمینال‌های ثابت GSM را از متقاضیان ارسال تبلیغات دریافت نمایند. در یک سیستم موثر تبلیغاتی باید پیام‌های تبلیغاتی مناسب هر کاربر، در زمان و مکان مناسب به وی تحویل داده شود. از این رو، در سناریوی پیشنهاد شده در این مقاله به منظور ارائه تبلیغات، علاوه بر موقعیت مشترکان، علایق آنها و زمان نیز برای ارتقای کارایی سرویس مدنظر قرار داده شده است.

## مراجع

- [1] Fang, S. H., Lu B.C., Hsu Y.T., "Learning Location From Sequential Signal Strength Based on GSM Experimental Data", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 61, No. 2, pp 726-736, 2012
- [2] Federal Communications Commission



شکل (۱۳): روند کلی سرویس تبلیغاتی پیشنهادی

\* این عملیات از ارسال NMR دوم به بعد امکان پذیر است.

پس از استنتاج موقعیت تخمینی ترمینال، باید فاصله آن تا مکان تبلیغ کننده به دست آید. در صورتی که این فاصله کمتر از مقدار فاصله آستانه از پیش تعیین شده‌ای باشد، پیام تبلیغاتی برای مشترک ارسال می‌گردد. در غیر این صورت، تمامی مراحل تخمین موقعیت، برای به دست آوردن موقعیت کنونی ترمینال تکرار می‌شود. در نهایت، فرایند سرویس تبلیغاتی مذکور با ارسال پیامکی مینی بر اعلام اتمام فرایند از سوی مشترک و یا با تشخیص دور شدن مشترک از تمامی تبلیغ کنندگان پایان می‌پذیرد. در غیر این صورت، پس از سپری شدن زمان مشخصی این عملیات به اتمام خواهد رسید.

## ۷- نتیجه گیری

روش موقعیت یابی تشخیص الگو مبتنی بر توان سیگنال دریافتی در نواحی شهری؛ یعنی اصلی ترین مناطق کاربرد سرویس‌های مبتنی بر موقعیت از دقت بالایی برخوردار است. با توجه به اهمیت استفاده از پایگاه داده دقیق در بهبود کارایی الگوریتم تشخیص الگوی پیشنهادی و تاثیرگذاری عواملی، از قبیل: وضعیت بار ترافیکی شبکه بر



- Technologies Vol. 5084, pp. 19-27, Orlando, FL, USA, April 2003.
- [13] Nypan T., Mobile terminal positioning based on database comparison and filtering, Dissertation at the Norwegian University of Science and Technology, July 2004.
- [14] Promnoi S.; Tangamchit P.; Pattara-Atikom W., "Road traffic estimation based on position and velocity of a cellular phone", 8<sup>th</sup> International Conference on ITS Telecommunications ITST, pp. 108-111, Phuket, Oct. 2008.
- [15] Anisetti, M., Ardagna, C.A., Bellandi, V., Damiani E., Reale S., "Map-Based Location and Tracking in Multipath Outdoor Mobile Networks", IEEE Trans. on Wireless Communications, Vol. 10, No. 3, pp. 814-824, 2011
- [16] Schmitz H., Kuipers M., Majeewski K., and Stadelmeyer P., "A new method for positioning of mobile users by comparing a time series of measured reception power levels with predictions", Vehicular Technology Conference, VTC-2003 Spring, south Korea, May 2003.
- [17] Li B., Wang Y., Lee H. K., Dempster A., Rizos C., "A new method for yielding a database of location fingerprints in wlan", school of Surveying and Spatial Inf. Systems, University of New South Wales, Sydney, NSW, Australia, Oct. 2005.
- [18] ETSI Recommendations for Digital cellular telecommunications system -Phase 2+ (GSM), <http://www.etsi.org>.
- [19] Takenga C. Mbusa W., Quan K. K., "On the Accuracy Improvement Issues in GSM Location Fingerprinting", IEEE 64th Vehicular Technology Conference-VTC Fall, pp 1-5, Montreal, Que., Sept. 2006
- [20] Goldsmith A., Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005
- [21] Arya A., Godlewski P., Melle P., "Performance Analysis of Outdoor Localization Systems based on RSS Fingerprinting", 6<sup>th</sup> International Symposium on Wireless Communication Systems, pp. 378-382, Tuscany, Sept. 2009.
- [22] Khalaf-Allah M., Kyamakya K., "Database Correlation using Bayes Filter for Mobile Terminal Localization in GSM Suburban Environments", Vehicular Technology Conference- VTC, pp 798-802, Melbourne, Vic., May 2006.
- [23] Saha S., Chauhuri K., Sanghi D., and Bhagwat P., "Location determination of a mobile device using IEEE802.11b access point signals", IEEE Wireless Communications and Networking Conference (FCC) Fact Sheet, FCC Wireless 911 Requirements, 2001.
- [3] Yunos. H., Gao. J, and Shim. S, "Wireless advertising's challenges and opportunities", IEEE Computer. Vol. 36, No. 5, pp. 30-37, 2003.
- [4] Liu X., He W., Tian Z.S., "The Improvement of RSS-based Location Fingerprint Technology for Cellular Networks", International Conference on Computer Science & Service System (CSSS), pp. 1267-1270, Nanjing, Aug 2012
- [5] Chen M. Y. et al., "Practical metropolitan scale positioning for GSM phones", 8<sup>th</sup> Ubiquitous Computing International Conference, pp. 225-142, Orange County, CA, USA, Sept 2006.
- [6] Chen W. Y., Miller S. L., "Distributed linear combination estimators for localization based on received signal strength in wireless networks", 43<sup>rd</sup> Annual Conference Information Sciences and Systems. (CISS), pp. 258 - 263, Baltimore, March 2009.
- [7] Tayal, M., "Location services in the GSM and UMTS networks", IEEE International Conference on Personal Wireless Communications, ICPWC, pp. 373-378, Jan 2005.
- [8] Chan F.K.W., "Best linear unbiased estimator approach for time-of-arrival based localization", IET signal processing, Vol. 2, No. 2, pp. 156-162, 2008.
- [9] Bshara M., Orguner U., Gustafsson F., Van Biesen L., "Fingerprinting Localization in Wireless Networks Based on Received-Signal-Strength Measurements: A Case Study on WiMAX Networks", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol.59, No. 1, pp. 283-294, 2010.
- [10] Mayorga C., Rosa F., Wardana S., Simone G., Raynal M., Figueiras J., and Frattasi S., "Cooperative Positioning Techniques for Mobile Localization in 4G Cellular Networks", IEEE International Conference on Pervasive Services (ICPS 2007), pp. 39-44, Istanbul, July 2007.
- [11] Calleja C., Debono CJ. "The application of database correlation methods for location detection in GSM networks", 3<sup>rd</sup> International Symposium on Communications, Control and Signal Processing (ISCCSP), pp. 1324-1329, St Julians, March 2008.
- [12] Kuipers M., Majewski K., Schmitz H., and Stadelmeyer P., "Improved Method for Positioning Mobile Phones Based on Series of Measured Reception Power Levels", Proc. of SPIE Location Services and Navigation

ارائه یک روش موقعیت یابی تلفن همراه بر مبنای تشخیص هوشمند الگوی شدت توان دریافتی در شبکه GSM.....

- <sup>26</sup> Maximum Likelihood Estimate
- <sup>27</sup> Intelligent Ray Tracing
- <sup>28</sup> Serving Mobile Location Center

- [24] (WCNC), New Orleans, LA, USA, Mar 2003. Bahl P. and V. Padmanabhan N., "Radar: An in-building RF-based user location and tracking system", 19<sup>th</sup> Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies- INFOCOM, Vol. 2, No. 10, pp. 775-784, Tel Aviv, March 2000.
- [25] Honkavirta V., Perala T.; Ali-Loytty S.; Piche R., "A comparative survey of WLAN location fingerprinting methods", 6th Workshop on Positioning, Navigation and Communication-WPNC., pp. 243-251, Hannover, March 2009.
- [26] Salter Li B., Dempster J., and Rizos C., Indoor positioning techniques based on wireless LAN, Tech. Rep., School of Surveying and Spatial Information Systems, UNSW, Sydney, Australia, 2006.
- [27] Wölfle G. , Hoppe R., Zimmermann D., and Landstorfer F.M., "Enhanced localization technique within urban and indoor environments based accurate and fast propagation models", 15<sup>th</sup> International Conference on Wireless Communications, Florence, Feb. 2002
- [28] Laitinen H., Lahteenmak J., Nordstrom T., "Database correlation method for GSM location", Proceedings of the IEEE VTC Spring, Vol. 4, pp. 2504-2508, Rhodes, Greece, May 2001

زیر نویس ها

- 
- <sup>1</sup> Value-added Services
  - <sup>2</sup> Location-Based Services
  - <sup>3</sup> Federal Communication Commission
  - <sup>4</sup> Non-Line of Sight
  - <sup>5</sup> Received Signal Strength
  - <sup>6</sup> Global System for Mobile
  - <sup>7</sup> Base Transceiver Station
  - <sup>8</sup> Mobile Station
  - <sup>9</sup> Location Measurement Unit
  - <sup>10</sup> Global Positioning System
  - <sup>11</sup> Channel Impulse Response
  - <sup>12</sup> Network Measurement Report
  - <sup>13</sup> Hand Over
  - <sup>14</sup> Broadcast Control Channel
  - <sup>15</sup> Periodic Location Update
  - <sup>16</sup> Location Area
  - <sup>17</sup> Location Update
  - <sup>18</sup> Timing Advance
  - <sup>19</sup> Cell Identifier
  - <sup>20</sup> Nearest Neighbor
  - <sup>21</sup> K-Nearest Neighbor
  - <sup>22</sup> Weighted K-Nearest Neighbor
  - <sup>23</sup> Cumulative Distribution Function
  - <sup>24</sup> Trimmed Average Estimate
  - <sup>25</sup> Weighted Average Estimate