کدگذاری سلولی جهت اجرای مدیریت موقعیت مبتنی بر فاصله در شبکه‌های مخابرات سلولی

علی‌رضا ذوالقدر اصلی و فرخ نظرپور

چکیده: در طراحی شبکه‌های سلولی، انتخاب روش مدیریت موقعیت[1] که در آن چگونگی انجام عملیات به‌هنگام‌سازی موقعیت و فراخوانی مشخص می‌گردد، از اهمیت زیادی برخوردار است. به‌طور کلی روش‌های مدیریت موقعیت را به دو دسته استاتیک و دینامیک تقسیم کرده‌اند. تحقیقات و مطالعات در زمینه این دو روش نشان داده است که در روش‌های دینامیک، بار سیگنالینگ کمتری جهت انجام فراخوانی و به‌هنگام‌سازی موقعیت به شبکه اعمال می‌گردد. یکی از روش‌های مدیریت موقعیت دینامیک، روش مبتنی بر فاصله[2] می‌باشد که در مقایسه با روش‌های دیگر دینامیک مانند مبتنی بر زمان[3] و مبتنی بر حرکت[4] از نتایج بهتری برخوردار است. نکته مهم و قابل توجه در این روش محاسبه فاصله سلولی توسط واحد سیار است. با توجه به اینکه واحد سیار فقط قادر به دریافت شناسه سلول‌ها می‌باشد، بنابراین در انجام این روش باید شناسه سلول‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شود که واحد سیار با پردازش آنها فاصله سلولی را محاسبه نماید. در این مقاله روشی برای انتخاب شناسه‌های سلولی بر اساس موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های پایه در سیستم GPS[5] ارائه گردیده است. سپس این روش را به‌طور عملی برای سیستم شبکه سلولی شهر یاسوج در استان کهگیلویه و بویر احمد شبیه‌سازی نموده‌ایم.

کلید واژه: **مدیریت موقعیت، مبتنی بر فاصله، فراخوانی، شناسه سلولی، به‌هنگام‌سازی موقعیت.**

۱- مقدمه

در سیستم‌های مخابرات سیار از ایستگاه‌های پایه رادیویی (BTS)[6] به‌عنوان سرویس‌دهنده شبکه به واحدهای سیار (MS)[7] استفاده می‌شود. هر BTS تعداد محدودی فرکانس در باند مجاز و تعیین‌شده را در اختیار دارد. بنابراین ظرفیت سرویس‌دهی هر ایستگاه BTS محدود است. پس در ازای افزایش تعداد واحدهای سیار، تعداد سایت‌های BTS نیز افزایش می‌یابد. با توجه به استفاده از آنتن‌های جهت‌دار در BTSها، مناطق تحت سرویس هر ایستگاه به دو یا سه سکتور تقسیم می‌شود که هر سکتور را یک سلول می‌نامند و اصطلاحاً ناحیه تحت سرویس را ناحیه سلولی و این نوع شبکه را شبکه سلولی نام‌گذاری می‌کنند.

در این ساختار هنگامی که مشترک A قصد برقراری ارتباط با مشترک B را دارد، شبکه باید مشترک B را در سلول مربوطه پیدا کرده و از طریق BTS سرویس‌دهنده آن سلول، آن را فراخوان[8] کند. اصطلاحاً به این عمل Paging می‌گویند. شرط لازم برای موفقیت فراخوانی، اطلاع شبکه از موقعیت واحد سیار است. بنابراین شبکه موظف به اجرای به‌هنگام‌سازی موقعیت[9] واحد سیار به‌طور مستمر می‌باشد که اصطلاحاً آن را Location Update می‌گویند. انجام عملیات Location Update و Paging، شبکه را متحمل بار سیگنالینگ می‌کند که با انتخاب روش‌های مناسب‌تر می‌توان این بار را کاهش داد. انتخاب روش‌های انجام فراخوانی و به‌هنگام‌سازی موقعیت، در مقوله مدیریت موقعیت نهادینه می‌شود [۱] و [۲]. در این مقاله با اشاره به روش‌های مختلف مدیریت موقعیت و مقایسه آنها، به معرفی یک روش پیشنهادی جدید توسط مؤلفین، همراه با نتایج شبیه‌سازی شده پرداخته و در انتها نحوه اجرای این روش را در یک شبکه سلولی واقعی نشان می‌دهیم.

۲- مدیریت موقعیت

انتخاب چگونگی انجام به‌هنگام‌سازی موقعیت و فراخوانی را به‌طور کلی به‌عنوان مبحث مدیریت موقعیت می‌شناسند. در شبکه‌های سلولی مدیریت موقعیت را به دو صورت کلی استاتیک و دینامیک معرفی می‌کنند [۱] و [۳]. در مدیریت موقعیت استاتیک، استراتژی عملیات بر اساس ساختار مشخص‌شده سلول‌ها تعیین گردیده و برای کلیه واحدهای سیار بدون تغییر اعمال می‌گردد. اما در مدیریت موقعیت دینامیک، بسته به مدل حرکت و الگوی ترافیکی واحد سیار، عملیات فراخوانی و به‌هنگام‌سازی موقعیت تغییر کرده و به موقعیت سلول‌ها وابسته نیست. تحقیقات و مطالعات نشان داده بار سیگنالینگی که شبکه در هنگام فراخوانی و به‌هنگام‌سازی موقعیت متحمل می‌شود، در روش‌های دینامیک کمتر بوده و نتیجه مطلوب‌تری را نشان داده است [۱]، [۳] و [۴].

۲-۱ نواحی موقعیت در مدیریت موقعیت استاتیک

یکی از روش‌های مدیریت موقعیت استاتیک که در نسل دوم GSM نیز از همین روش استفاده شده، روش نواحی موقعیت[10] می‌باشد [۱]، [۳] و [۵]. در این روش، شبکه سلولی را به چند ناحیه کوچک‌تر، که هر ناحیه دارای تعدادی سلول است تقسیم می‌کنند. عبور از مرز هر ناحیه به منزله تغییر موقعیت محسوب شده و نیازمند انجام به‌هنگام‌سازی موقعیت می‌باشد. در هنگام فراخوانی نیز کل سلول‌های درون یک ناحیه، عمل فراخوانی را انجام می‌دهند.

این مقاله در تاریخ ۹ مرداد ماه ۱۳۸۶ دریافت و در تاریخ ۱۶ تیر ماه ۱۳۸۷ بازنگری شد.

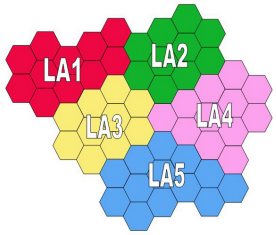
علی‌رضا ذوالقدر اصلی، دانشکده برق و کامپیوتر، پردیس دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز، ایران (email: Zolghadr@shirazu.ac.ir).

فرخ نظرپور، شرکت مخابرات استان کهگیلویه و بویر احمد، (email: Farrokh7776@yahoo.com).

1. Location Management
2. Distance Based
3. Time Based
4. Movement Based
5. Global Position System
6. Base Transceiver System
7. Mobile Subscriber
8. Paging
9. Location Update
10. Location Area

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: ناحیه سلولی و نواحی موقعیت.

شکل ۱ ساختار سلولی با نواحی موقعیت را نشان می‌دهد. اگر کوچک‌ترین ناحیه موقعیت را یک سلول فرض کنیم، آنگاه با عبور واحدهای سیار از مرز سلول‌ها تعداد انبوهی درخواست به‌هنگام‌سازی موقعیت به سمت شبکه ارسال می‌گردد.

در صورت انتخاب همه سلول‌های شبکه در یک ناحیه موقعیت، در هنگام فراخوانی مجبوریم کلیه سلول‌ها را فراخوانی کنیم که در این صورت نیز بار زیادی به شبکه اعمال خواهد شد. بنابراین با در نظر گرفتن یک تعادل بین این دو حالت، نواحی موقعیت را تشکیل می‌دهند.

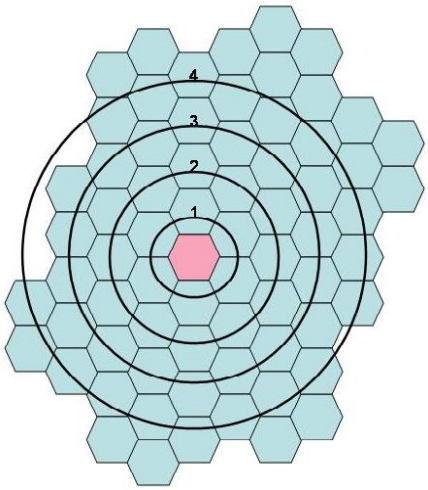
۲-۲ روش مبتنی بر زمان

در این روش که یک روش دینامیک محسوب می‌شود [۲] تا [۴]، نواحی موقعیت وجود ندارد و واحد سیار (MS) پس از گذشت یک زمان مشخص T، درخواست به‌هنگام‌سازی موقعیت می‌کند. در طول این زمان ممکن است واحد سیار از آخرین موقعیت گزارش‌شده دور شده باشد. بنابراین برای انجام فراخوانی، از آخرین سلول گزارش‌شده شروع کرده و به‌صورت حلقوی، تا زمان پاسخ به فراخوانی، سلول‌های دیگر شبکه به‌ترتیب و پس از گذشت فواصل زمانی مشخص فراخوان خواهد شد. شکل ۲ نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد.

در این روش انتخاب مقدار T توسط طراح شبکه صورت می‌گیرد. در صورت انتخاب مقادیر کوچک T، زمان‌های به‌هنگام‌سازی موقعیت به هم نزدیک شده و در عمل تعداد آنها افزایش می‌یابد که این مسئله موجب افزایش بار به‌هنگام‌سازی موقعیت خواهد شد. ولی در عوض در هنگام فراخوانی، شبکه تعداد سلول کمتری را برای پیداکردن واحد سیار جستجو می‌کند. بنابراین بار سیگنالینگ فراخوانی کمتر می‌شود. طراح شبکه باید با انتخاب یک زمان بهینه، بارهای به‌هنگام‌سازی و فراخوانی را کنترل کرده تا مجموع آنها کمترین مقدار ممکن باشد.

۲-۳ روش مبتنی بر حرکت

در این روش که از روش‌های دینامیک محسوب می‌شود [۱] و [۶]، مبنای انجام به‌هنگام‌سازی موقعیت، جابه‌جایی واحد سیار به‌اندازه M سلول است. به این معنی که واحدهای سیار فقط وقتی عملیات به‌هنگام‌سازی موقعیت را انجام می‌دهند که نسبت به آخرین سلول گزارش‌شده، به‌اندازه M سلول جابه‌جا شده باشند. برای اجرای این روش کافیست در واحد سیار، شمارنده‌ای تعداد عبور از مرز سلول‌ها را شمارش کند. در این صورت با رسیدن شمارنده به مقدار M، درخواست به‌هنگام‌سازی موقعیت صادر می‌گردد. برای فراخوانی نیز کافیست کلیه سلول‌های اطراف آخرین سلول گزارش‌شده را تا شعاع M سلول در نظر گرفت. زیرا در فاصله زمانی بین دو مرحله به‌هنگام‌سازی، واحد سیار حداکثر به‌اندازه M سلول از آخرین سلول ثبت‌شده می‌تواند دور شود و قطعاً در دایره‌ای به مرکز آن سلول و شعاع M سلول خواهد بود. انتخاب مقدار M، از اهمیت زیادی برخوردار است. در صورت انتخاب مقادیر بزرگ برای M، واحد سیار مدت زمان بیشتری بین دو مرحله به‌هنگام‌سازی



شکل ۲: فراخوانی حلقوی سلول‌ها در روش مبتنی بر زمان.

موقعیت در حال حرکت خواهد بود. پس تعداد و میزان بار به‌هنگام‌سازی کمتر می‌گردد. اما دایره سلول‌های فراخوان‌شونده بزرگ‌تر شده و تعداد سلول‌ها بیشتر می‌شود که این مسئله باعث افزایش بار فراخوانی می‌گردد. بنابراین در این روش نیز باید یک مقدار بهینه برای M، جهت مینیمم‌کردن مجموع بارهای به‌هنگام‌سازی و فراخوانی محاسبه کرد.

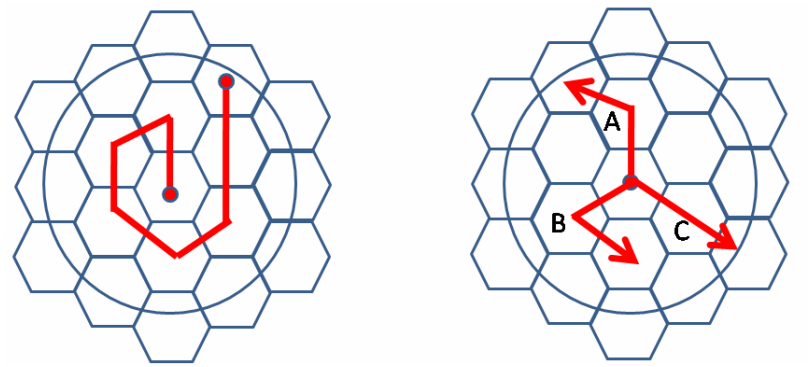
۲-۴ روش مبتنی بر فاصله

در این روش، مبنای انجام به‌هنگام‌سازی موقعیت، دورشدن واحد سیار به‌اندازه D سلول از آخرین سلول گزارش‌شده می‌باشد [۳]، [۵]، [۷] و [۸]. تفاوت عمده و مهم این روش با روش قبل در این است که جابه‌جایی به‌اندازه N سلول، لزوماً به معنی دورشدن به اندازه N سلول نیست. زیرا واحد سیار لزوماً به‌صورت خطی حرکت نمی‌کند. این تفاوت باعث می‌شود که در این روش تعداد به‌هنگام‌سازی موقعیت نسبت به روش قبل کمتر شده و در عمل بار به‌هنگام‌سازی کمتر گردد. البته در صورتی که بخواهیم مقدار D را کوچک‌تر از M انتخاب کنیم به‌نحوی که بار به‌هنگام‌سازی در دو روش مساوی باشد، آنگاه به‌دلیل کوچک‌تربودن دایره فراخوانی، تعداد سلول‌های کمتری در این روش فراخوان می‌گردد و بار فراخوانی کمتر خواهد بود. شکل ۳ این تفاوت را نشان می‌دهد. فراخوانی در این روش، مشابه روش قبل در سلول‌های اطراف به شعاع D صورت می‌گیرد.

در شکل ۳-ب، حرکتی نشان داده شده که ۷ بار از مرز سلول‌ها گذشته است و فقط ۲ سلول از سلول مبدأ دور شده است. این حرکت در این روش منجر به انجام فقط یک بار به‌هنگام‌سازی موقعیت می‌گردد. اما در روش مبتنی بر حرکت با $M=2$ منجر به انجام ۳ بار به‌هنگام‌سازی موقعیت خواهد شد. در این روش نیز انتخاب مناسب D جهت مینیمم‌کردن بار شبکه، مشابه روش‌های قبل باید توسط طراح شبکه صورت گیرد. مسئله مهم و اساسی در روش مبتنی بر فاصله، محاسبه فاصله سلولی توسط واحد سیار است. با توجه به این که واحد سیار فقط به شناسه سلول[1] (CI) واقع در آن دسترسی دارد، بنابراین باید شناسه‌های سلولی را به‌گونه‌ای انتخاب کرد که با اجرای یک الگوریتم مناسب، فاصله سلولی توسط واحد سیار محاسبه گردد. در بخش ۴، یک روش پیشنهادی برای نحوه کدگذاری این شناسه‌ها ارائه داده‌ایم که بر اساس آن می‌توان روش مدیریت موقعیت مبتنی بر فاصله را پیاده‌سازی کرد.

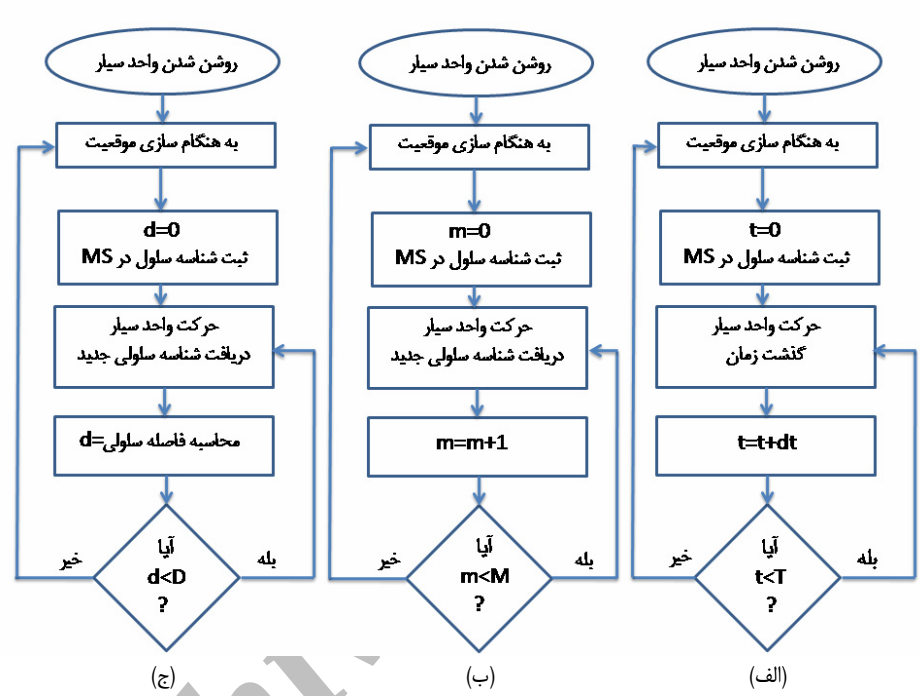
1. Cell Identity

Archive of SID
www.SID.ir



(ب) (الف)

شکل ۳: (الف) حرکت‌های $M=۲$ در روش مبتنی بر حرکت و (ب) حرکت‌های $D=۲$ در روش مبتنی بر فاصله.



(ج) (ب) (الف)

شکل ۴: (الف) الگوریتم به‌هنگام‌سازی موقعیت در روش مبتنی بر زمان، (ب) الگوریتم به‌هنگام‌سازی موقعیت در روش مبتنی بر حرکت و (ج) الگوریتم به‌هنگام‌سازی موقعیت در روش مبتنی بر فاصله.

۳- شبیه‌سازی و مقایسه روش‌ها

در شکل ۴ الگوریتم‌های به‌هنگام‌سازی موقعیت در سه روش مدیریت موقعیت مبتنی بر زمان، مبتنی بر حرکت و مبتنی بر فاصله آمده است. در اینجا با در نظر گرفتن مفاهیم ساده حرکت، نتایج شبیه‌سازی‌شده اجرای این سه روش را در یک شبکه سلولی نشان می‌دهیم.

در هر سه روش یک پارامتر مهم وجود دارد که نقش اصلی را در محاسبات ایفا می‌کند. پارامترهای T در روش مبتنی بر زمان بر حسب زمان، M در روش مبتنی بر حرکت بر حسب سلول و D در روش مبتنی بر فاصله بر حسب سلول این سه پارامتر مهم هستند. در انجام محاسبات و شبیه‌سازی مقدار بهینه این سه پارامتر را در هر روش محاسبه کرده، سپس حاصل جمع بار به‌هنگام‌سازی موقعیت و فراخوانی را به‌عنوان بار کلی شبکه با همدیگر مقایسه می‌کنیم.

تعداد مراحل انجام به‌هنگام‌سازی را به‌عنوان بار به‌هنگام‌سازی و تعداد سلول‌های فراخوان‌شده را به‌عنوان بار فراخوانی فرض می‌کنیم. با توجه به این که انجام یک مرحله به‌هنگام‌سازی موقعیت معمولاً نسبت به فراخوانی یک سلول بار بیشتری را به شبکه اعمال می‌کند، بنابراین در اینجا از یک ضریب وزنی در حاصل جمع آنها استفاده می‌کنیم [۷].

طبق آنچه تاکنون بیان شد، عمل به‌هنگام‌سازی موقعیت و تعداد آن در روش‌های مذکور به حرکت واحد سیار، گذشت زمان و نحوه حرکت آن وابسته است. اما رخداد عمل فراخوانی به الگوی ترافیکی واحد سیار وابسته است. زیرا وقتی فراخوانی برای یک واحد سیار انجام می‌شود که از طرف واحد سیار دیگری مورد درخواست مکالمه قرار گیرد. برای در نظر گرفتن این فرض در محاسبات، از پارامتر دیگری به نام CMR[1] استفاده می‌شود [۷]. این مقدار، نسبت به‌روز مکالمه (فراخوانی) را به تحرک واحد سیار معرفی می‌کند. در محاسبات و شبیه‌سازی‌های انجام‌شده فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

الف) شعاع کلیه سلول‌ها یکسان و شکل آنها شش‌ضلعی منتظم در نظر گرفته شده است.

ب) برای حرکت واحدهای سیار سرعت میانگین Vav بر حسب سلول بر ساعت در نظر گرفته شده است.

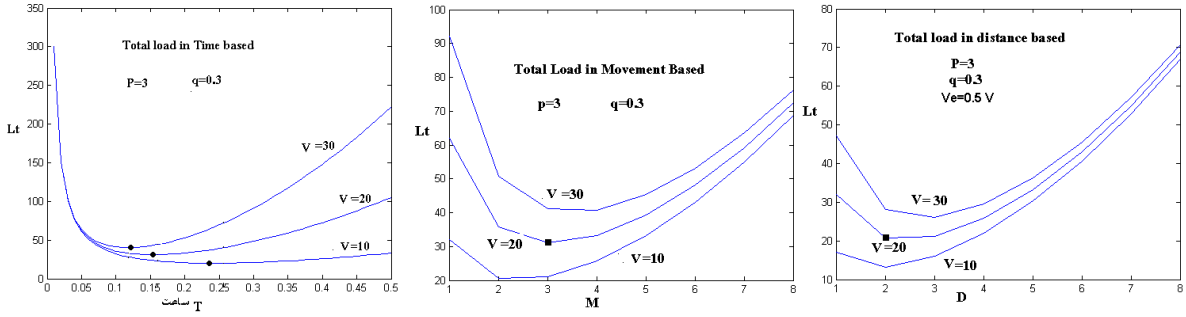
ج) ضریب وزنی $P=۳$ برای به‌هنگام‌سازی موقعیت و CMR=۰٫۰۱۵ در کلیه محاسبات اعمال شده است.

جدول ۱ کلیه پارامترهای استفاده‌شده در فرمول‌ها را معرفی می‌کند.

1. Call to Mobility Ratio

Archive of SID

www.SID.ir



(ج) (ب) (الف)

شکل ۵: مقایسه بار سیگنالینگ در سه روش مدیریت موقعیت (الف) مبتنی بر فاصله، (ب) مبتنی بر حرکت و (ج) مبتنی بر زمان.

جدول ۱: پارامترهای استفاده‌شده در فرمول‌ها و روابط.

lp	بار سیگنالینگ فراخوانی یک سلول	k	تعداد سلول‌های فراخوان‌شده در دایره فراخوانی
lt	بار کلی اعمال‌شده به شبکه	v	سرعت میانگین واحد سیار بر حسب سلول بر ساعت
T	پریود زمانی در روش مبتنی بر زمان در واحد ساعت	p	ضریب وزنی به‌هنگام‌سازی موقعیت
M	شاخص تعداد جابه‌جایی در روش مبتنی بر حرکت	Ve	سرعت حرکت مستقیم
D	شاخص فاصله سلولی در روش مبتنی بر فاصله	q	تعداد فراخوانی
r	شعاع دایره فراخوانی	t	زمان بر حسب ساعت
		lu	بار سیگنالینگ یک مرحله به‌هنگام‌سازی موقعیت

$$lt = p.lu + q.lp \quad (۱)$$

$$q = v \times CMR \quad (۲)$$

$$k = ۱ + ۳(r^۲ + r) \quad (۳)$$

مقادیر بار فراخوانی در هرکدام از سه روش مورد بحث به صورت توابع (۴) به‌ترتیب برای روش مبتنی بر زمان، مبتنی بر حرکت و مبتنی بر فاصله قابل محاسبه می‌باشد

$$lp = \begin{cases} ۱ + ۳[(v.t)^۲ + (v.t)] \\ ۱ + ۳(M^۲ + M) \\ ۱ + ۳(D^۲ + D) \end{cases} \quad (۴)$$

مقادیر بار به‌هنگام‌سازی موقعیت نیز به طور مشابه به‌ترتیب برای روشهای مبتنی بر زمان، مبتنی بر حرکت و مبتنی بر فاصله قابل محاسبه می‌باشد

$$lu = \begin{cases} ۱/T \\ v/M \\ Ve/M \end{cases} \quad (۵)$$

اثبات و توضیح روابط فوق توسط مؤلفین در پیوست مقاله آمده است.

نتایج به‌دست آمده برای lt (بار کلی) در شکل ۵ در سه سرعت متفاوت نشان داده شده است. در هر نمودار می‌توان مقدار بهینه پارامتر اصلی روش مدیریت موقعیت مربوطه را در نقطه مینیمم نمودار به‌دست آورد [۱]، [۷] و [۸].

شکل ۵ حاصل محاسبه lt طبق روابط ۱ تا ۵ و با در نظر گرفتن حرکت تصادفی واحد سیار با سرعت میانگین ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سلول در ساعت می‌باشد و نمودار آن نسبت به مقدار بهینه هر روش رسم شده است. در واقع فرض کرده‌ایم که در هر روش بهترین انتخاب پارامتر مربوطه انجام گرفته و سپس مقدار بار شبکه در آن روش در سه سرعت متفاوت محاسبه شده است. مقادیر p و q نیز در هر سه روش یکسان و مقدار آن بر اساس تجربیات عملی در رفتار ترافیکی و حرکتی واحدهای سیار انتخاب شده است.

برای مقایسه سه روش با همدیگر می‌توان با در نظر گرفتن مقدار بهینه پارامتر اصلی هر روش و محاسبه بار کل، نمودار lt را در سرعت‌های متفاوت واحد سیار نشان داد. در شکل ۶ میزان بار کل در سرعت‌های متفاوت نشان داده شده است. همانگونه که در نمودار پیداست، میزان بار کل در روش مبتنی بر فاصله در کلیه سرعت‌ها کمتر است.

محاسبات و نتایج فوق نشان داد که انتخاب روش مبتنی بر فاصله نسبت به دو روش دیگر از نتیجه بهتری برخوردار بوده و استفاده از آن مناسب‌تر می‌باشد. اما مسئله بسیار مهم در این روش نحوه محاسبه فاصله سلولی توسط واحد سیار است. واحد سیار از طریق ایستگاه‌های پایه، شناسه‌های سلولی را دریافت می‌کند. ما باید روشی اتخاذ کنیم که در آن بدون ذخیره‌کردن حجم زیاد اطلاعات در واحد سیار و فقط از طریق پردازش شناسه‌های سلولی، این کار را انجام دهیم.

استخراج فاصله از طریق شناسه‌های سلولی مستلزم اتخاذ یک روش مناسب در کدگذاری آن شناسه‌ها می‌باشد. در بخش ۳ محاسبات مربوط به فاصله سلولی در یک شبکه سلولی شش‌ضلعی را نشان داده و سپس در بخش ۴ به معرفی نحوه کدگذاری مربوطه می‌پردازیم.

٤- محاسبه فاصله سلولی

اگر دو سلول مجاور مانند شکل ۷ را در نظر بگیریم آنگاه می‌توانیم فاصله بین مرکز سلول‌ها را بر اساس اختلاف طولی (X) و عرضی (Y) محاسبه کنیم. با توجه به این که در اینجا فاصله سلولی مطرح است نه فاصله حقیقی، بنابراین فاصله بین مرکزهای این دو سلول را یک فرض می‌کنیم. با توجه به شکل ۷ روابط زیر را خواهیم داشت

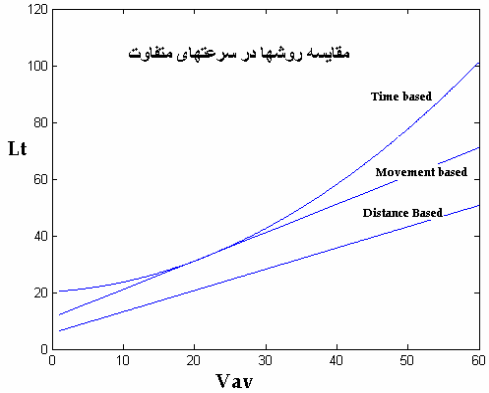
$$x^۲ + y^۲ = (۲y)^۲ \quad (۶)$$

$$x = \sqrt{۳}y \quad (۷)$$

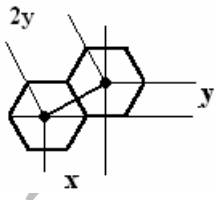
بنابراین واحد طول با ضریب $\sqrt{۳}$ نسب به واحد عرض در محاسبات به‌کار گرفته می‌شود. پس فاصله بین دو سلول به‌صورت زیر محاسبه خواهد شد

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶: بار کلی در روش‌های مبتنی بر زمان، مبتنی بر حرکت و مبتنی بر فاصله و مقایسه آنها.



شکل ۷: فاصله سلولی دو سلول مجاور.

$$D=\sqrt{(\sqrt{3}(x_2-x_1))^2+(y_2-y_1)^2} \qquad (8)$$

فاصله سلولی نصف مقدار فوق خواهد بود، البته در صورتی که $D/2$ عددی اعشاری باشد، اولین عدد صحیح بزرگ‌تر از آن را به‌عنوان فاصله سلولی در نظر می‌گیریم [۱]، [۷] و [۸].

۵- کدگذاری شناسه سلول‌ها

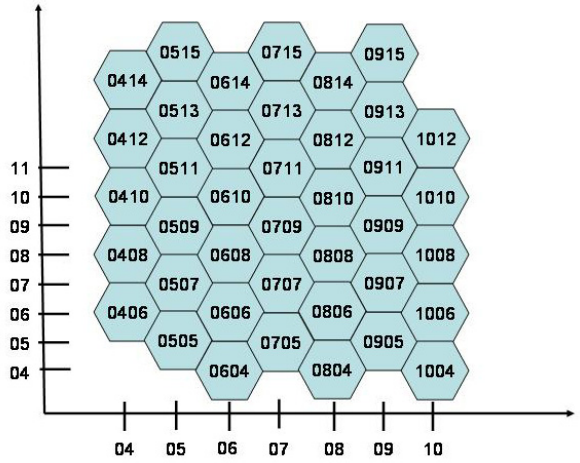
حالا می‌توانیم با کدگذاری سلول‌ها به‌صورت زوج‌های مرتبی از واحدهای طول و عرض به‌طوری که اختلاف مؤلفه طولی برای سلول‌های واقع در یک ردیف برابر یک واحد و اختلاف مؤلفه عرضی سلول‌های واقع در یک ستون ۲ باشد، فرضیات فوق را عملی کنیم. شکل ۸ این مطلب را به‌خوبی نشان می‌دهد. در شکل ۸ هر سلول با کدهایی معرفی شده که نیمه سمت چپ ارقام معرف طول و نیمه سمت راست ارقام معرف عرض سلول‌ها می‌باشد. برای محاسبه اختلاف طولی و عرضی دو سلول کافیست حاصل تفریق مؤلفه‌های طولی و عرضی کدهای شناسه سلولی آنها را از هم کم کرد. به‌عنوان مثال برای محاسبه فاصله سلولی سلول ۰۹۱۳ از ۰۴۰۶ به‌صورت زیر عمل می‌کنیم

$$x_2-x_1=09-04=5 \quad ,$$
$$y_2-y_1=13-06=7 \quad ,$$
$$D=\sqrt{(3\times5^2)+7^2}=\sqrt{124}=11{,}135 \Rightarrow D/2=5{,}57$$

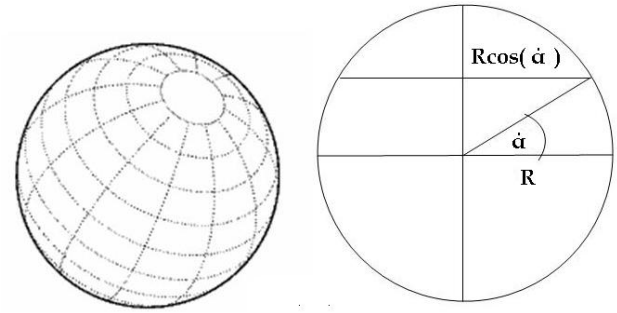
بنابراین طبق آنچه گفته شد، فاصله سلولی این دو سلول برابر اولین عدد صحیح بعد از این مقدار یعنی ۶ سلول است. در شکل ۸ می‌توان این مطلب را با در نظر گرفتن حلقه‌های متوالی به مرکز یک سلول مشاهده کرد. در یک شبکه واقعی اگر بتوانیم محل ایستگاه‌های پایه و سلول‌های اطراف آن را در یک دستگاه مختصات دکارتی پیاده‌سازی کنیم، می‌توانیم از این روش برای کدگذاری سلول‌های آن شبکه استفاده کنیم.

۶- مختصات ایستگاه‌های پایه در سیستم GPS

در سیستم جهانی GPS، هر نقطه از سطح کره زمین دارای یک مختصات یکتا و منحصر به فرد به‌صورت طول و عرض جغرافیایی و



شکل ۸: کدگذاری سلولی.



شکل ۹: دوایر طولی و عرضی کره زمین.

بر حسب درجه می‌باشد. البته یک درجه طولی با یک درجه عرضی از لحاظ مسافت متفاوت است. نسبت این دو مقدار بستگی به محل نقطه در کره زمین دارد. شکل ۹ نشان می‌دهد که فواصل عرضی روی نصف النهارها در تمام نقاط کره یکسان بوده، در صورتی که این فواصل روی مدارهای موازی با استوا با نزدیک شدن به قطبین کم می‌گردند. رابطه(۹) نحوه محاسبه دقیق نسبت فاصله یک درجه طولی به یک درجه عرضی را نشان می‌کند.

برای محاسبه مسافت یک درجه طولی در هر نقطه از کره زمین، کافی است محیط مدار افقی گذرنده از آن نقطه را بر ۳۶۰ تقسیم کنیم. با نزدیک شدن به قطبین مدار مذکور کوچکتر شده و این مسافت نیز کوتاه‌تر می‌گردد. شعاع این مدار همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده، برابر $R\cos(\alpha)$ بوده که در آن R شعاع زمین و α همان عرض جغرافیایی بر حسب درجه می‌باشد. مسافت یک درجه عرض جغرافیایی در هر نقطه از کره زمین ثابت بوده و برابر ۱/۳۶۰ یک نصف‌النهار زمین می‌باشد که با مدار استوا مساوی است. بنابراین نسبت مسافت یک درجه عرض جغرافیایی به یک درجه طول جغرافیایی در نقطه‌ای به عرض α از رابطه زیر به‌دست می‌آید

$$K=\frac{2\pi R}{2\pi R\cos(\alpha)}=\frac{1}{\cos(\alpha)} \qquad (9)$$

شکل ۱۰ عکسی هوایی از شهر یاسوج را نشان می‌دهد. در این شکل محل نصب ۱۸ ایستگاه BTS نشان داده شده است. مختصات جغرافیایی هر ایستگاه توسط یک دستگاه گیرنده GPS برداشت شده است.

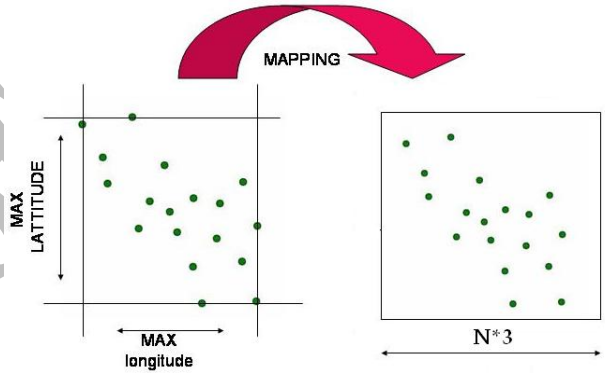
۷- تبدیل مختصات GPS به مختصات دکارتی و کدگذاری سلولی

با داشتن مختصات محل ایستگاه‌های پایه در مختصات جغرافیایی

Archive of SID
www.SID.ir

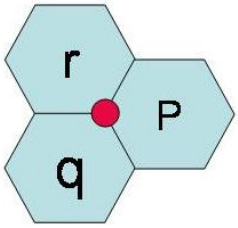
E51°	34′	25.34″	N30°	40′	53.73″	A
E51°	35′	00.82″	N30°	40′	58.31″	B
E51°	34′	39.95″	N30°	40′	33.39″	C
E51°	34′	43.43″	N30°	40′	16.99″	D
E51°	35′	24.02″	N30°	40′	28.59″	E
E51°	35′	13.39″	N30°	40′	06.27″	F
E51°	35′	05.51″	N30°	39′	49.34″	G
E51°	35′	27.79″	N30°	39′	59.52″	H
E51°	35′	44.68″	N30°	40′	08.01″	I
E51°	36′	03.47″	N30°	40′	04.87″	J
E51°	36′	20.00″	N30°	40′	17.97″	K
E51°	35′	32.77″	N30°	39′	47.18″	L
E51°	36′	30.27″	N30°	39′	50.98″	M
E51°	36′	01.04″	N30°	39′	43.25″	N
E51°	35′	44.26″	N30°	39′	25.66″	O
E51°	36′	19.02″	N30°	39′	28.91″	P
E51°	35′	50.67″	N30°	39′	03.09″	Q
E51°	36′	29.30″	N30°	39′	04.37″	R

شکل ۱۰: عکس هوایی شهر یاسوج و محل سایت‌ها و مختصات در سیستم GPS.



شکل ۱۱: انطباق مختصات جغرافیایی به دکارتی.

GPS و در نظر گرفتن ضریب K می‌توان این نقاط را در یک صفحه مختصات دکارتی با طول و عرض محدود، منطبق کرد. در این بخش جهت انتقال نقاط به صفحه مختصات دکارتی روشی پیشنهاد داده‌ایم که در آن یک صفحه دکارتی با طول و عرض مشخص و برابر با یک عدد طبیعی انتخاب شده به‌طوری که بتوان کلیه نقاط را با حفظ قانون انتقال به آن منتقل کرد. هرچه عدد طبیعی انتخاب‌شده برای طول و عرض صفحه مذکور بزرگ‌تر باشد فاصله بین نقاط در آن صفحه بیشتر می‌گردد. با توجه به این که در این روش در نظر داریم تعدادی سلول مجازی بین سلول‌ها اضافه کنیم، بنابراین افزایش فاصله نقاط به‌اندازه‌ای که حداقل فاصله بین هر دو نقطه بیش از سه واحد طولی باشد، مورد نیاز است. البته لازم به ذکر است که انتقال نقاط مذکور به صفحه دکارتی با هر روش دیگری نیز امکان‌پذیر بوده و انتخاب این سبک صرفاً جهت ایجاد بستر مناسب برای انجام مراحل بعدی مد نظر بوده است. ولی پیشنهاد استفاده از مختصات جغرافیایی جهت کدگذاری سلولی منحصر به این مقاله بوده و تاکنون در تحقیقات مرتبط ارائه نگردیده است. در تمامی روش‌های ارائه‌شده در مقالات، نحوه قرارگرفتن سلول‌ها در کنار همدیگر را به‌صورت یک الگوی هندسی منظم فرض کرده‌اند که با واقعیت متناقض است. به‌عنوان مثال شبکه سلولی مطالعه‌شده در این مقاله که یک شبکه واقعی می‌باشد را نمی‌توان به‌صورت یک الگوی منظم فرض کرد. در مقالات ارائه‌شده در این زمینه یک سلول را به‌عنوان سلول مرکزی در نظر گرفته و سلول‌های دیگر به‌صورت منظم اطراف این سلول واقع شده و به‌صورت



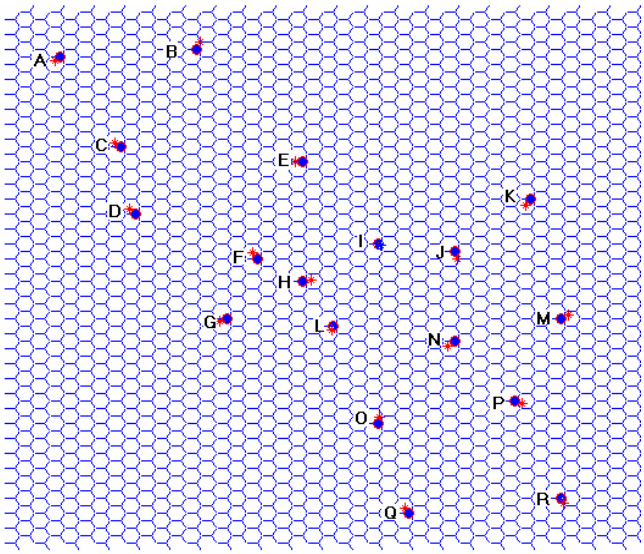
شکل ۱۲: سه سلول مربوط به یک ایستگاه پایه.

حلقه‌ای و یا بردارهای سه‌بعدی کدگذاری شده‌اند. در واقع اجرای روش‌های ارائه‌شده در این چنین تحقیقات به‌دلیل غیر واقعی‌بودن این فرض، جنبه کاربردی کمتری دارند [۹].

در شکل ۱۱ تعداد ۱۸ نقطه محل ایستگاه‌های پایه (BTS) که مختصات آنها توسط دستگاه گیرنده GPS برداشت شده نشان داده شده است، با اعمال ضریب K در طول و عرض جغرافیایی و همچنین اعمال مقیاس به‌اندازه نسبت ($N\times3$) به مقدار بیشینه طول یا عرض جغرافیایی، شکل سمت راست به‌وجود آمده است. اگر به‌ازای هر نقطه، سه سلول به‌صورت شکل ۱۲ فرض کنیم، آنگاه می‌توانیم با پرکردن صفحه به‌دست آمده از سلول‌های شش‌وجهی منتظم، سلول‌های هر ایستگاه را اختصاص دهیم.

حالا می‌توانیم صفحه به‌دست آمده را با سلول‌های شش‌وجهی منتظم فرضی پر کرده و سلول‌های هر ایستگاه را به آن اختصاص دهیم. البته در صورت انتخاب سلول‌های بزرگ ممکن است تداخل سلولی به‌وجود آید. بنابراین تعداد سلول‌های فرضی را زیاد کرده و اندازه آنها را کوچک انتخاب می‌کنیم. شکل ۱۳ محل سایت‌ها در این صفحه را نشان می‌دهد. ستاره‌ها محل واقعی سایت‌ها و دایره‌های کوچک محل تقریب زده شده را نشان می‌دهد. دلیل اعمال تقریب، قرارگرفتن محل سایت‌ها در مرکز تقارن سه سلول با ساختار شکل ۱۲ می‌باشد. البته هرچه تعداد سلول‌ها بیشتر باشد تقریب بهتری اعمال‌شده و جابه‌جایی کمتر است. حالا می‌توانیم بر اساس آنچه در بخش ۵ گفته شد، تمامی سلول‌های فرضی را کدگذاری کرده و در انتها به‌ازای هر ایستگاه، سه شناسه سلولی استخراج کرد. کلیه مراحل فوق با برنامه‌نویسی کامپیوتری قابل اجرا بوده و فقط کافیست به تعداد ایستگاه‌های پایه، مختصات جغرافیایی را به‌عنوان ورودی وارد کرد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱۳: محل سایت‌ها در صفحه سلولی فرضی و جابه‌جایی تقریبی آنها جهت قرارگرفتن در نقطه مناسب.

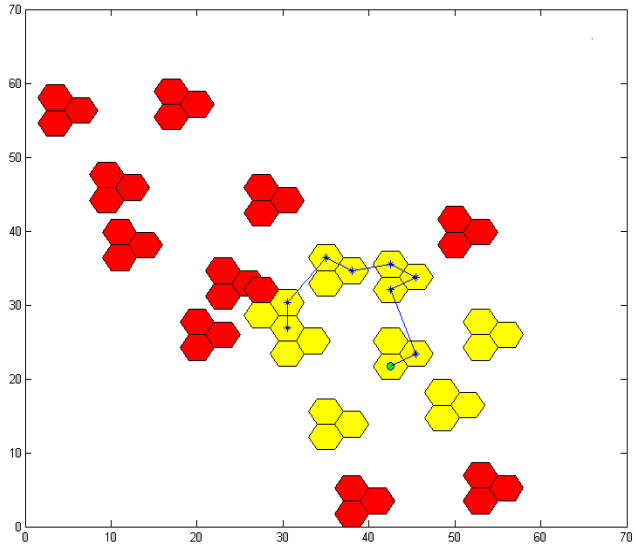
جدول ۲: شناسه‌های سلولی به‌دست آمده.

	نام سایت	p	Q	R
۱	A	۰۰۴۰۶۶	۰۰۳۰۶۵	۰۰۳۰۶۷
۲	B	۰۱۳۰۶۷	۰۱۲۰۶۶	۰۱۲۰۶۸
۳	C	۰۰۸۰۵۴	۰۰۷۰۵۳	۰۰۷۰۵۵
۴	D	۰۰۹۰۴۵	۰۰۸۰۴۴	۰۰۸۰۴۶
۵	E	۰۲۰۰۵۲	۰۱۹۰۵۱	۰۱۹۰۵۳
۶	F	۰۱۷۰۳۹	۰۱۶۰۳۸	۰۱۶۰۴۰
۷	G	۰۱۵۰۳۱	۰۱۴۰۳۰	۰۱۴۰۳۲
۸	H	۰۲۰۰۳۶	۰۱۹۰۳۵	۰۱۹۰۳۷
۹	I	۰۲۵۰۴۱	۰۲۴۰۴۰	۰۲۴۰۴۲
۱۰	J	۰۳۰۰۴۰	۰۲۹۰۳۹	۰۲۹۰۴۱
۱۱	K	۰۳۵۰۴۷	۰۳۴۰۴۶	۰۳۴۰۴۸
۱۲	L	۰۲۲۰۳۰	۰۲۱۰۲۹	۰۲۱۰۳۱
۱۳	M	۰۳۷۰۳۱	۰۳۶۰۳۰	۰۳۶۰۳۲
۱۴	N	۰۳۰۰۲۸	۰۲۹۰۲۷	۰۲۹۰۲۹
۱۵	O	۰۲۵۰۱۷	۰۲۴۰۱۶	۰۲۴۰۱۸
۱۶	P	۰۳۴۰۲۰	۰۳۳۰۱۹	۰۳۳۰۲۱
۱۷	Q	۰۲۷۰۰۵	۰۲۶۰۰۴	۰۲۶۰۰۶
۱۸	R	۰۳۷۰۰۷	۰۳۶۰۰۶	۰۳۶۰۰۸

شناسه‌های سلولی به‌دست آمده برای ۱۸ ایستگاه مذکور به‌صورت جدول ۲ نشان داده شده است. در این جدول برای هر سایت، سه شناسه سلولی p ،q و r بر اساس شکل ۱۲ محاسبه شده است.

در ساختار فعلی این شهر که از روش مدیریت موقعیت استاتیک استفاده شده است، کلیه سلول‌ها در یک LA[1] قرار گرفته و هنگام عمل فراخوانی، همه ۵۴ سلول عمل فراخوانی را انجام می‌دهند. اما با اجرای این روش برای هر واحد سیار، بسته به موقعیت آن در شبکه، فقط تعداد محدودی از سلول‌ها فراخوان می‌شوند. شکل ۱۴ نتیجه شبیه‌سازی‌شده حرکت واحد سیاری است که به‌صورت تصادفی در یک شبکه سلولی طراحی‌شده با روش مدیریت مبتنی بر فاصله حرکت می‌کند. در اینجا

1. Location Area



شکل ۱۴: حرکت واحد سیار و ناحیه فراخوانی.

حرکت واحد سیار به‌صورت نرم‌افزاری شبیه‌سازی شده است. کاربر کامپیوتر به‌عنوان واحد سیار در حال حرکت، از یک سلول به سلول دیگر می‌رود و این عمل را با ورود شناسه سلولی هر سلول به‌عنوان ورودی برنامه نرم‌افزاری انجام می‌دهد. زیرا واحد سیار واقعی نیز در هنگام حرکت از شناسه سلولی خود در هر سلول توسط سیگنال‌های پخش‌شده از ایستگاه فرستنده باخبر می‌شود. کاربر می‌تواند در هر لحظه از زمان با وقفه یا بدون وقفه اقدام به ورود شناسه‌های سلولی حاصل از طراحی انجام‌شده نماید. برنامه نرم‌افزاری به‌صورت هم‌زمان یا اصطلاحاً زنده، این حرکت را نشان می‌دهد. برنامه به‌گونه‌ای طراحی شده که تا زمانی که واحد سیار از اولین سلول به اندازه D سلول دور نشده باشد، نیاز به انجام به‌هنگام‌سازی موقعیت نداشته باشد و موقعیت فعلی آن که ناحیه‌ای شامل تعدادی سلول محصور به دایره‌ای به شعاع D می‌باشد به‌عنوان ناحیه فراخوانی در نظر گرفته می‌شود. برنامه مذکور این ناحیه را با رنگ متفاوت نشان می‌دهد. کاربر با ادامه‌دادن حرکت در سلول‌ها می‌تواند از ناحیه مذکور خارج گردد. در این صورت، برنامه به‌طور اتوماتیک به‌هنگام‌سازی موقعیت را اعلام نموده و ناحیه فراخوانی عوض می‌گردد. شکل ۱۴ صحنه‌ای از اجرای این برنامه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل نشان داده شده، تعداد سلول‌های فراخوان‌شده در این مورد ۲۰ سلول بوده که در مقایسه با ۵۴ سلول فراخوان‌شده در روش استاتیک، ۶۳ ٪ کمتر است. پس با اجرای این روش می‌توان بار سیگنالینگ اعمال‌شده به شبکه را به‌میزان قابل توجهی کم کرد. البته این مقدار در این صحنه از شبیه‌سازی محاسبه شده است و با توجه به تصادفی‌بودن حرکت ایجادشده توسط کاربر، مقادیر تصادفی حاصل خواهد شد. ولی آنچه که مسلم است همیشه تعداد سلول‌های دایره فراخوانی در این روش از کل سلول‌های یک ناحیه استایک کمتر خواهد بود.

نتیجه ارائه‌شده در شکل ۱۴ در واقع شبیه‌سازی نرم‌افزاری روش پیشنهادی بوده و نکته مهم در این نتیجه مقدار بار سیگنالینگ و درصد کاهش آن نیست بلکه شکل ۱۴ و نتایج آن نشان‌دهنده اجرایی‌بودن روش مذکور با اعمال مختصات جغرافیایی و حرکت تصادفی واحد سیار در سلول‌ها می‌باشد. کاهش بار سیگنالینگ در روش مدیریت موقعیت مبتنی بر فاصله نسبت به روش‌های استاتیک مورد توافق کلیه محققین بوده و در محاسبات بخش‌های قبلی نیز به آن اشاره شده است و در این شکل و نتیجه آن مورد بحث نیست.

Archive of SID

www.SID.ir

۸- نتیجه‌گیری

انتخاب یک روش مناسب در مدیریت موقعیت، نقش مهمی در کم‌کردن بار سیگنالینگ واردشونده به شبکه در ساختار شبکه‌های سلولی دارد. در این مقاله با تشریح چند روش مدیریت موقعیت استاتیک و دینامیک، روش مبتنی بر فاصله از سری روش‌های دینامیک را به‌عنوان یک روش مناسب با نتایج مطلوب معرفی کردیم. یک مسئله بسیار مهم در این روش نحوه انتخاب شناسه‌های سلولی در شبکه است. در این مقاله یک روش کدگذاری شناسه‌های سلولی با استفاده از موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های پایه در سیستم GPS معرفی گردید. بر این اساس شبکه سلولی یک شهر در ایران (یاسوج) با تعداد ۱۸ ایستگاه پایه مورد مطالعه قرار گرفته و کدگذاری تعداد ۵۴ سلول این شبکه جهت پیاده‌سازی روش فوق انجام گردید.

پیوست

اثبات روابط قسمت ۲ و شبیه‌سازی‌ها:

همان‌طور که در قسمت ۱ و ۲ مقاله بیان گردید واضح است که بار اعمال‌شده به شبکه برابر با مجموع بار به‌هنگام‌سازی موقعیت و بار فراخوانی است

$$lt = p.lu + q.lp \qquad (پ-۱)$$

در رابطه فوق lp بار سیگنالینگی یک مرحله فراخوانی می‌باشد و lu بار سیگنالینگ به‌هنگام‌سازی موقعیت در واحد زمان است. با توجه به این که عملیات به‌هنگام‌سازی موقعیت و فراخوانی از لحاظ عملیات انجام‌شده متفاوت می‌باشند، بنابراین در جمع آنها از ضریب وزنی p برای lu و ضریب یک برای lp استفاده کرده‌ایم. در (پ-۱) q نیز تعداد مراحل فراخوانی در واحد زمان است. برای به‌دست آوردن q از تعریف پارامتر CMR استفاده می‌کنیم

$$CMR = \frac{call}{mobility} = \text{سرعت/تعداد فراخوانی}$$

$$CMR = \frac{q}{v} \Rightarrow q = CMR \times v \qquad (پ-۲)$$

برای محاسبه تعداد سلول‌ها، k در یک شعاع سلولی r به‌صورت زیر عمل می‌کنیم

$$\begin{aligned} k &= ۱ + ۶ + ۱۲ + \ldots + ۶r \\ k &= ۱ + ۶\sum_{i=۱}^{r} i \\ k &= \frac{۱ + ۶(r^۲ + r)}{۲} \\ k &= ۱ + ۳(r^۲ + r) \end{aligned} \qquad (پ-۳)$$

در روش مبتنی بر زمان سلول‌هایی که در هر مرحله فراخوان می‌شوند سلول‌هایی هستند که در ناحیه احتمال حضور واحد سیار واقع می‌شوند و با توجه به این که برای واحد سیار سرعت میانگین v در نظر گرفته شده است، بنابراین پس از گذشت زمان T، واحد سیار حداکثر به‌اندازه $v.T$ از سلول اولیه دور شده است. پس ناحیه احتمال حضور آن در دایره‌ای به شعاع $v.T$ خواهد بود. تعداد سلول‌هایی که در یک مرحله باید فراخوان شوند طبق (پ-۳) به‌صورت زیر به‌دست می‌آید

$$k = ۱ + ۳[(v.T)^۲ + (v.T)] \qquad (پ-۴)$$

اگر واحد بار فراخوانی یک سلول را یک واحد سیگنالینگ فرض کنیم آنگاه بار فراخوانی برابر تعداد سلول‌ها در یک مرحله فراخوانی خواهد بود، یعنی

$$lp = ۱ + ۳[(v.T)^۲ + (v.T)] \quad \text{مبتنی بر زمان} \qquad (پ-۵)$$

با تفسیر مشابه می‌توان نشان داد که دایره فراخوانی در روش‌های مبتنی بر حرکت و مبتنی بر فاصله نیز به‌ترتیب دارای شعاع‌های M و D بوده و کافیست که در (پ-۳) جایگزین گردند، در نتیجه

$$lp = ۱ + ۳[M^۲ + M] \quad \text{مبتنی بر حرکت} \qquad (پ-۶)$$

$$lp = ۱ + ۳[D^۲ + D] \quad \text{مبتنی بر فاصله} \qquad (پ-۷)$$

برای محاسبه lu در روش مبتنی بر فاصله کافیست تعداد مراحل انجام آن را در واحد زمان محاسبه کنیم. می‌دانیم که در هر فاصله زمانی T یک بار عملیات به‌هنگام‌سازی رخ می‌دهد. بنابراین تعداد مراحل به‌هنگام‌سازی در واحد زمان به‌صورت زیر خواهد بود

$$lu = \frac{۱}{T} \quad \text{مبتنی بر زمان} \qquad (پ-۸)$$

در روش مبتنی بر حرکت، به‌هنگام‌سازی موقعیت پس از مدت زمانی رخ خواهد داد که واحد سیار از M سلول عبور کرده باشد. که این مدت زمان با توجه به سرعت متوسط واحد سیار (v)، برابر مقدار M/v خواهد بود. بنابراین تعداد مراحل در واحد زمان، عکس این مقدار می‌باشد یعنی

$$lu = \frac{v}{M} \quad \text{مبتنی بر حرکت} \qquad (پ-۹)$$

با فرض سرعت مؤثر ve به‌عنوان سرعت حرکت مستقیم برای واحد سیار (پ-۹) برای روش مبتنی بر فاصله به‌صورت زیر می‌باشد

$$lu = \frac{ve}{D} \quad \text{مبتنی بر فاصله} \qquad (پ-۱۰)$$

مراجع

[1] Y. Fang, "Movement - based mobility management and trade off analysis for wireless mobile networks," *IEEE Trans. on Computers*, vol. 52, no. 6, pp. 791-803, Jun. 2003.

[2] Y. B. Lin, "Reducing location update cost in a PCS network," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 5, no. 1, pp. 25-33, Feb.1997.

[3] A. Bar Noy, I. Kessler, and M. Sidi, "Mobile users: to update or not to update?," *ACM/Baltzer Wireless Networks*, vol. 1, no. 2, pp. 175-195, Jul. 1995.

[4] C. Rose, "Minimizing the average cost of paging and registration: a timer-based methods," *Wireless Networks*, vol. 2, no. 2, pp. 109-116, Jun. 1996.

[5] V. Wong and V. Leung, "An adaptive distance-based location update algorithm for PCS networks," in *Proc. IEEE ICC'01*, vol. 7, pp. 2001-2005, Helsinki, Finland, Jun. 2001.

[6] I. F. Akyildiz, J. Ho, and Y. B. Lin, "Movement - based location update and selective paging for PCS networks," *IEEE/ACM Trans. Networking*, vol. 4, no. 4, pp. 629-638, Aug. 1996.

[7] T. Tung and A. Jamalipour, "Adaptive location management strategy to the distance-based location update technique for cellular networks," in *Proc. IEEE WCNC2004*, vol. 1, pp. 172-176, Mar. 2004.

[8] D. Senzaki, H. Mabuchi, G. Chakraborty, and M. Matsuhara, "Distance based location management in cellular PCS network - a critical study," in *Proc. IEEE AINA'04*, pp. 95, Mar. 2004.

[9] J. Zhang, "A cell ID assignment scheme and its applications," in *Proc. ICPP Workshop on Wireless Networks and Mobile Computing*, vol. 1, pp. 507-512, Toronto, Canada, Aug. 2000.

Archive of SID
www.SID.ir

علیرضا ذوالقدر اصلی متولد ۱۳۳۳ در شهرستان فسا فارغ التحصیل فوق لیسانس پیوسته در رشته برق و الکترونیک در سال ۱۳۵۷ از دانشگاه شیراز و درجه فوق لیسانس در الکترونیک و فوق لیسانس پردازش داده و دکترا در پردازش داده و سیگنال به ترتیب در سالهای ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱ و ۱۹۸۵ از دانشگاه پلی تکنیک گرونبل فرانسه (INPG) می‌باشد. ایشان در فاصله ۱۹۹۰–۱۹۸۵ به مدت ۵ سال در دانشگاه‌های فرانسه به تدریس و تحقیق مشغول بوده و از تابستان ۱۳۶۹ تاکنون عضو هیأت علمی (دانشیار) بخش برق دانشگاه شیراز در گرایش مخابرات سیستم است. زمینه تحقیقاتی وی مخابرات سیستم به ویژه موبایل و کدینگ و پردازش تصویر می‌باشد.

فرخ نظر پور متولد ۱۳۵۵ در شهرستان یاسوج – استان کهکیلویه است. ایشان فارغ التحصیل لیسانس مخابرات از بخش مهندسی برق و الکترونیک دانشگاه شیراز در سال ۱۳۷۸ و فوق لیسانس مخابرات از دانشگاه آزاد واحد نجف آباد در سال ۱۳۸۶ می‌باشد و هم‌اکنون به عنوان کارشناس ارشد مخابرات در واحد ارتباطات سیار شرکت مخابرات استان کهکیلویه و بویر احمد مشغول به خدمت است.

Archive of SID

www.SID.ir