



دانشگاه اصفهان
دانشکده فنی و مهندسی

درس: معماری شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته

موضوع تحقیق

Location management in wireless mobile network

استاد درس:

دکتر ناصر موحدی نیا

علی بهلولی

اسفندماه ۱۳۸۵

۳	چکیده
۴	مقدمه
۶	۱-۱ شبکه‌های بیسیم موبایل
۶	۲-۱ معماری سلولی
۹	Location Management ۲
۱۰	Location Update ۳
۱۱	۱-۳ استراتژی‌های استاتیک
۱۲	Reporting Cells ۱-۱-۳
۱۳	۲-۳ روشهای دینامیک
۱۶	Paging ۴
۱۶	Blanket Paging ۱-۴
۱۸	Paging ۲-۴ روشهای دیگر
۱۹	۳-۴ رویکردهای paging هوشمند
۲۲	Sequential Intelligent Paging ۱-۳-۴
۲۳	PSIP ۲-۳-۴
۲۴	۴-۴ مقایسه هزینه‌های paging
۲۶	Paging ۵-۴ طرحهای دیگری برای
۲۸	Reverse Paging ۶-۴
۲۸	Semi Reverse paging ۷-۴ روش
۲۹	Uniform Paging ۸-۴
۳۳	۵ نتیجه‌گیری
۳۵	۶ مراجع

چکیده

کامپیوترهای قابل حمل و وسایل ارتباطی که قابلیت اتصال به شبکه به صورت بی سیم را دارند، مسیر فکری انسان‌ها را در مورد محاسبات و ارتباطات متحول کرده‌اند. این وسایل می‌توانند حتی در مواقعی که کاربر در حال حرکت است، با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. در چنین شبکه‌هایی، مسائل مربوط به جابجایی و نحوه یافتن کاربران در شبکه از سوالات اصلی می‌باشد و استراتژی‌هایی در این مورد باید در نظر گرفته شود تا تغییر مکان و سیله، خللی در سرویس‌های شبکه ایجاد نکند. به این مسائل اصطلاحاً Mobility Management گفته می‌شود که شامل دو مقوله location management و Hand off management می‌شود. هدف این تحقیق بررسی روشها و جزئیات مربوط به تکنیک‌های استفاده شده برای location management در شبکه‌های سلولی می‌باشد.

مقدمه

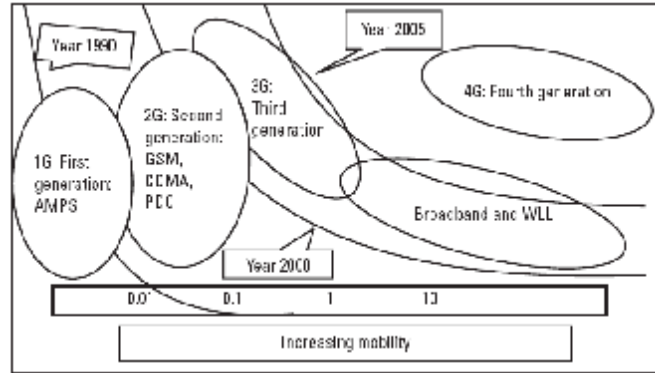
ارتباطات بی سیم توجه کاربران را در تمام امور زندگی به خود جلب کرده است. در حال حاضر هدف اصلی ارتباطات بی سیم، دسترسی کاربر به شبکه در هر زمان بدون توجه به موقعیت و در حال حرکت بودن او می باشد. از سال ۱۹۷۰ تحقیقات در این مورد افزایش یافت تا اینکه در اوایل ۱۹۸۰ تلفن های سلولی با هزینه بالا و دسترسی محدود به وجود آمدند. این سری از تلفن های سلولی به صورت آنالوگ کار می کردند و اصطلاحاً به آنها 1G^۱ گفته می شود. در نسل بعدی، سیستم آنالوگ به دیجیتال تبدیل شد و اصطلاحاً 2G نامیده شد. مزیت نسل دوم ظرفیت بالاتر و نیاز کمتر به شارژ باتری بود. در این نسل نیز مشابه نسل گذشته از سوئیچینگ مدار^۲ استفاده می شد و هدف آن انتقال صوت بود. امروزه به این نسل اصطلاحاً PCS^۳ گفته می شود. در نسل بعدی (3G) هدف این بود که علاوه بر صدای دیجیتال، بتوان داده را نیز در شبکه های سلولی منتقل کرد که زمینه ساز اتصال به اینترنت با پهنای باند زیاد به صورت بی سیم و در هر مکانی می باشد. با وجود اینکه پیش بینی شده بود در سال ۲۰۰۰ این نسل عملیاتی شود ولی این کار امکان پذیر نشد و تلاش ها برای رسیدن به این هدف ادامه دارد.

با اینکه شبکه های نسل سوم هنوز به بطور کامل راه اندازی نشده اند، برخی محققان آنرا موضوعی تحقیق یافته (که دیگر ارزش توجه ندارد) تلقی کرده و سراغ سیستم های نسل چهارم (4G) رفته اند. برخی از مشخصات پیشنهادی سیستم های 4G عبارتند از: پهنای باند زیاد، دسترسی در همه جا، یکپارچگی کامل با شبکه های کابلی (بوژه شبکه های IP)، مدیریت تطبیقی منابع و طیف فرکانسی، رادیوی نرم افزاری و سرویس های مالتی مدیا با کیفیت عالی. در شکل ۱، نسل های مختلف شبکه بی سیم را نشان می دهد. [۱]

^۱ First Generation

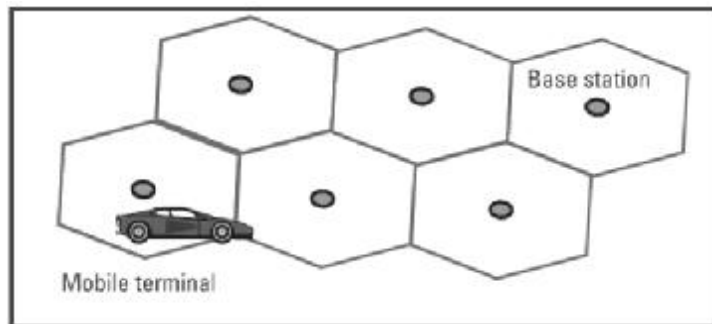
^۲ Circuit Switching

^۳ Personal Communications Services



شکل ۱: نسل‌های مختلف شبکه بی‌سیم

همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد شبکه سلولی، یک شبکه دارای ساختار^۴ است که ارتباط بین کاربران^۵ آن بی‌سیم و مکان Gateway های آن ثابت می‌باشد که با سیم به هم متصل شده‌اند. Gatewayها در این شبکه Base Station نامیده می‌شوند. در این شبکه هر کاربر برای ارتباط از نزدیکترین BS^۶ استفاده می‌کند. هرگاه کاربر از محدوده یک BS خارج و وارد محدوده BS دیگری شود، بین BS قبلی و جدید Handoff انجام می‌شود بنابراین کاربر می‌تواند به ارتباطش ادامه دهد بدون اینکه متوجه شود از یک محدوده وارد محدوده دیگری شده است. پیدایش سیستم سلولی باعث هموار شدن مسیر برای دیجیتال شدن شبکه‌های بی‌سیم و آنالوگ قبلی و ساده شدن پیاده‌سازی سیستم بی‌سیم به صورت دیجیتال شد که باعث جلب توجه برای نسل 3G و 4G شد [۲].



شکل ۲: مثالی از شبکه سلولی

⁴ Infrastructure

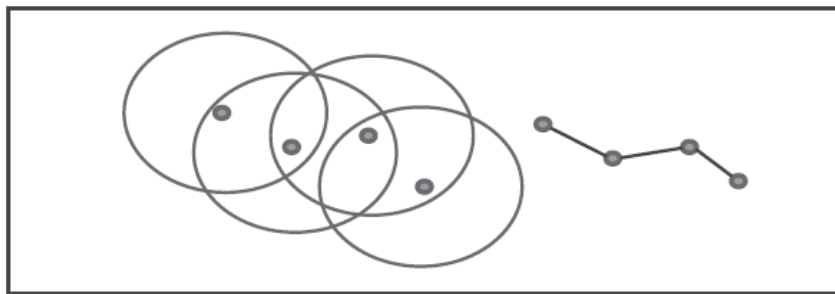
^۵ در این تحقیق با توجه به اینکه Node های بی‌سیم موجود در شبکه متعلق به یک کاربر می‌باشد از اصطلاح کاربر به جای وسیله استفاده می‌شود تا یک مفهوم کلی باشد.

⁶ Base Station

کامپیوترهای قابل حمل و وسایل ارتباطی که قابلیت اتصال به شبکه به صورت بی‌سیم را دارند، مسیر فکری انسان‌ها را در مورد محاسبات و ارتباطات متحول کرده‌اند. این وسایل می‌توانند حتی در مواقعی که کاربر در حال حرکت است، با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. در چنین شرایطی افراد می‌توانند بدون توجه به زمان و موقعیت کنونی به اطلاعات دسترسی پیدا کنند. به عنوان مثال آنها قادرند نامه‌های الکترونیکی خود را در هر زمان یا مکان دریافت و ارسال کنند. یا اینکه به اطلاعات در مورد ترافیک محلی قطارها و هواپیماها دسترسی یابند [۲].

۱-۱ شبکه‌های بیسیم موبایل

شبکه‌های بیسیم به دو دسته ثابت^۷ و متحرک^۸ تقسیم می‌شوند. شبکه‌های بیسیم ثابت، دارای قابلیت تحرک نیستند و معمولاً به صورت نقطه به نقطه^۹ هستند (مثل شبکه‌های مایکروویو). شبکه‌های بیسیم متحرک، خود به دو دسته تقسیم می‌شوند: شبکه‌های دارای ساختار (سلولی) و شبکه‌های بدون ساختار (Ad hoc) هدف هر دو شبکه سرویس دهی و دسترسی به اطلاعات در هر زمان و در هر مکان می‌باشد. در شبکه‌های Ad hoc نیازی به Gateway های ثابت نیست و مسیریابی توسط خود node ها انجام می‌شود. در شکل ۳، نمونه‌ای از شبکه Ad hoc نمایش داده شده است.



شکل ۳: نمونه‌ای از شبکه Ad hoc

۲-۱ معماری سلولی

در شکل ۴ معماری یک شبکه سلولی نمایش داده شده است. کل محدوده تحت سرویس به سلول‌هایی تقسیم می‌شود که هر یک از این سلول‌ها توسط یک BS سرویس داده می‌شود و هر BS مسئول ارتباطات

⁷ Fixed

⁸ Mobile

⁹ Point to Point

برقرار شده با کاربران آن سلول می‌باشد. هرگاه کاربر سلولش عوض شد، عمل handoff انجام می‌شود و ارتباط توسط BS جدید آغاز می‌شود.

هر BS با لینک‌های ثابت به MSC¹⁰ متصل است و هر MSC به MSC های دیگر و PSTN¹¹ متصل شده است. MSC دو کار مهم انجام می‌دهد: یک کاربر متحرک را از یک سلول به سلول دیگر منتقل می‌کند و سلولی را که کاربر در حال حاضر در آن قرار دارد را مشخص می‌کند. MSC برای انجام این دو کار با دو پایگاه داده به نامهای HLR¹² و VLR¹³ مبادله اطلاعات دارد. HLR در هر MSC، یک پایگاه داده است که محل کنونی کاربرانی که متعلق به خودش است را نگهداری می‌کند. VLR پایگاه داده‌ای است که در هر MSC وجود دارد و اطلاعات مربوط به کاربرهای میهمان را نگهداری می‌کند.

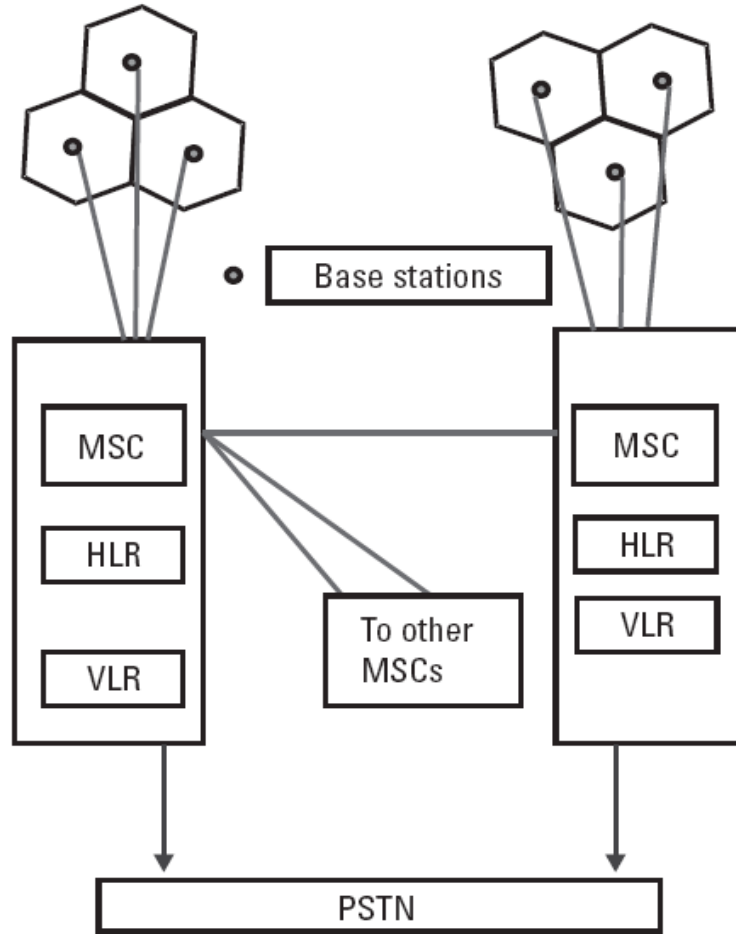
تفاوت بین سیستم‌های سلولی در مقایسه با سیستم‌های قبلی این است که از تعداد خیلی زیادی BS با ناحیه پوشش دهی کم استفاده می‌کند. (حدود ۱۰ کیلومتر در مقابل سیستم‌های اولیه که ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر بود). سلولهایی که با فاصله کمی از هم قرار دارند (مثلاً ۵ یا ۷ سلول) می‌توانند به صورت همزمان از فرکانس‌های مشابه استفاده کنند. استفاده مجدد از فرکانس باعث می‌شود که تعداد کاربرانی را که می‌توان سرویس داد بیشتر شود. و ظرفیت سیستم را می‌توان با کوچکتر کردن سلولها باز هم افزایش داد.

¹⁰ Mobile Switching Center

¹¹ Public Switched Telephone Network

¹² Home Location Register

¹³ Visitor Location Register



شکل ۴: معماری شبکه سلولی

یکی از مسائل خیلی مهم در شبکه‌های بیسیم موبایل ، مدیریت مکانی^{۱۴} می‌باشد. علت این امر، توانایی تغییر مکان هنگام اتصال به شبکه می‌باشد. استراتژی‌هایی باید در مورد اینکه مکان وسیله متحرک به صورت دینامیک تغییر می‌کند و آدرس آن در شبکه در حال تغییر است در نظر گرفته شود تا تغییر مکان وسیله، خللی در سرویس‌های شبکه ایجاد نکند. مسایل مربوط به جابجایی و نحوه یافتن کاربران در شبکه اصطلاحاً Mobility Management گفته می‌شود که شامل دو مقوله می‌شود: location management و Handoff management. هدف این مقاله بررسی جزئیات مربوط به تکنیک‌های استفاده شده برای LM^{۱۵} در شبکه‌های سلولی می‌باشد [۴،۲،۳].

^{۱۴} Location Management

^{۱۵} Location Management

۲ Location Management

توانایی اینکه هنگام اتصال به شبکه مکان قابل تغییر باشد باعث ایجاد محیط دینامیک می‌شود. این امکان به این معنا می‌باشد که داده‌ها که برای یک شبکه ثابت به صورت استاتیک هستند در شبکه متحرک به صورت دینامیک می‌شوند. یک کامپیوتر ثابت به عنوان مثال به نزدیکترین Server متصل می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که در یک شبکه متحرک باید مکانیزمی برای تشخیص سرور مورد استفاده وجود داشته باشد. هر استراتژی که برای مدیریت مکان بکار برده می‌شود باید به سوالات زیر پاسخ دهد:

- هنگامی که کاربر متحرک موقعیتش عوض شود چه اتفاقی می‌افتد؟

- چه کسی باید از تغییر مکان اطلاع داشته باشد؟

- چگونه می‌توان با یک کاربر متحرک ارتباط برقرار کرد؟

- آیا باید همه شبکه را جستجو کرد یا کسی از حرکت او مطلع است؟

- استراتژی‌هایی که برای LM مورد استفاده قرار می‌گیرند بر دو مبنا هستند: تحرک کاربر و مشخصات

مربوط به تعداد تماسهای برقرار شده با کاربر.

دو مکانیزم پایه‌ای که برای مشخص کردن مکان فعلی کاربر به کار می‌رود عبارتند از: Location

Update و Paging. وظیفه LM، در یک شبکه یافتن یک حالت تعادل بین این دو مکانیزم می‌باشد.

Location Update به سیستم اجازه می‌دهد که اطلاعاتی در مورد مکان کاربر داشته باشد. سیستم به هنگام

تقاضای برقراری تماس با این کاربر، از این اطلاعات که ممکن است خیلی دقیق یا دقت کمی داشته باشد،

استفاده می‌کند تا مکان کاربر را بیابد. Location Update همچنین باعث می‌شود که پروفایل کاربر به

موقعیتش نزدیک باشد و سرویس‌های مورد نیاز کاربر را با سرعت بیشتر انجام دهد.

پروسه Paging توسط سیستم انجام می‌شود و به این صورت است که پیام Page شدن به تمام سلولها که

کاربر ممکن است در آنها قرار داشته باشد، ارسال می‌شود تا موقعیت دقیق کاربر به دست آید.

به طور کلی روشهای LM به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول شامل روشهایی است که بر مبنای

الگوریتمها و معماری شبکه هستند. دسته دوم بر مبنای یادگیری می‌باشد که نیازمند اطلاعات آماری از

حرکت کاربر و رفتار او می‌باشند. در شبکه‌های سلولی برای LM، سلولها به دسته‌هایی به نام LA^{۱۶} و PA^{۱۷}

تقسیم‌بندی می‌شوند. LA به مجموعه‌ای از سلولها گفته می‌شود که معمولاً در مجاورت یکدیگر قرار دارند

^{۱۶} Location Area

^{۱۷} Paging Area

و کاربر می‌تواند بین این سلولها گردش کند و نیازی به LU نداشته باشد. به عبارت دیگر LA، کوچکترین محدوده جغرافیایی است که مکان کاربر در آن شناخته شده است.

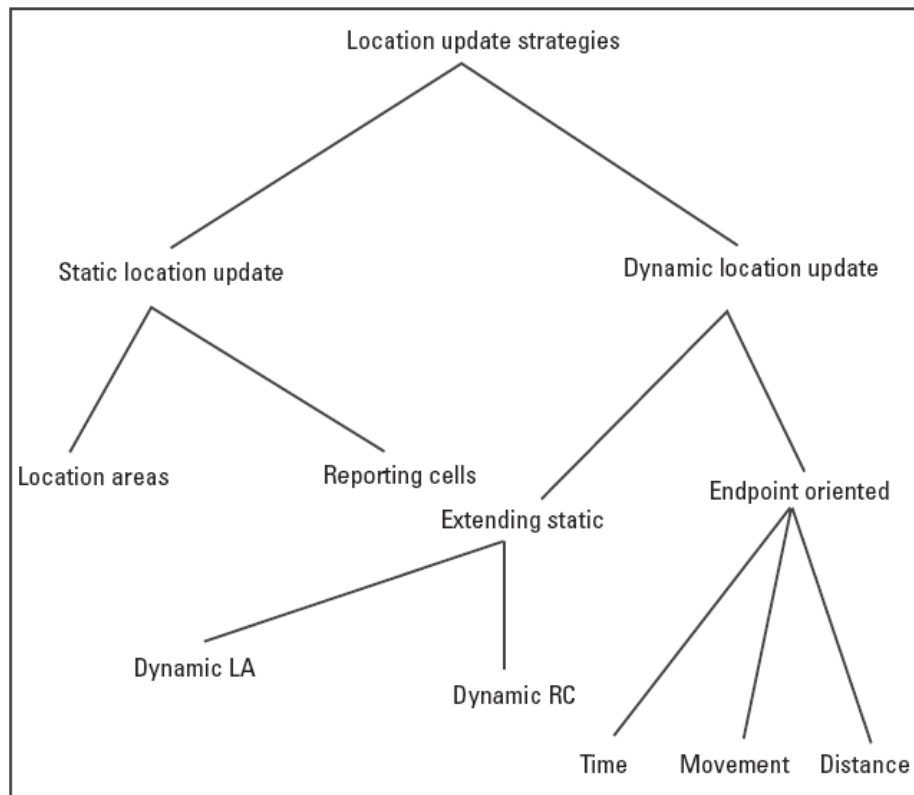
یک PA، مجموعه‌ای از سلولها می‌باشد که پیام Paging ارسال می‌شود. تا کاربر از وجود درخواست ارتباط مطلع شود. شبکه باید اطلاعات در مورد مکان کاربرها داشته باشد تا بتواند داده‌ها را به مقصد صحیح هدایت کند. در شبکه سلولی، حرکت کاربر در یک سلول از دید شبکه به صورت شفاف می‌باشد بنابراین دنبال کردن موقعیت کاربر توسط شبکه فقط زمانی مورد نیاز است که کاربر از سلولی به سلول دیگری تغییر مکان دهد [۴،۵].

در LM برای هر کاربر دو مفهوم به نامهای Identifier و Address وجود دارد. Identifier نام کاربر است و مشخصه‌ای است که کاربر با آن در شبکه شناخته و صدا زده می‌شود. Address مکانی است که کاربر در آن موقعیت قرار دارد. مکانیزم LM ارتباط بین این دو مفهوم را در هر زمان مشخص می‌کند. همانطور که ذکر شد، LM شامل دو عمل بود. Updating یا registration که در این پروسه کاربر، باعث ایجاد تغییر در پایگاه داده‌ها می‌شود تا موقعیت جدید خود را Update کند. paging که در این پروسه، شبکه تقاضایی برای یافتن محل دقیق کاربر ایجاد می‌کند که نتیجه آن بروز رسانی موقعیت کاربر در پایگاه داده می‌باشد. همه تکنیکهای LM از ترکیبی از Updating و Paging استفاده می‌کنند و تلاش می‌کنند بهترین tradeoff بین بالاسری Update کردن و تاخیر ایجاد شده توسط Paging را انتخاب کنند. به همین منظور Update کردن همیشه هنگام تغییر موقعیت کاربر از یک سلول به سلول دیگر اتفاق نمی‌افتد ولی طبق یک الگوریتم از قبل تعریف شده‌ای انجام می‌گیرد تا در مرحله Paging در یک منطقه مشخص و محدودی کاربر جستجو گردد. هرچه Update کردن بیشتر باشد، عمل paging ساده‌تر و سریعتر می‌باشد ولی در عوض ممکن است موقعیت کاربر به صورت متوالی Update شود ولی با کاربر هیچ ارتباطی برقرار نشود.

۳ Location Update

به علت حرکت کاربر در شبکه ممکن است داده‌های ذخیره شده در پایگاه داده دقت کافی را برای یافتن موقعیت کاربر نداشته باشد. برای اطمینان از اینکه تماس با کاربر به صورت موفقیت آمیز انجام پذیرد مکانیزمی مورد نیاز است تا پایگاه داده را با موقعیت کنونی کاربر به روز رسانی کند. اصطلاحاً به این عمل LU گفته می‌شود. روشهای LU متعددی با توجه به ساختار LA وجود دارد. دو روش مدیریت LA که خیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از:

Update کردن متناوب (با وجود اینکه ساده‌ترین روش است ولی اشکالات متعددی نظیر هدر رفتن منابعی نظیر پهنای باند در زمانهایی که اصلاً نیازی نیست، می‌شود) Update کردن در مرزهای LA. در شکل ۵ دسته‌بندی‌های مختلف که برای Update کردن می‌توان استفاده کرد، نمایش داده شده است. [۵]



شکل ۵: دسته بندی روشهای Update کردن

۱-۳ استراتژی‌های استاتیک

در این استراتژی‌ها، مجموعه‌ای از قبل تعیین شده از سلول‌ها وجود دارند که Update در آنها انجام می‌شود. با توجه به حرکت کاربر هرگاه یکی از این سلول‌ها می‌شود، عمل Update انجام می‌گیرد. هر چند که این کار همیشه لازم نیست [۶،۷].

دو رویکرد در این استراتژی وجود دارد:

LA: در این رویکرد منطقه تحت پوشش به گروه‌هایی از سلول‌ها تقسیم‌بندی می‌شود که هر کدام از این تقسیمات LA نامیده می‌شوند. موقعیت کاربر فقط وقتی Update می‌شود که کاربر وارد LA جدید شود.

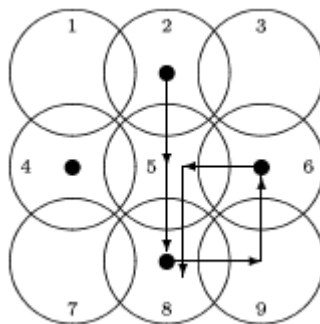
در این رویکرد زمانی که بخواهیم موقعیت دقیق کاربر را بیابیم ، عمل paging در LAهایی که اخیرا توسط کاربر طی شده است انجام می گیرد. دنبال کردن موقعیت کاربر در سیستم های سلولی نسل دوم نظیر GSM و IS41 بر این مبنا می باشند. استراتژی هایی که برای نحوه تعیین LA مورد استفاده قرار می گیرند بر مبنای توزیع جمعیت و توپولوژی بزرگراه ها و مشخصات حرکتی کاربران می باشد [۲].

۳-۱-۱ Reporting Cells

در این رویکرد، زیر مجموعه ای از BSها در شبکه انتخاب می شوند که اصطلاحا به آنها Reporting Center گفته می شود. سلول های مربوط به این BSها Reporting Cell نامیده می شوند. این BSها به صورت متناوب پیام کوتاهی مبنی بر اینکه Reporting Center هستند را در محیط منتشر می کنند بنابراین هر کاربر می فهمد که آیا در یک Report Cell قرار دارد یا خیر. هر Reporting Cell دارای یک سری سلول همسایه است که قابل دسترس هستند و توسط Reporting Cell دیگری قابل دسترس نمی باشند. در این رویکرد عملکرد Update و Paging به صورت زیر است:

Update: زمانی که کاربر وارد یک Reporting Cell شد، پیام Update برای آن سلول می فرستد مگر اینکه این Reporting Cell آخرین سلولی باشد که قبلا پیام update فرستاده باشد. اگر کاربر وارد سلول دیگری شد که جزء Reporting Cell نبود ، پیام update نمی فرستد [۷].

Page: هرگاه نیاز به برقراری ارتباط با یک کاربر مشخص باشد، تمام سلول هایی که مجاور آخرین Reporting Cell باشند، جستجو می شوند. در شکل ۶ مثالی از این رویکرد نشان داده شده است.



شکل ۶: مثالی از رویکرد Reporting Cell

در این مثال، ۹ سلول در شبکه واقع هستند که با شماره های ۱ تا ۹ مشخص شده اند. سلول های ۲، ۴، ۶ و ۸ به عنوان Reporting Cell در نظر گرفته شده اند و هر کدام از این سلول ها دارای چهار سلول مجاور

هستند (با احتساب خود سلول) به عنوان مثال سلول‌های مجاور سلول ۲ عبارتند از: سلول‌های ۵، ۳، ۲ و ۱. فرض کنید کاربر m، از مسیر ۸، ۵، ۶، ۹، ۸، ۵ و ۲ عبور کرده باشد بنابراین این کاربر در سلول‌های ۶، ۸ و ۲ و دوباره در سلول ۸، پیام Update را فرستاده باشد. حال فرض کنید سیستم نیاز به یافتن m زمانی که در سلول ۵ قرار دارد را داشته باشد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود کاربر دو بار در سلول ۵ قرار گرفته است در دفعه اول برای جستجو، سلول‌های ۵، ۳، ۲ و ۱ جستجو می‌شوند چون مجاور سلول ۲ هستند و در دفعه دوم سلول‌های ۹، ۶، ۵ و ۳ جستجو می‌شوند چون مجاور سلول ۶ هستند [۷].

اصولی‌ترین اشکالی که استراتژی استاتیک دارد این است که این روشها حرکت کاربر و تعداد دفعات ارتباطات برقرار شده با آنها را در نظر نمی‌گیرند. به عنوان مثال حتی اگر کاربر در یک منطقه کوچک باقی مانده بماند، ممکن است Update‌های متعددی اتفاق بیفتند.

۲-۳ روشهای دینامیک

در روش پویا هر کاربر با توجه به حرکتی که دارد مشخص می‌کند که چه زمانی باید Update انجام شود بنابراین Update ممکن است در هر سلول صورت پذیرد یا ممکن است مدت طولانی Update انجام نشود. در واقع این رویکرد نوعی گسترش برای روش ایستا می‌باشد که الگوهای حرکتی کاربر و تماسهای برقرار شده نیز در تصمیم‌گیری برای Update دخالت داده می‌شوند به عنوان مثال در استراتژی Dynamic LA، LA مربوط به هر کاربر به صورت پویا با توجه به تعداد تماسهای برقرار شده با کاربر و حرکت تعیین می‌شود. مسلماً هر چه تعداد تماسها بیشتر باشد باید LA مربوط به آن کاربر کوچکتر شود. تحقیقات انجام شده، نشان می‌دهد که این روش بهبود زیادی نسبت به روش ایستا در مواقعی که نرخ برقرار شدن تماس با کاربر وابسته به زمان است دارد. در استراتژی Dynamic Reporting به کمک اطلاعات بدست آمده در هر Update کردن می‌توان مجموعه‌ای از Reporting Cell ها را برای دفعه بعدی انتخاب کرد. این اطلاعات شامل جهت حرکت می‌باشد. در این روش با توجه به مکان آخرین Update شدن و جهت حرکت، می‌توان به صورت تقریبی محل کاربر را تشخیص داد و زمان جستجو را کاهش داد [۷ و ۸].

در مرجع ۸، سه استراتژی پویا برای زمانهای Update کردن ذکر شده است: الف) هر T ثانیه (Time base). ب) پس از عبور از M سلول (Movement Base) ج) پس از اینکه مسافت خاصی طی شد (Distance Base).

الگوریتم‌های Time Base ساده‌ترین را برای پیاده‌سازی می‌باشند چون فقط به ساعت محلی هر کاربر بستگی دارد. پیاده‌سازی الگوریتم‌های Movement Base خیلی مشکل‌تر از روش قبلی است چون کاربر باید

متوجه عبور از مرزهای بین سلول‌ها باشد. پیاده‌سازی الگوریتم‌های Distance Base مشکل‌ترین و پیچیده‌ترین روش می‌باشد چون نیازمند اطلاعاتی در مورد توپولوژی شبکه سلولی می‌باشد. سه الگوریتم فوق برای الگوهای حرکتی بدون حافظه و حافظه مارکوو مورد تجزیه تحلیل قرار گرفته‌اند. در یک مسیر حرکتی بدون حافظه اثبات شده است که روش Distance Base دارای بهترین کارایی و روش Time Base دارای بدترین کارایی می‌باشد. در حالت مارکوف نشان داده شده است که در بعضی مواقع روش Time Base بهتر از دو روش دیگر است. همچنین محاسبات عددی نشان داده است که تفاوت بین روش‌های Time Base و Movement Base در هر حالت کم است و هر چه نرخ Update کمتر شود این دو روش به هم نزدیکتر می‌شوند [۸].

برای سازماندهی پایگاه داده مورد نیاز در مدیریت مکان کاربران نیازمند مینیم کردن هر دو پارامتر تاخیر و بالاسری می‌باشیم. این دو پارامتر هم در مورد حافظه و هم تعداد پیام‌های مورد نیاز برای دسترسی به اطلاعات می‌باشد. در حالت کلی این دو پارامتر ملاک بهینه‌سازی می‌باشد. اکثر راه حل‌های ارائه شده برای سازماندهی پایگاه داده یک نقطه را انتخاب کرده‌اند که این نقطه یک Trade off بین بالاسری، تاخیر و سادگی می‌باشد. ساده‌ترین رویکرد برای سازماندهی پایگاه داده این است که تمام اطلاعات کاربران که شماره شناسایی آنها را با آدرس آنها می‌کند در یک پایگاه داده مرکزی ذخیره کردند ولی این رویکرد برای وقتی که تعداد کاربران خیلی زیاد باشد، غیر ممکن است چون زمان دسترسی به اطلاعات و همچنین حجم حافظه خیلی زیادی نیاز دارد و همچنین در صورت آسیب دیدن و وجود مشکلی در این پایگاه مرکزی، همه سیستم از کار می‌افتد [۸، ۹].

قدم بعدی در سازماندهی پایگاه داده مربوط به مکان‌ها، این است که شبکه به قسمت‌های کوچکتری تقسیم بندی گردد و در هر قسمت، تکه‌ای از پایگاه داده قرار داده شود. این روش توزیع شده برای وقتی که کاربران در یک جای مشخصی رجیستر می‌شوند، خیلی مناسب است. در این حالت هر پایگاه داده حاوی اطلاعات کاربرانی است که در یک منطقه خاص قرار دارند. زمانی که یک کاربر از منطقه مربوط به خودش خارج شود پایگاه داده Update می‌شود تا به مکان جدید اشاره کند. طرح VLR و HLR که در شبکه‌های سلولی مورد استفاده قرار گرفت مثالی از این رویکرد می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که با پیشینی حرکت کاربر می‌توان ترافیک سیگنال‌ها را به حد قابل قبولی رساند به همین دلیل آنها برای افزایش کارایی در یک وضعیت مشخص به این نکته توجه کرده‌اند به عنوان مثال برای هر کاربر اطلاعات موقعیت کاربر در تماس برقرار شده فعلی برای تماس‌های بعدی نگهداری می‌شود، این روش برای کاربرانی که نسبت تعداد

تماس‌های برقرار شده به میزان تحرک آنها بالا می‌باشد مفید می‌باشد. در روشی دیگر برای کاهش بالاسری مربوط به پیام‌ها، تغییر مکان به جای اینکه به HLR گزارش گردد، به VLR مجاور گزارش می‌شود، این روش برای کاربرانی که تعداد تماس‌های برقرار شده به میزان تحرک آنها پایین و میزان UPDATE آنها زیاد است، مفید واقع می‌شود. مشابه اکثر سازماندهی‌های بزرگ، رویکرد سلسله‌مراتبی راه‌حلی، عمومی و مقیاس‌پذیر می‌باشد. در ساختار سلسله‌مراتبی پایگاه داده مکانها، می‌توان از این واقعیت بهره برد که اکثر جابجاییها به صورت محلی و محدود می‌باشد. مخصوصاً با منحصر کردن Updateها در پایین‌ترین سطح (در سلسله‌مراتب در نظر گرفته شده)، که شامل حرکت کاربر می‌باشد، باعث می‌شویم که هزینه صرف شده به نسبت مسیر پیموده شده باشد. تحقیقات متعددی با این رویکرد انجام شده است. به عنوان نمونه در یکی از روش‌ها، سلسله‌مراتبی از ناحیه‌ها در نظر گرفته شدند که هر یک بر مبنای تجزیه شبکه به یک سری نواحی می‌باشد، در این سلسله‌مراتب هدف از لایه نام ایجاد قابلیت دنبال کردن کاربری است که در فاصلهⁿ 2 قرار دارد. این استراتژی میزان overhead را که به صورت نمایی با توجه به اندازه و قطر شبکه رشد می‌کند را تضمین می‌کند. در روشی دیگر پایگاه داده به نحوی سازماندهی شده است که نرخ دسترسی‌ها و update شدن‌ها مینیمم گردد. در این رویکرد نرخ تماسها و حرکت بین سلولها تخمین زده شده در هر پایگاه داده نگهداری می‌شود. در روشی دیگر سازماندهی پایگاه داده مکانها بر اساس پروفایل کاربر می‌باشد. به عنوان مثال الگوهای حرکتی کاربر که از قبل تعریف شده است. در این روش بخش بندی پایگاه داده به این صورت انجام می‌گیرد که مکانهایی که کاربر به طور مکرر حرکت می‌کند و مکانهایی که کمتر حرکت می‌کند از یکدیگر جدا می‌شوند و به همین ترتیب هر بخش به زیر بخش‌های دیگر تبدیل می‌شود تا اینکه سلسله‌مراتب پایگاه داده بوجود آید [۸،۹،۱۰].

در استراتژی‌های ذکر شده، تاکید روی کاهش بالاسری مربوط به update می‌باشد اما در واقع کم کردن تاخیر دسترسی به پایگاه داده نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از استراتژی‌های ممکن برای این منظور، تکرار^{۱۸} پایگاه داده می‌باشد که در این رویکرد، کپی‌های یکسان از پایگاه داده در نقاط مختلف شبکه نگهداری می‌شود و موقعیت کاربر با تاخیر کم، از یکی از این سرورها قابل استخراج است. مشکلی که در این زمینه وجود دارد تصمیم‌گیری در مورد این است که تکرار در چه مکانهایی انجام شود. این مشکل مشابه مسائل کلاسیک مربوط به اختصاص پایگاه داده و فایلها می‌باشد و مسئله این است که تکرارها بر اساس

^{۱۸} Replication

الگوهای دسترسی برای خواندن و نوشتن باشد یا براساس تقاضاهای update بستگی به موقعیت داشته باشد. در یکی از این استراتژی‌ها، مناسب‌ترین حوزه‌ها برای تکرار، بر اساس تماسهای برقرار شده و الگوهای حرکتی کاربر انتخاب می‌شود. در این رویکرد هدف، بدست آوردن کمترین هزینه و بیشترین جریان می‌باشد [۱۰].

۴ Paging

عمل صدا زدن یا Paging مستلزم ارسال پیام‌هایی در محدودهٔ رادیویی که کاربر در آن ناحیه قرار دارد می‌باشد. در این پیام به کاربر اطلاع داده می‌شود که کسی منتظر برقراری تماس می‌باشد. هنگامی که کاربر پاسخ داد، BS که کاربر در محدودهٔ آن قرار دارد توسط شبکه شناسایی می‌شود و عمل برقراری تماس صورت می‌پذیرد. شبکه موقعیت کاربر را در سطح LA می‌داند ولی از اینکه کاربر در محدودهٔ کدام یک از BSهای موجود در یک LA قرار دارد، اطلاعی ندارد. از آنجا که طیف رادیویی محدود می‌باشد، پیامهایی که برای paging استفاده می‌شود باید محدود شوند. برای این کار می‌توان تعداد سلولهایی که عمل paging در آنها صورت می‌گیرد را کم کرد. همانطور که ملاحظه می‌شود، به منظور کاهش کم کردن بالاسری مربوط به paging مجبور می‌شویم که نرخ update شدن را زیاد کنیم. همچنین باید دقت شود که به علت غیر قابل پیشبینی بودن ارتباط رادیویی، ممکن است پیغام paging به کاربر نرسد و معمولاً این کار باید چندین بار تکرار شود. از آنجا که زمان دریافت پیغام paging قابل پیشبینی نیست، بنابراین کاربر باید به کانالهای مربوط به paging به صورت پیوسته گوش دهد. در خیلی از سیستم‌های عملیاتی، LA و PA یکسان هستند یا PA زیر مجموعه‌ای از LA می‌باشد [۲، ۱۱، ۱۰، ۱۲].

۴-۱ Blanket Paging

برای برقراری ارتباط دو مرحله باید طی شود: ۱- مشخص شدن VLR مربوط به کاربری که قصد تماس با او را داریم. ۲- مشخص شدن سلولی که کاربر در آن قرار دارد. (زیر مجموعهٔ VLR) یافتن VLR شامل مراحل زیر می‌باشد:

۱- کاربری که قصد برقراری تماس دارد، سیگنال شروع برقراری تماس را توسط نزدیکترین BS به MSC خود می‌فرستد.

۲- MSC، آدرس HLR مربوط که کاربر مقصد را از GTT^{۱۹} استخراج می کند و پیغام یافتن مکان کاربر مقصد را برای آن می فرستد.

۳- HLR مقصد، VLR کنونی کاربر مقصد را استخراج می کند و پیغام Route Req. را برای MSC سرویس دهنده به کاربر مقصد، ارسال می کند.

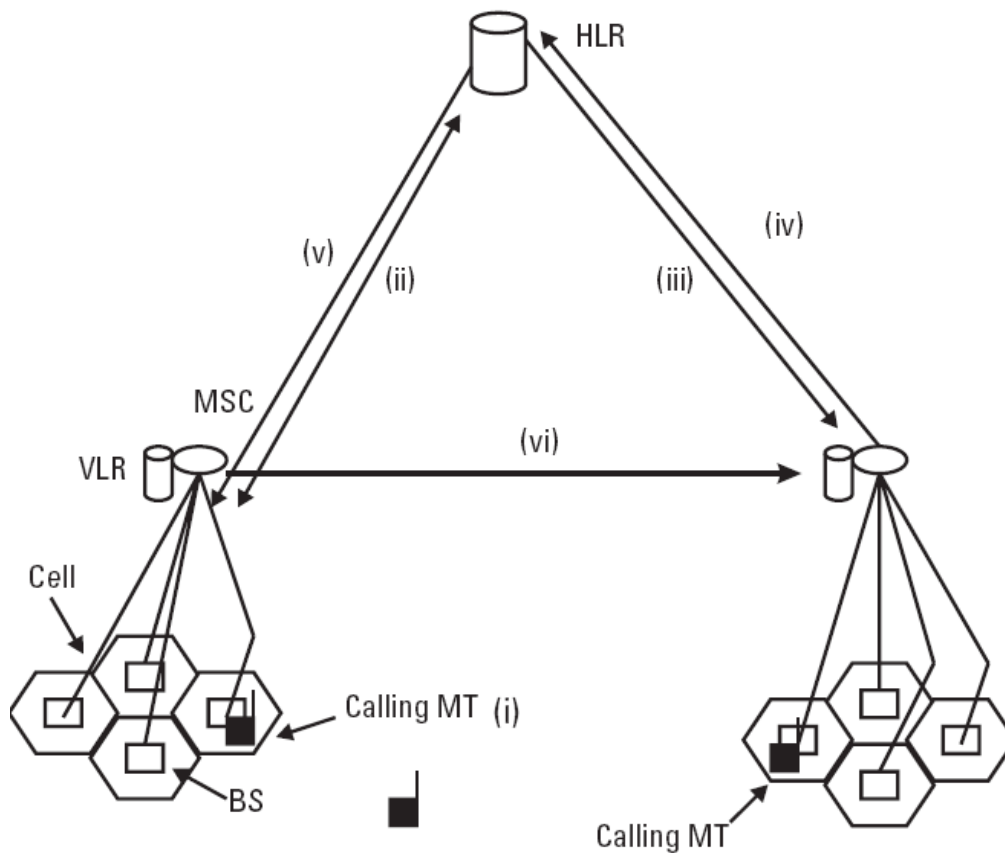
۴- MSC، یک شماره موقت که TLDN^{۲۰} نام دارد را برای کاربر اختصاص می دهد و به HLR پاسخ می دهد.

۵- HLR، پاسخ را برای MSC و کاربر مبدأ، ارسال می کند.

۶- MSC تقاضا دهنده، پیغام برقراری تماس را برای MSC مقصد توسط شبکه CCS7 ارسال می کند. مراحل ذکر شده، در شکل ۷ نمایش داده شده است. الگوریتم فوق، این امکان را به کاربر می دهد تا با بین MSC مقصد و کاربر متقاضی ارتباط برقرار شود. با وجود این، چون هر MSC با یک LA در ارتباط است بنابراین باید مکانیسمی برای یافتن سلول مقصد در LA یافت شده، وجود داشته باشد. در شبکه های سلولی کنونی این عمل، با paging انجام می گیرد. به این صورت که پیغامی در LA پخش می شود تا سلول مقصد یافت شود این پیغام در کانال کنترلی forward ارسال می گردد. کاربر مقصد پاسخ را در کانال کنترلی backward ارسال می کند. با این روش MSC، سلولی را که کاربر در آن قرار دارد، می یابد. به این روش یافتن سلول مقصد، Blanket Paging گفته می شود. در طرح paging گزینشی، به جای اینکه پیغام در تمام سلول های LA پخش شود، این پیغام در قسمت کوچکتري از LA منتشر می شود که اصطلاحا به این ناحیه PA گفته می شود. در این روش ضریبی به نام K تعریف می شود که granularity factor نامیده می شود. این ضریب برابر است با نسبت تعداد سلول ها در یک PA به تعداد سلولها در یک LA. [۱۳، ۲، ۱۱]

^{۱۹} Global Title Translation

^{۲۰} Temporary Local Directory Number



شکل ۷: مراحل برقراری ارتباط بین دو کاربر

۲-۴ روشهای دیگر Paging

در روش ارائه شده در قسمت قبل، عمل paging روی محدوده‌ای از سلولها انجام می‌گرفت در این حالت PA مستقل از مشخصات و جزئیات حرکتی کاربر است بنابراین ممکن است که کاربری عمل Update را در اول روز انجام دهد و تا مدت طولانی در محدوده یک سلول باشد. ولی با وجود این شرایط، برای هر تماس باید عمل paging روی شبکه صورت گیرد تا محل کاربر مشخص شود. (با وجود اینکه سلول کاربر عوض نشده است ولی اگر ۱۰۰ بار هم تماس گرفته شود، ۱۰۰ بار هم عمل paging انجام می‌گیرد). با دقت

به این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که با در نظر گرفتن اطلاعات مکانی کاربر می‌توان کارایی شبکه را بهتر نمود [۱۴،۱۵].

روش‌های مختلفی برای متعادل کردن paging و update ارائه شده است. در یکی از روشها [26] از توزیع احتمال مکان کاربر که تابعی از زمان است، استفاده شده است. در این روش برای هر کاربر یک زمان T بدست آورده شده است که اگر بعد از آخرین Update یا آخرین تماس برقرار شده، T ثانیه بگذرد و تماسی با کاربر برقرار نشود آنگاه کاربر عمل update را انجام می‌دهد.

در روشی دیگر، [۹] به منظور مینیم کردن پهنای باند مصرف شده برای یافتن موقعیت کاربر، از paging بهینه استفاده شده است. در این روش برای کاهش زمان تاخیر paging (مصرف کمتر پهنای باند) عمل paging در مناطقی انجام می‌پذیرد که احتمال حضور کاربر بیشتر است.

روشهای متعدد ذکر شده همه بر مبنای blanket Paging می‌باشند و به منظور کاهش هزینه paging با رعایت محدودیت برای هزینه update می‌باشد.

۳-۴ رویکردهای paging هوشمند

حرکت کاربر معمولاً به صورت یک فرایند تصادفی ارگادیک مدل می‌گردد. BSها برای ایجاد یک ارتباط همیشگی و دائم، بدون توجه به مکان کاربر، یک پوشش پیوسته را ایجاد می‌کنند، حتی زمانی که در حالت idle قرار دارند. زمانی که تقاضای برقراری ارتباط برای یک کاربر که در یک LA خاص قرار دارد می‌رسد، عمل paging در قسمتی از LA اجرا می‌گردد، به این ناحیه اصطلاحاً PA گفته می‌شود. Paging هوشمند، به عمل paging چند مرحله‌ای گفته می‌شود که هدف آن مشخص کردن PA می‌باشد که کاربر در آن محدوده قرار دارد. برای ارزیابی متوسط هزینه paging نیازمند توزیع احتمال وابسته به زمان کاربر می‌باشیم. این توزیع‌ها ممکن است از یک مدل حرکتی مشخص یا از داده‌های تجربی به صورت تقریبی بدست آورده شود. در این رابطه فرض‌های زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱- تابع چگالی احتمال سرعت کاربر مشخص می‌باشد

۲- فرایند حرکت کاربر به این صورت است که در هر مرحله با احتمال p به سمت راست و با احتمال q به سمت چپ حرکت می‌کند. فرض می‌شود جابجایی در هر مرحله x باشد. بنابراین در هر مرحله کاربر با احتمال $1-p-q$ در محل قبلی باقی می‌ماند. هر مرحله t واحد زمان طول می‌کشد. اگر کاربر در زمان $t=0$ در موقعیت $x=0$ باشد آنگاه تابع چگالی احتمال گوسی مکان کاربر از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P_{x(t)}(x(t)) = (\pi D_t)^{-0.5} e^{-k(x-vt)*(x-vt)/D_t}$$

که هر دو تابعی از زمان و فاصله می باشند. $v=(p-q)(x/t)$ سرعت رانش می باشد. و $D=2((1-p)p+(1-q)q+2pq)(x^2/t)$ ضریب نفوذ می باشد.

که هر دو تابعی از زمان و فاصله می باشند.

۳- زمان در آخرین مکان شناخته شده منقضی می گردد

۴- فرایند paging نسبت به سرعت حرکت کاربر به اندازه کافی سریع می باشد.

با توجه به موارد ذکر شده، الگوریتم paging هوشمند به صورت زیر می باشد، این الگوریتم هنگام

تقاضای paging (PR^۱) اجرا می شود.

```

While PR is attached {
while MT is not busy {
if current traffic load exceeds threshold traffic
load {
initialize the incremental counter i = 0;
select the proper PA;
page within the selected PA;
if reply against PR received
then stop;
else {
while (i maximum value of incremental counter i)
do {
page within another PA;
increase the incremental counter i = i + 1;
}
}
}
else
apply blanket paging;
}
}

```

این استراتژی هوشمند، سلول های داخل یک LA را که شامل S سلول است را به هنگام برقراری تماس به یک احتمال خطی نگاهت می کند. این نگاهت به فاکتورهایی نظیر حرکات کاربر، سرعت پروفایل، آمار تماس های برقرار شده با کاربر و وضعیت کاربر در آن لحظه بستگی دارد. به این روال Attachment گفته می شود. اگر کاربر detach شده باشد آنگاه PR کنسل می شود. اگر کاربر مشغول باشد، آنگاه ارتباطی بین شبکه و کاربر برقرار است و نیازی به با PR نمی باشد. اگر کاربر آزاد باشد، آنگاه فرایند PR اجرا می شود تا

^۱Paging Request

محل کار بر شناسایی شود. در paging هوشمند، شبکه، احتمال حضور کاربر در سلول‌های مختلف را مشخص می‌کند و این احتمالات به صورت نزولی مرتب می‌گردند. با توجه با این احتمالات، هنگام نیاز به paging، سلول‌ها بر حسب احتمال حضور کاربر جستجو می‌گردند. در هر سیکل Paging، MSC به صورت مستقل PRهای ذخیره شده در بافر را سرویس می‌دهد. با توجه به سیاست در نظر گرفته شده برای انتساب، به هر یک از تقاضاهای موجود در بافر، یک سلول اختصاص می‌یابد. راه‌های متنوعی برای این انتساب وجود دارد که در ادامه دو روش را شرح می‌دهیم [۶،۲].

اگر فرض کنیم اندازه بافر n باشد و تعداد PAها k باشد و آنها را به صورت A_1, A_2, \dots, A_k نامگذاری شوند، می‌توان نوشت که $A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_k = S$ و $A_i \cap A_j = \emptyset$. این دو عبارت به این مفهوم است که PAها با هم اشتراکی ندارند و اجتماع آنها کل LA می‌شود. عمل paging و پکت‌های مربوط به تخصیص کانال به صورت مالتی‌پلکس شده در کانال forward قرار می‌گیرند. نرخ paging نمایانگر متوسط تعداد پکت‌های paging می‌باشد که از BS در واحد زمان دریافت می‌گردد. همزمان با اینکه کاربر به صورت پیوسته کانال مربوط به paing را مانیتور می‌کند، (تا چک کند که آیا paging رخ داده یا خیر؟) توزیع کننده در MSC که قسمتی از MM^{۲۲} است، PRها را با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از سیکل‌های بدست آمده قبلی به BSها تخصیص می‌دهد. به محض اینکه یک کاربر یافت شد، PR متناظر با آن از بافر حذف می‌شود و PR جدیدی جایگزین آن می‌شود. عملکرد توزیع کننده این است که PRها را به PAها نگاهت کند.

بسته به نوع polling دو روش جستجو وجود دارد که ترتیبی و موازی-ترتیبی می‌باشند. در polling به صورت ترتیبی، در هر سیکل فقط یک سلول poll می‌شود. با توجه به محدودیتهای که در مورد حداکثر تاخیر وجود دارد، به جای poll کردن یک سلول در هر زمان، مجموعه‌ای از سلول‌ها poll می‌شوند که به این روش PSIP^{۲۳} گفته می‌شود که حالت خاصی از SIP^{۲۴} است.

شبکه در ابتدا چک می‌کند که آیا نیازی به اعمال paging چند مرحله‌ای وجود دارد یا خیر؟. این تصمیم بر اساس بار ترافیکی فعلی شبکه است. به صورت معمول، زمانی از paging چند مرحله‌ای استفاده می‌شود که میزان بار ترافیک از یک حد آستانه‌ای بیشتر باشد.

^{۲۲} Mobility Manager

^{۲۳} Parallel-o-Sequential Intelligent Paging

^{۲۴} Sequential Intelligent Paging

در اولین مرحله، شبکه تصمیم می‌گیرد که آیا کاربر نیازی به page شدن دارد یا خیر؟ سپس شبکه نوع paging را مشخص می‌کند (چند مرحله‌ای یا یک مرحله‌ای). ضریب دانه‌درشتی^{۲۵} که با K نمایش داد به صورت زیر تعریف می‌شود

$$K = (\text{تعداد سلولهای یک LA}) / (\text{تعداد سلولهایی که در هر سیکل Poll می‌شود})$$

بزرگترین مقدار K، یک می‌باشد و زمانی رخ می‌دهد که تمام سلولهای LA در یک سیکل Poll شوند. ضریب دانه درشتی برای SIP برابر (تعداد سلولهای LA) $K^{SIP} = 1 /$ برابر (تعداد سلولهای LA) $K^{PSIP} =$ فرض می‌کنیم که کاربر همیشه به سیگنال Paging پاسخ می‌دهد با وجود این ممکن است حالاتی رخ دهد که کاربر به محل را ترک کند ولی توزیع کننده تشخیص ندهد، با این وجود توزیع کننده در MSC قادر است که BS مربوط به آن را بیابد و PR را برای آن سلول اجرا کند. چنین حالتی زمانی رخ می‌دهد که تعداد PRهایی که به یک BS انتساب داده شده است، بیشتر از تعداد کانالهایی باشد که در یک سیکل می‌توان استفاده کرد. از آنجا که برای هر BS، فقط 1 کانال paging جود دارد، PRهایی که از این مرز بیشتر می‌شوند، بلوکه می‌شوند. و سعی می‌شود در سیکل بعدی برای آن BS ارسال گردند. از آنجا که کاربر صدا زده شده، ممکن است در سلولی واقع باشد که دارای بار ترافیکی بیش از حد باشد اما PR آن بلوکه شده باشد بنابراین، توزیع کننده باید تعداد جستجوهای که برای هر PR انجام شده را نگهداری کند. در این روش هوشمند ممکن است به علت پیشبینی غلط تعدادی از pagingها با شکست مواجه شود، در این صورت برای یافتن کاربر به مراحل بیشتری نیاز می‌باشد. عدم موفقیت‌های متوالی در Pagingها باعث کاهش کارایی شبکه به اندازه غیر قبولی از لحاظ تاخیر paging می‌گردد. علاوه بر این هزینه paging با هر عدم موفقیت بیشتر می‌شود. در چنین حالتی گریزی از استفاده یک مرحله ای برای paging نیست.

۴-۳-۱ Sequential Intelligent Paging

در این رویکرد، در هر زمان فقط یک سلول poll می‌شود و این کار ادامه می‌یابد تا اینکه کاربر یافته شود یا اینکه timeout رخ دهد. ترتیب poll کردن سلولها بر اساس احتمال حضور کاربر در آن سلول می‌باشد. اگر عمل paging در سلولی موفقیت آمیز نبود، این عمل در سلول دیگری که تا کنون poll نشده

^{۲۵} granularity

است ادامه می‌یابد. این عمل ممکن است در یک مرحله یا بیش از یک مرحله کامل گردد. الگوریتم paging متوالی به صورت زیر است:

STEP 1: When an incoming call arrives, calculate the occupancy probability vector, [P] of an MT for the cells in the LA based on the probability density function, which characterizes the motion of the MT;

STEP 2: Sort the elements of [P] in descending order;

STEP 3.0: FLAG = False;

i = 1;

STEP. 3.1: Poll the ith cell for i(S);

STEP. 3.2: If the MT is found

FLAG = True;

Go to ENDSTEP;

STEP. 4.0:

If timeout occurs

Go to ENDSTEP;

Else

i = i + 1;

Go to STEP 3.1;

Endif

ENDSTEP: If FLAG = True

"Declare Polling is Successful";

Else

"Declare Polling is Unsuccessful";

Endif

در MSC نیاز به یک پردازش بیشتر نیز وجود دارد، که باعث ایجاد تاخیر ذاتی می‌گردد. (قبل از اینکه PR به BS ارسال گردد). این تاخیر برای یافتن احتمال وجود کاربر در سلولهای مختلف و مرتب کردن آنها می‌باشد. BS از این لیست مرتب شده برای بدست آوردن ترتیب سلول‌هایی که باید poll شوند استفاده می‌کند. این تاخیر به زمان فرایند call setup اضافه می‌شود [۹،۱۰].

PSIP ۲-۳-۴

PSIP حالت خاصی از SIP است که $K=1$ باشد. در این روش به جای اینکه در هر سیکل فقط یک سلول poll شود، LA به چندین PA تقسیم بندی می‌شود و PA ها به صورت متوالی poll می‌گردند. حسن این روش این است که باعث بهبود سرعت یافتن کاربر و در نتیجه کاهش هزینهٔ paging و بار سیگنالها می‌شود. تعداد مراحل طی می‌شود تا کار به اتمام رسد به حداکثر تاخیر قابل قبول برای paging بستگی دارد. کاربردی بودن این روش به تعداد عدم موفقیت‌ها در پیشینی محل کاربر بستگی دارد. در چنین حالتی نیاز به چندین مرحله برای یافتن کاربر میباشد. برای رفع کاهش کارایی شبکه در این وضعیت، شبکه باید

تضمین کند که آرایش PAها به گونه‌ای باشد که احتمال وجود کاربر در آنها بالا باشد. الگوریتم این روش paging به صورت زیر است:

```
STEP 1: When an incoming call arrives, find out the current state of the called MT;
STEP 2: If MT is detached PR is cancelled;
        Go to ENDSTEP;
    Else
        If MT is busy (location is known)
            go to ENDSTEP;
        Else
            Find granularity factor K;
    Endif
STEP 3: If granularity factor is 1 Poll all the cells;
        go to ENDSTEP;
    Else
        find out [P] , the occupancy probability vector of the MT for the cells in the
        LA, based on the probability density function which characterizes the motion of
        the MT;
    Endif
STEP 4: Sort the elements of [P] in descending order;
        Set all the cells as unmarked ;
STEP 5.0: Select a proper PA consisting of "unmarked" cells for which  $p_i > P_{SFP}$ ;
        FLAG = False;
STEP 5.1: Poll ith cluster and label the cells in ith cluster as marked
STEP 5.2: if the MT is found
        FLAG = True;
        Go to ENDSTEP;
STEP 6.0:
    If timeout occurs
        Go to ENDSTEP;
    Else
        Go to STEP 5.0;
    Endif
ENDSTEP: If FLAG = True
        Declare: "Polling is Successful" ;
    Else
        Declare: "Polling is Unsuccessful" ;
    Endif
```

۴-۴ مقایسه هزینه‌های paging

در روش Blanket paging به محض تقاضای برقراری تماس، پیام paging توسط تمام BSهای موجود در LA در محیط پخش می‌گردد، یعنی اینکه تمام سلول‌های واقع در LA به صورت همزمان poll می‌کنند تا

کاربر را بیابند. بنابراین هر کاربر S بار poll می‌شود تا موقعیتش کشف شود. هزینه Polling در هر سیکل از رابطه زیر بدست می‌آید [۲].

$$C_p^{CONV} = SA_{cell} \rho \mu T_p B_p$$

هدف از استراتژی SIP شرح داده شده، کاهش قابل ملاحظه بار سیگنال‌های رادیویی در هنگام paging می‌باشد. PRها با توزیع پواسن وارد بافر MSC می‌گردند و توزیع کننده، PRها را به BS مناسب ارسال می‌کنند. PRها وارد صف می‌شوند و بر اساس روش FCFS با نرخ متوسط سرویس داده می‌شود. نتیجه ممکن است شکست یا موفقیت باشد. نتیجه poll کامل شده به کنترل کننده آن در BS برمی‌گردد تا در آینده عمل مناسب را انجام دهد. همانطور که اشاره شد، در هنگام paging ممکن است کاربر یافت نشود. همچنین ممکن است تعداد کانالهای paging برای یافتن کاربر در یک سیکل مشخص کافی نباشد یا جستجو در یک سلول با شکست روبرو گردد. در هر دو صورت فرایند paging باید در بیش از یک سیکل انجام گردد. بنابراین هزینه paging از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_p^{SIP} = K^{SIP} SA_{cell} \rho \mu (1+z) T_p B_p$$

Z در رابطه فوق، برای در نظر گرفتن تعداد شکستها در سیکل قبلی می‌باشد. علت در نظر گرفتن این پارامتر به این دلیل است که Z به نرخ موفقیت و زمان timeout و تعداد کانالهای فراهم شده برای paging در هر BS بستگی دارد. در استاندارد GSM فرض شده است که کانال کافی برای paging وجود دارد به همین دلیل مقدار Z صفر در نظر گرفته می‌شود. در بهترین حالت (زمانی که کاربر در اولین سیکل polling یافت شود) Z صفر می‌باشد و در بدترین حالت، تمام سلولهای واقع در یک LA بایستی Poll شوند تا کاربر یافت شود. در این حالت بیشترین تاخیر را خواهیم داشت. اگر کاربر در سلولی واقع شده باشد که دارای کمترین احتمال حضور باشد و درست در لحظه‌ای که عمل polling در یک سلول دیگر تمام شده است وارد آن سلول گردد آنگاه کاربر در هیچ یک از سلولهای یافته نمی‌شود. این مسئله زمانی هم که تعداد سلولها در یک LA زیاد باشد و احتمال حضور کاربر در سلولها با هم مساوی نباشد و تحرک کاربر زیاد باشد باز هم ممکن است رخ دهد. در این حالت تماس قطع می‌شود یا اینکه تمام سلولهای LA مجدداً جستجو می‌گردد. بنابراین مقدار k با Z ارتباط معکوس دارد. به همین دلیل مقدار k معمولاً بزرگتر از یک در نظر گرفته می‌شود تا از وقوع چنین سناریوهایی جلوگیری گردد [۱۰، ۱۱].

هزینه paging در هر سیکل PSIP از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C_p^{SIP} = K^{SIP} SA_{cell} \rho \mu (1+z) T_p B_p$$

در رابطه فوق، برای در نظر گرفتن تعداد شکستها در سیکل قبلی می‌باشد. همچنین مقدار k طوری انتخاب می‌شود که $P_{SFP} > 0.9$ شود. مقدار بهینه k ، بستگی به حالت‌های مختلف دارد و نمی‌توان برای آن مقدار ثابتی بدست آورد.

۴-۵ طرح‌های دیگری برای Paging

فرض کنید در یک سیستم هر LA از تعداد مساوی N سلول تشکیل شده باشد. و در بدترین حالت، تاخیر D باشد (بر حسب تعداد سیکل‌های polling). زمانی که D برابر ۱ باشد، سیستم باید کاربر را در یک سیکل بیابد که لازمه آن poll کردن همه سلولها به صورت همزمان می‌باشد و هزینه paging، که مساوی تعداد سلولهای poll شده می‌باشد، برابر N می‌باشد. در این حالت متوسط تاخیر paging مینیمم می‌باشد که برابر ۱ است و متوسط هزینه paging ماکزیمم می‌باشد $C=N$. از طرف دیگر زمانی که $D=N$ باشد سیستم در هر سیکل فقط یک سلول را poll می‌کند و تمام سلولها یکی یکی جستجو می‌گردند. بنابراین بدترین حالت زمانی رخ می‌دهد که کاربر در آخرین سلول یافت شود که در این حالت تاخیر برابر N می‌باشد که بیشترین مقدار است. در این وضعیت هزینه paging با در نظر گرفتن احتمال حضور کاربر در سلولها کاهش می‌یابد.

فرض کنید سلولهای LA به گروه‌هایی کوچکتری به نام PA تقسیم بندی شوند تا تاخیر در حد D حفظ گردد. $1 \leq D \leq N$. در یک زمان مشخص حالت اولیه P به صورت $P=[p_1, p_2, \dots, p_N]$ تعریف شود. که p_j احتمال حضور کاربر در سلول j می‌باشد. سه تایی $PA(i, q_i, n_i)$ به این صورت تعریف می‌کنیم که i نشان دهنده شماره ترتیب PA می‌باشد، q_i احتمال حضور کاربر در PA می‌باشد. و n_i تعداد سلولهایی است که در این PA واقع می‌باشند. در شکل ۸، LA به D تا PA تقسیم شده است چون حد تاخیر D در نظر گرفته شده است [۱۶]. بنابراین در بدترین حالت، تاخیر، D می‌باشد. سیستم PA ها را یکی یکی پشت سر هم جستجو می‌کند تا کاربر را بیابد. مطابق آنچه گفته شد، q_i از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$q_i = \sum_{j \in PA(i)} p_j$$

اگر کاربر در PA شماره I یافت شود آنگاه متوسط هزینه paging تحت محدوده تاخیری D به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E[C(D)] = \sum_{i=1}^D q_i \sum_{k=1}^i n_k$$

و متوسط تاخیر از رابطه زیر بدست می‌آید:

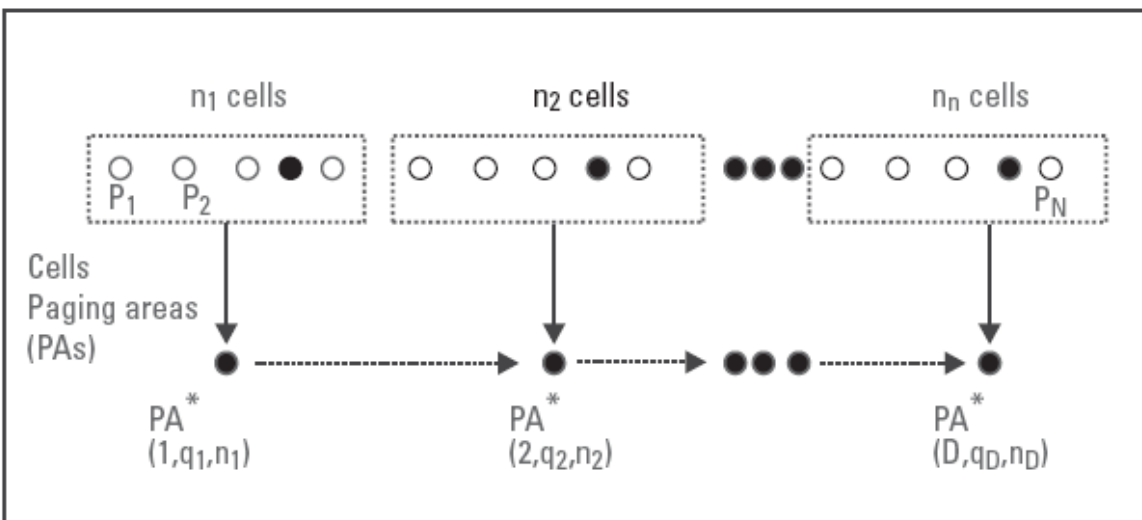
$$E[D(D)] = \sum_{i=1}^D iq_i$$

تابع توزیع احتمال کاربر از راه‌های مختلفی می‌توان بدست آورد. سه روش پایه، برای بدست آوردن این احتمال وجود دارد که عبارتند از:

محاسبات جغرافیایی: در این روش با توجه به مختصات جغرافیایی و موقعیت کاربر و سرعت وی، موقعیت بعدی کاربر بدست آورده می‌شود. و با توجه به آن احتمال وجود کاربر در مختصات دیگر بدست آورده می‌شود [۱۶].

داده‌های تجربی: الگوهای حرکتی کاربر قابل جمع آوری می‌باشد. به عنوان مثال پروفایل کاربر توسط سه پارامتر چه ساعتی از روز، چه روزی در هفته و موقعیت جغرافیایی قابل بدست آوردن است. یکی از راه‌های بدست آوردن احتمال حضور کاربر به این صورت است که فرض کنید در یک بازه زمانی تعداد کل رکوردهای انجام شده برای کاربر n باشد و تعداد رکوردهای ثبت شده برای هر یک از سلول‌ها به ترتیب x_1, x_2, \dots, x_n باشد. بنابراین می‌توان احتمال حضور کاربر در سلول i ام را x_i/n در نظر گرفت.

مدل‌های ریاضی: در این روش معمولاً از مدل‌های random walk، fluid flow و semi markov model استفاده می‌شود. مدل random walk برای حرکت‌هایی که بصورت پیاده‌روی می‌باشد مناسب است و دو مدل دیگر برای مدل کردن حرکاتی مناسب است که با وسایل نقلیه صورت می‌پذیرد. در ادامه سه رویکرد مختلف برای paging شرح داده می‌شود.



شکل ۸: تقسیم LA به PA

۴-۶ Reverse Paging

این رویکرد برای وقتی طراحی شده است که کاربر اکثراً در تعداد محدودی سلول یافت می‌شود. در این حالت LA را به D عدد PA تقسیم بندی می‌کنیم. نحوه قرار دادن سلولها در این PAها به این صورت است که D-1 سلول که احتمال حضور کاربر در آنها بیشترین مقدار را دارد، هر کدام را در یک PA قرار می‌دهیم. و مابقی سلولهای باقیمانده را در آخرین PA قرار می‌دهیم. بنابراین D-1 تا از PAها هر یک فقط حاوی یک سلول هستند و یکی از PAها حاوی N-D+1 سلول باقیمانده می‌باشد [۱۶]. متوسط هزینه paging در این روش از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$E[C_r(D)] = \sum_{j=1}^{D-1} jP_j + N \sum_{j=D}^N p_j$$

و متوسط تاخیر از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E[D_r(D)] = \sum_{j=1}^{D-1} jp_j + D \sum_{j=D}^N p_j$$

۴-۷ روش Semi Reverse paging

همانطور که متوسط هزینه paging را می‌توان با جستجوی سلولها به ترتیب احتمال حضور آنها کاهش داد، اگر محدودیت تاخیر D اعمال نشود، به صورت ذاتی، متوسط هزینه را می‌توان با جستجوی PAها به ترتیب کاهش احتمال حضور کاربر مینیمم کرد. در روش semi reverse مجموعه‌ای از PAها ایجاد می‌گردند. در اولین مرحله دو سلولی که دارای کمترین احتمال حضور کاربر می‌باشند در یک PA قرار می‌گیرند. سپس همه PAها مرتب می‌شوند و دو PA که دارای کمترین احتمال حضور کاربر هستند با هم ترکیب و به یک PA تبدیل می‌شوند. این روند ادامه می‌یابد تا اینکه تعداد PAها به D برسد. اگر دو PA دارای احتمال حضور مساوی بودند آنگاه PA که دارای تعداد کمتری سلول است اولویت بیشتری می‌یابد. متوسط هزینه paging در این روش از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$E[C_s(D)] = \sum_{i=1}^D S_i q_i$$

و متوسط تاخیر از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E[D_s(D)] = \sum_{i=1}^D i q_i$$

در این روش ممکن است سلولی که دارای احتمال کمتری است قبل از سلول با احتمال بیشتر جستجو گردد چون در حین روال دسته بندی PAها احتمال جابجا شدن وجود دارد. بنابراین ممکن است هزینه paging مینیمم نگردد. برای مینیمم کردن این هزینه از روش uniform استفاده می گردد [۱۶].

۴-۸ Uniform Paging

در این رویکرد LA به یکسری PA تقسیم بندی می شود که تعداد سلولها در PAها تقریباً مساوی باشد. روش به این صورت است که:
ابتدا تعداد سلولها در هر PA بدست آورده می شود.

$$n_0 = \left\lfloor \frac{N}{D} \right\rfloor, \text{ where } N = n_0 D + k$$

مجموعه PAها را به صورت این صورت مشخص می کنیم: $PA_u(1, p_1, 1), PA_u(D, q_D, n_D), \dots, PA_u(2, p_2, 1)$. با توجه به اینکه تقسیم N بر D ممکن است باقیمانده بیاورد. اگر باقیمانده را k فرض کنیم آنگاه تعداد (D-k) از PAها هر کدام دارای n_0 سلول و k تای آنها هر یک دارای n_0+1 سلول هستند. شبکه PAها را به صورت ترتیبی و پشت سر هم poll می کند تا کاربر را بیابد.

مثال

فرض کنید ۱۰ سلول در یک LA قرار داشته باشند و احتمال حضور کاربر در هر یک از این سلولها مطابق جدول ۱ باشد و مقدار $D=4$ در نظر گرفته شود. در شکل ۹ ترتیب اولیه سلولها بر حسب کاهش احتمال نمایش داده شده است. اگر محدودیت زمانی برای یافتن کاربر نداشته باشیم، می توان هر سلول را معادل یک PA فرض کرد. و سیستم در هر سیکل یکی از سلولها را جستجو می کند. در این حالت بدترین تاخیر زمانی معادل ۱۰ می باشد. متوسط هزینه تاخیر و paging به صورت زیر بدست می آید:

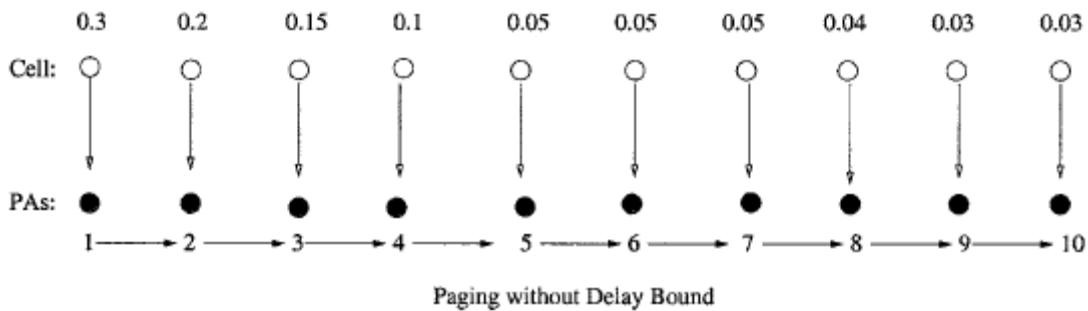
$$C_{\min} = \sum_{j=1}^{10} j p_j = 3.34$$

$$D_{\max} = \sum_{j=1}^{10} j p_j = 3.34$$

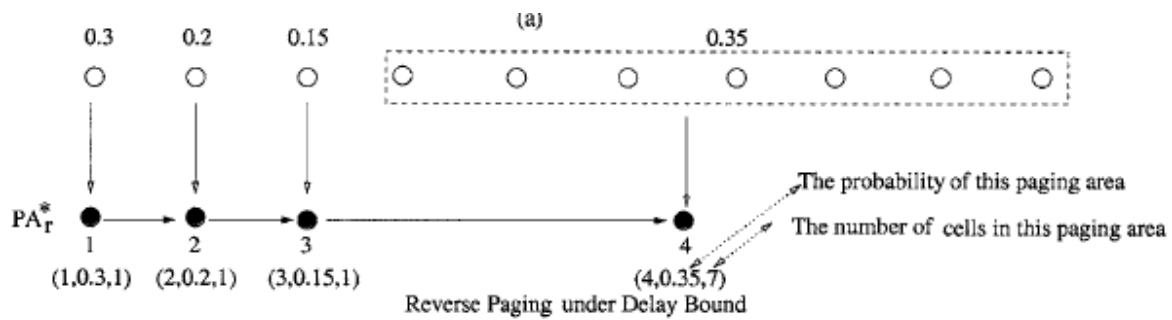
اگر برای یافتن کاربر از رویکرد broadcast استفاده شود آنگاه $C_{\max}=10$ و $D_{\min}=1$ می شود. در شکل ۱۰ روش Reverse paging نمایش داده شده است. در این حالت ۳ سلولی را که دارای بالاترین احتمال هستند را به عنوان سه PA در نظر گرفته ایم و هفت سلول باقیمانده را در یک PA دیگر قرار داده ایم.

جدول ۱: احتمال حضور کاربر در PA

Page area	Sequence number j	Location probability p_j	Number of cells
PA ₁	1	0.3	1
PA ₂	2	0.2	1
PA ₃	3	0.15	1
PA ₄	4	0.10	1
PA ₅	5	0.05	1
PA ₆	6	0.05	1
PA ₇	7	0.05	1
PA ₈	8	0.05	1
PA ₉	9	0.03	1
PA ₁₀	10	0.03	1



شکل ۹: یافتن کاربر بدون محدودیت زمانی



شکل ۱۰: یافتن کاربر به روش Reverse با وجود محدودیت زمانی

متوسط تاخیر و هزینه به صورت زیر است:

$$E[C_s(\mathcal{D})] = \sum_{i=1}^4 s_i q_i = 5.5,$$

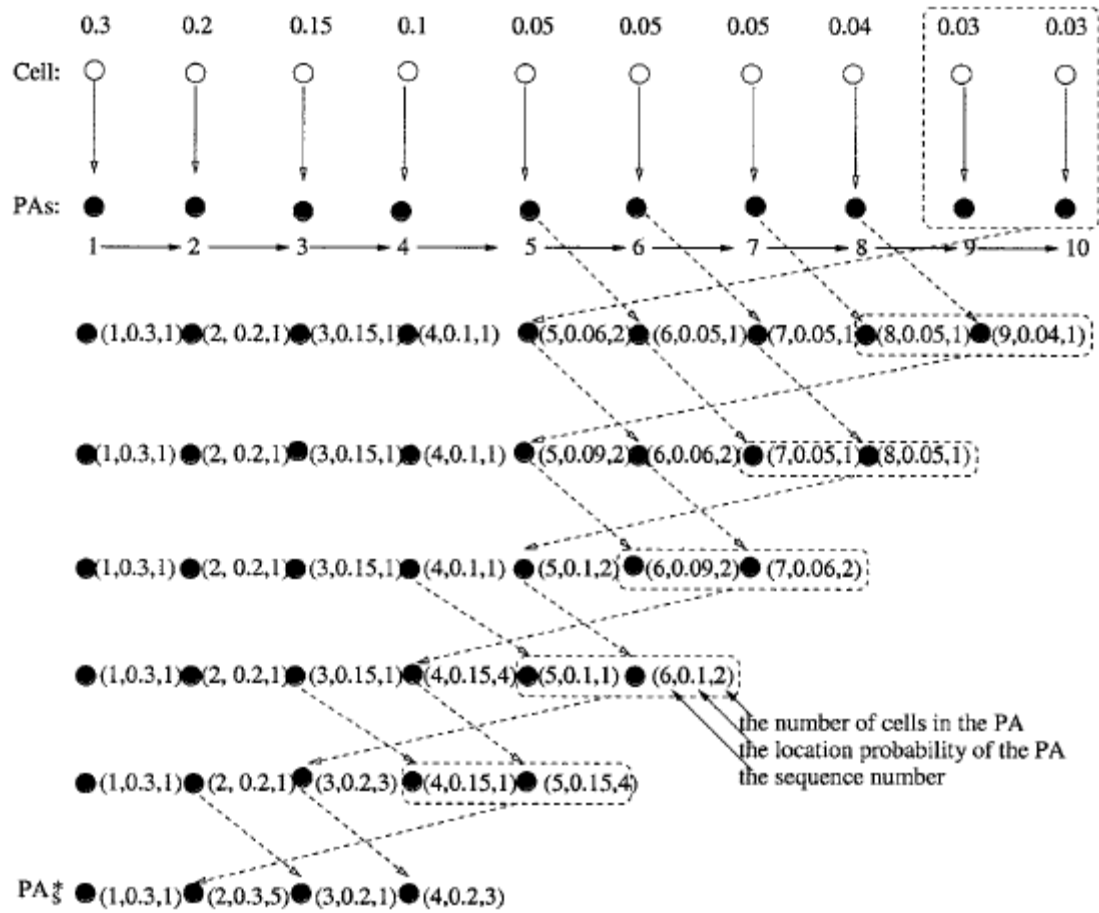
$$E[D_s(\mathcal{D})] = \sum_{i=1}^4 i q_i = 2.3.$$

همانطور که در شکل ۱۱ نمایش داده شده است، در روش semi reverse دو سلولی که دارای کمترین احتمال هستند با هم ترکیب شده اند و یک PA جدید بوجود آورده اند با احتمال $(0.03+0.03=0.06)$. سپس PAها به صورت نزولی مرتب شده اند. در سومین سطر شکل ۱۱ PA جدید منتقل شده است به جلوی همه PAهایی که دارای احتمال کمتر از 0.06 هستند. و این کار ادامه یافته است تا تعداد PAها به ۴ رسیده است. متوسط زمان تاخیر و هزینه به صورت زیر است:

$$E[C_r(\mathcal{D})] = \sum_{j=1}^3 j p_j + 10 \sum_{j=4}^{10} p_j = 4.65$$

$$E[D_r(\mathcal{D})] = \sum_{j=1}^3 j p_j + 4 \sum_{j=4}^{10} p_j = 2.55.$$

The Initial Location Probability:



شکل ۱۱: متوسط هزینه Paging، با وجود محدودیت زمانی به روش Semi Reverse

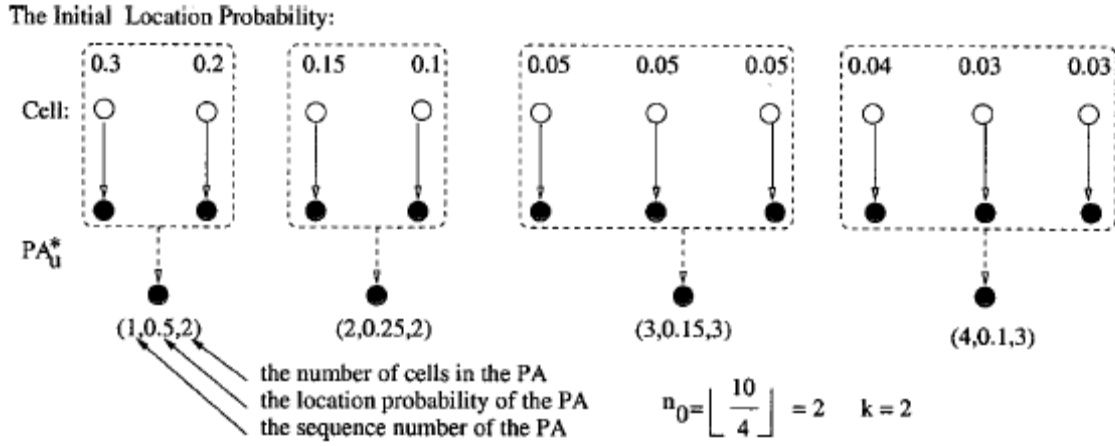


Figure 4. The average paging cost under delay bound \mathcal{D} using uniform paging.

شکل ۱۲: تقسیم LA به PA و PA به LA

در روش Uniform ، $n_0=2$ و $k=2$ می شود. بنابراین برای ۲ PA ی اول تعداد سلولها ۲ می باشد و برای دو PA بعدی تعداد سلولها سه می باشد. متوسط زمان تاخیر و هزینه به صورت زیر است:

$$E[C_u(\mathcal{D})] = 2 \sum_{j=1}^2 p_j + 4 \sum_{j=3}^4 p_j + 7 \sum_{j=5}^7 p_j + 10 \sum_{j=8}^{10} p_j$$

$$= 4.05, \quad (16)$$

$$E[D_u(\mathcal{D})] = \sum_{j=1}^2 p_j + 2 \sum_{j=3}^4 p_j + 3 \sum_{j=5}^7 p_j + 4 \sum_{j=8}^{10} p_j$$

$$= 1.85. \quad (17)$$

۵ نتیجه گیری

در این تحقیق ابتدا سیر تکاملی شبکه‌های بیسیم تشریح شد و مشاهده شد که شبکه‌های بیسیم به دو دسته ثابت و متحرک تقسیم می‌شوند. شبکه‌های بیسیم ثابت، دارای قابلیت تحرک نیستند و معمولاً به صورت نقطه به نقطه هستند (مثل شبکه‌های مایکروویو). شبکه‌های بیسیم متحرک، خود به دو دسته تقسیم می‌شوند: شبکه‌های دارای ساختار (سلولی) و شبکه‌های بدون ساختار (Ad hoc) هدف هر دو شبکه سرویس دهی و دسترسی به اطلاعات در هر زمان و در هر مکان می‌باشد. در شبکه‌های سلولی یکی از مسایل مهم تعیین محل کاربر می‌باشد دو مکانیزم پایه‌ای که برای مشخص کردن مکان فعلی کاربر به کار می‌رود عبارتند از: Location Update و Paging. وظیفه LM، در یک شبکه یافتن یک حالت تعادل بین این دو مکانیزم می‌باشد. Location Update به سیستم اجازه می‌دهد که اطلاعاتی در مورد مکان کاربر داشته باشد. سیستم به هنگام تقاضای برقراری تماس با این کاربر، از این اطلاعات که ممکن است خیلی دقیق یا دقت کمی داشته باشد، استفاده می‌کند تا مکان کاربر را بیابد. تا کنون راه حل‌های زیادی برای این دو مکانیزم و یافتن حالتی بینابین و بهینه ارائه گردیده ولی این مسئله فقط یک جواب بهینه ندارد و وابسته به شرایطی نظیر چگونگی حرکت و نرخ تماسهای برقرار شده می‌باشد. هم اکنون اکثر روشهایی که ارائه می‌شوند مبتنی بر هوشمند کردن این مکانیزمها می‌باشد. تا بر اساس پارامترهای سیستم راه حل بهینه تعیین شود.

۶ مراجع

[۱] اندروس-تننام، شبکه‌های کامپیوتری، ویرایش چهارم. ترجمه دکتر حسین پدرام. ص ۱۵۵ تا ۱۵۸

- [2] Amitatava M. "Location management and routing in mobile wireless network"
- [3] Quintero A. "A Profile-Based Strategy for Managing User Mobility in Third-Generation Mobile Systems" *IEEE Communications Magazine* • September 2004
- [4] Demirkol I., Ersoy, C. "Location Area Planning and Cell-to-Switch Assignment in Cellular Networks" *IEEE Trans on wireless communication, VOL. 3, NO. 3, MAY2004*
- [5] Ramanathan S., and Martha Steenstrup, "A Survey of Routing Techniques for Mobile Communications Networks," 1996.
- [6] G.L. Lyberopoulos "Intelligent paging Strategies for 3G mobile telecommunication System" National technical university of Athens.
- [7] Bar-Noy, A., and I. Kessler, "Tracking Mobile Users in Wireless Communications Networks," *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. 39, No. 6, 1993.
- [8] Bar-Noy, A., I. Kessler, and M. Sidi, "Mobile Users: To Update or Not To Update?" *Wireless Networks*, Vol. 1, No. 2, 1995.
- [9] Rose, C., and R. Yates, "Minimizing the Average Cost of Paging Under Delay Constraints," *Wireless Networks*, Vol. 1, Feb. 1995.
- [10] Akyildiz, Ian F., and Joseph S. M. Ho, "A Mobile User Location Update and Paging Mechanism Under Delay Constraints, *Proc. of ACM SIGCOMM*, Cambridge, MA, 1995.
- [11] Jain, R., et al., "A Caching Strategy To Reduce Network Impacts of PCS," *IEEE J. on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 8, 1994.
- [12] Ho, J. S. M., and I. F. Akyildiz, "Local Anchor Scheme for Reducing Location Tracking Costs in PCNs," *Proc. of ACM MOBICOM*, Berkeley, CA, 1995.
- [13] Awerbuch, B., and D. Peleg, "Concurrent Online Tracking of Mobile Users," *Proc. of ACM SIGCOMM*, Zurich, Switzerland, 1991
- [14] Anantharam, V., et al, "Optimization of a Database Hierarchy for Mobility Tracking in a Personal Communications Network," *Performance Evaluation*, Vol. 20, 1994
- [15] Hivakumar, N., and J. Widom, "User Profile Replication for Faster Location Lookup in Mobile Environments," *Proc. of ACM MOBICOM*, Berkeley, CA, 1995
- [16] Wang, Wenye, Ian F. Akyildiz, and Gordon L. Stüber, "Effective Paging Schemes with Delay Bounds As QoS Constraints in Wireless Systems," *Wireless Networks*, Vol. 7, 2001