

چالش‌های طراحی سیستم‌های پردازش تحلیلی برخط در محیط‌های سیار

مصطفی امینی^۱، شاهین آقایی^۲، محمدرضا کنگاوری^۳، ابوالفضل طرقي حقیقت^۴، علی عباس‌زاده^۵

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- نرم‌افزار، دانشگاه آزاد اسلامی اراک
اراک، ایران

Mostafa.Amini@yahoo.com

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات- شبکه‌های کامپیوتری، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین
قزوین، ایران

Shahin.Aghaee@gmail.com

^۳ استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران
تهران، ایران

Kangavari@IUST.ac.ir

^۴ استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین
قزوین، ایران

Haghighat@Qiau.ac.ir

^۵ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین
قزوین، ایران

A.Abbaszadeh@Qiau.ac.ir

چکیده

امروزه پیشرفت‌های چشم‌گیری در فناوری‌های محاسباتی همچون محاسبات سیار، محاسبات فراگیر و محاسبات همه‌جا حاضر انجام شده است. همراه با این پیشرفت‌ها، نیازهای جدیدی نیز در رابطه با استفاده از سیستم‌های هوشمند در محیط‌های سیار همچون کسب‌وکار سیار و دولت سیار مطرح شده‌اند. لذا در این مقاله، یکی از مفاهیم نوین در حوزه سیستم‌های هوشمند به نام Mobile OLAP یا سیستم پردازش تحلیلی برخط سیار تشریح می‌شود. هدف از این مقاله معرفی و بررسی مفاهیم، معماری‌ها و چالش‌های مطرح در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های OLAP سیار است.

کلمات کلیدی

محاسبات سیار، پایگاه داده چندبعدی، OLAP سیار، تحلیل توزیع شده، مکعب داده چندبعدی

حوزه فناوری اطلاعات شده است. در واقع یکی از مولفه‌های اصلی در سیستم‌های هوشمند، OLAP است [1].

بنابراین با توجه به مطرح شدن این نیازمندی‌های جدید در عرصه زندگی بشر، لزوم استفاده از سیستم‌های OLAP در محیط‌های سیار و هوشمند ضروری به نظر می‌رسد. به بیان دیگر، یکی از سرویس‌های هوشمند مهم و قابل توجه در مباحث نوین فناوری اطلاعات تحلیل-چندبعدی است. پیش‌بینی، کنترل، و تصمیم‌گیری فرآیندهایی هستند که به تحلیل‌های چندبعدی نیاز دارند. اصلی‌ترین سیستمی که امکان تحلیل چندبعدی^۳ را فراهم می‌کند OLAP است [2].

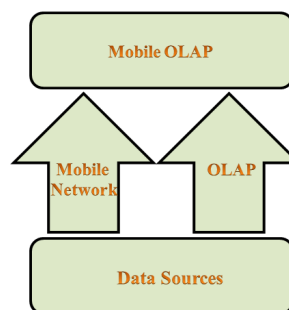
۱- مقدمه

امروزه رشد و گسترش روز افزون دستگاه‌های بی‌سیم قابل حمل (همچون تلفن همراه و کامپیوترهای قابل حمل) و قابلیت دسترسی افراد در هر کجا و در هر زمان به سرویس‌های ارائه شده روی آنها، این تجهیزات را به وسایلی مناسب برای ارائه انواع سرویس‌های الکترونیکی^۱ تبدیل نموده است. از سوی دیگر، به علت اهمیت ارائه سرویس‌های هوشمندانه و اخذ تصمیمات صحیح و واقع‌بینانه در حوزه‌های کاری مختلف (مثل کسب‌وکار و دولت) در سال‌های اخیر مفهوم OLAP^۲ تبدیل به یکی از زمینه‌های تحقیقاتی و کاربردی مهم در

لذا ضرورت استفاده از تحلیل‌های چندبعدی در مباحث نوین فناوری اطلاعات همچون کسب‌وکار سیار^۳ [3]، تجارت سیار^۴ [4]، دولت سیار^۵ [5]، و بانکداری سیار^۶ [6]، موجب پیدایش مفهوم جدیدی در حوزه سیستم‌های هوشمند به نام Mobile OLAP یا OLAP سیار شد.

بعنوان مثال یکی از کاربردهای OLAP سیار در کسب‌وکار سیار می‌تواند خرید سهام یک شرکت در بازار بورس توسط تلفن همراه باشد. OLAP سیار می‌تواند برای پیش‌بینی وضعیت آینده سهام یک شرکت و کمک به تصمیم‌گیری درباره خرید این سهام در بازار بورس مفید باشد. OLAP سیار می‌تواند از طریق انجام یکسری تحلیل‌های توزیع‌شده بر روی داده‌های تاریخی- بر مبنای شرایط بازار، سوابق بورس، شرایط کاربر منحصرفرد، و شرایط زمانی- گزارشاتی را برای کاربر فراهم نماید؛ و از این طریق بر فرآیند خرید سهام شرکت موردنظر در کسب‌وکار سیار به کاربر کمک نماید.

کاربردهای متنوعی برای سیستم OLAP سیار وجود دارد که ضرورت استفاده از آن را توجیه می‌کند. از جمله آنها عبارتند از: (۱) کمک به تصمیم‌گیری‌های همیارانه و مشارکتی در محیط‌های سیار و تیم‌های مجازی، (۲) انبار کردن داده‌ها بطور سیار^۸، (۳) انجام تحلیل‌های چندبعدی در محیط‌های هوشمند و فراگیر^۹، (۴) استفاده از سرویس‌های OLAP سیار در محاسبات همه جا حاضر^{۱۰}، (۵) انجام تحلیل‌های چندبعدی در کسب‌وکار سیار و دولت سیار مثل کمک به خرید و فروش سهام و انجام سایر امور مالی حساس به تحلیل، (۶) کاربردهای OLAP سیار در موضوعات نظامی همچون تحلیل اطلاعات و ارائه تصمیم‌های مناسب به فرماندهان، تحلیل و پیش‌بینی رفتارهای آینده دشمن، تحلیل وضعیت افراد و تجهیزات نظامی. همانطور که ما در شکل ۱ نشان داده ایم، بطور کلی موضوع OLAP سیار متشکل از سه مولفه اصلی می‌باشد: (۱) محاسبات و شبکه‌های سیار، (۲) سیستم‌های OLAP، و (۳) منابع داده‌ای توزیع-شده در محیط.



شکل (۱): مولفه‌های اصلی OLAP سیار

سیستم‌های OLAP معمولاً برای تولید گزارشات تحلیلی و آماری به منظور استفاده یکسری کاربران خاص بکار می‌روند درحالیکه سیستم‌های OLTP^{۱۱} برای انجام عملیات‌ها و تراکنش‌های روزمره سازمان مثل ورود و ثبت داده‌ها استفاده می‌شوند. لذا سیستم‌های OLAP ویژگی‌های خاصی دارند که آنها را از سیستم‌های OLTP متمایز می‌کند. بر همین اساس طراحی و پیاده‌سازی آنها نیز نیازمند

ویژگی‌های خاص متناسب با ماهیت این سیستم‌ها می‌باشد. بعنوان مثال، رویکرد سیستم‌های OLTP تراکنش‌گرا^{۱۲} و یا نهایتاً فرآیندگرا^{۱۳} است اما رویکرد سیستم‌های OLAP موضوع‌گرا^{۱۴} است. یعنی طراحی سیستم‌های OLAP (مثل استخراج بعدها) شدیداً وابسته به نوع و ماهیت کسب‌وکار است. بعنوان مثالی دیگر، به علت ماهیت نوع مدل داده‌ای^{۱۵} مورد استفاده در سیستم‌های OLAP، بعضی از الگوریتم‌های زمانبندی مورد استفاده در سیستم‌های OLTP قابل استفاده در این سیستم‌ها نیستند [17].

بنابراین در طراحی سیستم‌های OLAP سیار باید به این وجوه تمایز توجه وافر داشت. لذا این مقاله با هدف بررسی چالش‌های مطرح در طراحی سیستم‌های OLAP سیار بصورت زیر سازماندهی می‌شود. بعد از تشریح کارهای انجام شده، در بخش سوم مفهوم OLAP سیار معرفی می‌شود. سپس ویژگی‌های OLAP سیار از دو دیدگاه مختلف بررسی می‌شوند. در بخش چهارم انواع معماری OLAP سیار تشریح می‌گردد. چالش‌های مرتبط با OLAP سیار در بخش پنجم و حداقل-های لازم برای پیاده‌سازی این سیستم در بخش ششم بررسی می‌شوند. و نهایتاً از مطالب مذکور نتیجه گرفته خواهد شد.

۲- کارهای مرتبط

یکی از کاربردهای مهم OLAP کمک به اخذ تصمیمات سازمانی است. مقالات [11,9,8] به بررسی ایجاد تصمیم در محیط‌های کسب‌وکار سیار می‌پردازد. داده‌های مرتبط با اخذ تصمیم تجاری به شکل جدول-های خلاصه‌شده به سرویس‌گیرنده‌های سیار تحویل داده می‌شود. تجهیزات سیار باید مجهز به ابزارهای OLAP باشند تا بتوانند چنین سرویسی را اجرا کنند.

در [8] یک الگوریتم زمانبندی بلادرنگ بنام STOBS برای تحویل سریع جدول‌های خلاصه‌شده پیشنهاد شده است. این الگوریتم می‌تواند در تحویل سریع‌تر سرویس‌های OLAP در محیط سیار مفید باشد. در [14,13,12] به بررسی پرس‌وجوهای پشتیبانی از تصمیم شبکه‌های Ad-Hoc می‌پردازد. همچنین در [14,12] چارچوبی برای این پرس‌وجو‌ها ارائه شده است.

در [7] یک معماری از نوع سرویس‌دهنده-سرویس‌گیرنده بنام FCLOS برای سیستم OLAP سیار ارائه شده است. معماری FCLOS بر پایه یک زمانبندی هوشمند و فشرده سازی در انتقال داده‌های چندبعدی بنا شده است.

در [10] برای کاربرهای سیستم OLAP در محیط سیار یک پروفایل تعریف می‌کند. یک سیستم پروفایل‌کاربر (UPS) پرس-وجوها را با توجه به اولویت کاربر سرویس‌دهی می‌کند.

در [15] یک معماری به نام m-Dwarfs برای سیستم OLAP سیار معرفی شده است. در واقع این معماری برای یک سیستم یکپارچه انتشار داده‌های چندبعدی در OLAP سیار می‌باشد. در [15] هدف

دستیابی سیار به داده های چند بعدی است که شامل یک ساختار فیزیکی مکعبی از داده های چند بعدی می باشد. همچنین مقاله [11] روشی بنام Pull-Base برای سیستم OLAP سیار مطرح می کند.

۳- OLAP سیار

بر اساس تحقیقات ما در هیچ کدام از کارهای انجام شده یک تعریف جامع از OLAP سیار ارائه نشده است. بنابراین ما OLAP سیار را بصورت زیر تعریف می کنیم:

Mobile OLAP یک سیستم تحلیلی و توزیع شده بر روی تجهیزات بی سیم قابل حمل می باشد که به دنبال ارائه اطلاعات صحیح در زمان صحیح به افراد صحیح بر مبنای تحلیل های پیچیده چندبعدی و آماری توزیع شده و پویا بر روی داده های تاریخی و با توجه به شرایط جاری در محیط های سیار و ناپایدار است.

تعریف فوق Mobile OLAP را در حالت ایده آل تشریح می کند. منظور از اطلاعات صحیح ارائه اطلاعات در قالب گزارشات چندبعدی و بر مبنای نیازمندی ها و درخواست های کاربر است. زمان صحیح یعنی به پرس و جوهای کاربران باید در یک بازه زمانی مشخص پاسخ داده شود. افراد صحیح می توانند انسان ها، ماشین ها و حتی عامل هایی باشند که پرس و جویی را مطرح کرده اند و مستحق دریافت پاسخ پرس و جوی مطرح شده هستند. معمولاً OLAP بر روی انبار داده قرار می گیرد. پس وقتی OLAP سیار است، انبار داده می تواند دو حالت داشته باشد: (۱) انبار داده ثابت، (۲) انبار داده سیار. به عبارت دیگر، منابع داده ای مورد استفاده OLAP سیار (مثل انبار داده) می توانند به دو صورت باشند: (۱) ثابت (مثل انبار داده ای که بر روی یک سرور ثابت قرار دارد)، (۲) متحرک (مثل یک انبار داده سیار و توزیع شده بر روی تجهیزات سیار). محیط های سیار را از دیدگاه های مختلفی می توان مطرح کرد. یک دیدگاه، انواع محیط ها از لحاظ تحرک پذیری^{۱۶} است که در بخش ۴ تشریح خواهد شد. از دیدگاهی دیگر، محیط را می توان به دو نوع محیط بسته (مثل یک نمایشگاه عرضه مستقیم محصولات) و محیط باز (مثل یک بازار الکترونیکی در مقیاس جهانی) دسته بندی کرد.

انتظاری که از Mobile OLAP می رود این است که بتواند تحلیل های چندبعدی را در محیط هایی با شرایط خاص همچون سیار بودن، توزیع شدگی، و با حجم داده ای بالا و در یک محدودیت زمانی خاص انجام دهد.

سیستم های OLAP با سیستم های OLTP تفاوت های قابل توجه ای دارند. این تفاوت ها را می توان از دیدگاه های مختلفی مطرح کرد. بعضی از این وجه تمایزها عبارتند از: (۱) مدل داده ای، (۲) کاربران، (۳) عملیات های قابل اجرا، (۴) مقدار و حجم داده ها، و (۵) زمان پرس و جو. بعنوان مثال، با توجه به عملیات های تحلیلی و پردازش های سنگین معمولاً حجم داده هایی که در سیستم های OLAP استفاده

می شوند بیشتر از حجم داده های مورد استفاده در سیستم های OLTP است.

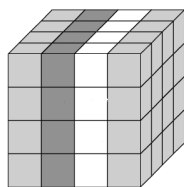
اما تمرکز این مقاله بر روی دو ویژگی مدل داده ای و عملیات های قابل اجرا است. به بیان دیگر، دو مورد اصلی از این تفاوت ها عبارتند از: (۱) تفاوت در مدل داده ای سیستم های OLAP، (۲) تفاوت در عملیات پرس و جو^{۱۷}. سیستم های OLAP سیار بر مبنای همین دو دیدگاه نیز می توانند متمایز از سیستم های OLTP سیار تصور شوند.

۳-۱- ویژگی های خاص OLAP سیار

با توجه به مطالب مذکور، ویژگی های منحصر بفرد OLAP سیار را می توان از دو دیدگاه دسته بندی نمود: (۱) دیدگاه مدل داده ای، و (۲) دیدگاه انجام پرس و جو.

▪ دیدگاه مدل داده ای

جهت طراحی و پیاده سازی OLAP می توان از دو مدل داده ای، به نام های مدل داده رابطه ای و مدل داده چندبعدی استفاده کرد. استفاده از مدل داده رابطه ای در OLAP سیار سبب بروز یکسری مشکلات مثل کاهش سرعت و افزایش تعداد عملیات ها می گردد. علت بروز این گونه مشکلات وجود رابطه های متعدد و انجام عملیات های مختلف بر روی رابطه ها و ماهیت پردازش های مورد انتظار از سیستم های OLAP می باشد. لذا بهتر است از مدل داده چندبعدی که مختص انجام عملیات های آنالیزی ست، استفاده شود [17]. مدلسازی داده های چندبعدی مبتنی بر مفهوم مکعب داده^{۱۸} است. هر مکعب از تعدادی بُعد^{۱۹} تشکیل می شود [18, 19]. بطور کلی بُعد ها برای دو منظور قابل استفاده هستند: (۱) انتخاب داده ها و (۲) گروه بندی داده ها.



شکل (۱): یک مکعب داده ای با سه بعد

یک بُعد درون یک سلسله مراتب سازماندهی می شود که در واقع شامل تعدادی سطح است که هر کدام از این سطوح ارائه کننده مقداری از جزئیات مورد نیاز برای آنالیزهایی که باید اجرا شوند می باشند. هر موجودیت در مدل داده چند بُعدی با یک بُعد تعریف می شود البته بُعد ها با موجودیت های مدل ER تفاوت هایی نیز دارند مثلاً بُعد بنیان شاخص ها^{۲۰} را شکل می دهد. شاخص ها، معیارهایی هستند که عمل تحلیل داده ها بر اساس آنها صورت می گیرد.

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود، بر خلاف جدول که یک موجودیت دو بُعدی ست، مکعب یک موجودیت n بُعدی می باشد. گرچه غالباً مکعب به سه بُعد اشاره دارد ولی از لحاظ تئوری یک مکعب می تواند هر تعداد بُعدی داشته باشد. بیشتر مکعب هایی که در دنیای

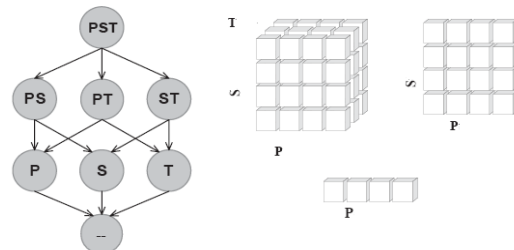
واقعی وجود دارند، ۴ یا ۱۲ بُعد دارند [17] هرچند از دیدگاه تئوری در مورد تعداد بُعد ها هیچ محدودیتی وجود ندارد ولی ابزارهای فعلی غالباً در کار با تعداد بُعد های ۱۰ تا ۱۵ با مشکل مواجه می شوند [17].

بعنوان مثال، عملیات فروش دارای سه بعد است: زمان، مشتری، محصول. یک مقدار ویژه خاص فروش (مثلاً \$۴۳۰) فقط هنگامی معنی خواهد داشت که توسط یک مشتری خاص (مثلاً آقای رضا جعفری) در یک زمان خاص (مثلاً هشتم دی) برای یک محصول خاص (مثلاً یک تلویزیون) مشخص شود.

بر اساس نتایج تحقیقات ما بعضی از ویژگی‌های خاص OLAP سیار با توجه به ماهیت مدل داده‌ای عبارتند از: (۱) توزیع‌شدگی بعدها یک مکعب داده‌ای از لحاظ جغرافیایی، (۲) تجمیع بعدها توزیع‌شده و ارائه پاسخ مناسب با توجه به بیشترین و مرتبط‌ترین بعدها به پرس-وجو، (۳) تعریف شاخص‌ها با توجه به متحرک بودن بعدها در محیط، (۴) حجم بالای داده‌های مورد استفاده از مکعب داده‌ای.

▪ دیدگاه انجام پرس‌وجوها

در مدل داده چندبُعدی، هر مکعب N بعدی از 2^N زیرمکعب تشکیل می‌شود. برای نمایش رابطه‌های میان این زیرمکعب‌ها از مفهومی به نام لاتیس مکعب داده^{۲۱} (DCL) استفاده می‌شود. لاتیس مکعب داده یک گراف جهت دار بدون دور است که تمامی روابط میان زیرمکعب‌ها را نمایش می‌دهد. لاتیس موجود در شکل ۲ یک طرح سه بعدی را نشان می‌دهد، که این سه بُعد را با عنوان های بُعد P، بُعد S و بُعد T نامگذاری شده‌اند.



شکل (۲): لاتیس مکعب داده برای یک مکعب داده‌ای با سه بُعد [17] از آنجایی که طرح شکل ۱ سه بُعدی می‌باشد، لذا 3^3 زیرمکعب موجود خواهد آمد. همانطور که در شکل ۲ مشخص است، در لاتیس مکعب داده‌ای برای هر زیرمکعب یک گره در نظر گرفته شده است.

وجود کمان‌ها به این خاصیت اشاره دارند که یک زیرمکعب می‌تواند از زیرمکعب دیگر مشتق شده باشد. مثلاً در شکل ۲، درباره زیرمکعب PS می‌توان گفت که از زیرمکعب PST مشتق شده است [17].

پرس و جو های ارسال شده از سوی تجهیزات سیار، باید به گره های یک DCL نگاشت داده شوند و سپس داده های جدول حقایق^{۲۲} واکنشی شوند و سپس براساس الگوریتمی ارسال گردند. جدول حقایق را می‌توان به عنوان تابعی از بُعد‌ها بر روی شاخص‌ها تصور کرد. در واقع قلب مکعب داده، جدول حقایق است.

بعنوان مثال در انجام یک عملیات نظامی در میدان جنگ، فرمانده نیازمند تحلیلی از شرایط جاری میدان جنگ و وضعیت نیروهای

خودی و دشمن است. امکان دارد بعدها بر روی دستگاه‌ها مختلف در مقیاس‌های جغرافیایی متفاوتی در میدان جنگ پراکنده باشند (و یا حتی سیار باشند). تحلیل و ارائه پاسخ به پرس‌وجوها باید بر اساس چهار بعد انجام شوند: دشمن، نیروهای خودی، میدان جنگ و زمان. فرمانده برای دانستن اینکه در حال حاضر در چه شرایط و وضعیتی قرار دارد، می‌تواند پرس‌وجوهایی را بصورت زیر مطرح کند: بیشترین ضعف‌ها و افت‌های نیروی‌های دشمن در چه مواردی است؟ چرا وضعیت جاری میدان جنگ بدین گونه است؟

بر اساس نتایج تحقیقات ما بعضی از مسائل مهم OLAP سیار در رابطه با پرس‌وجوها عبارتند از: (۱) اختصاص هر گره از لاتیس مکعب داده به تجهیزات سیاری که توسط ارتباطات بی‌سیم به یکدیگر متصل هستند، (۲) متحرک بودن گره‌های لاتیس، چون هر گره لاتیس به یک دستگاه سیار مثل یک تلفن همراه نسبت داده می‌شود که این دستگاه می‌تواند متحرک و قابل جابجایی باشد، (۳) ناپایدار بودن ارتباط بین گره‌های لاتیس، چون امکان دارد تجهیزات سیار به دلایل متعددی مثل تمام شدن شارژ باتری خاموش و غیرفعال شوند. (۴) توزیع‌شدگی زیرمکعب‌ها در محیط، (۵) عملیات نگاشت پرس‌وجوهای ایجاد شده از سوی تجهیزات سیار با توجه به لاتیس مکعب داده‌ای، (۶) تغییر و پویایی توپولوژی شبکه و اثرگذاری آن بر روی کیفیت پاسخ به پرس-وجوها.

۴- معماری‌های OLAP سیار

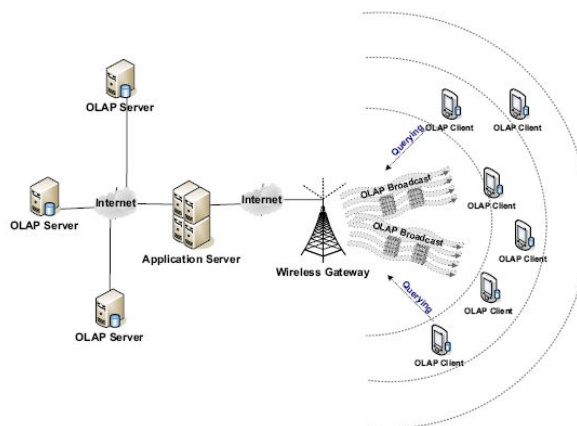
با توجه به ماهیت و انواع شبکه‌های بی‌سیم و سیار معماری‌های مختلفی برای سیستم‌های OLAP سیار قابل ذکر هستند. از دیدگاه تحرک‌پذیری گره‌ها (تجهیزات سیار) در شبکه‌های بی‌سیم، سه نوع شبکه سیار وجود دارد: (۱) وابسته به زیرساخت [20]، (۲) مستقل از زیرساخت [20]، و (۳) حالت ترکیبی [21]. بر اساس همین سه دیدگاه می‌توان سه نوع معماری مختلف برای سیستم‌های OLAP سیار بیان کرد. هر معماری با توجه به ماهیت شبکه‌ای آن دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشد. منظور از گره، تجهیزات سیار همچون تلفن‌های موبایل و کامپیوترهای قابل حمل، و ... است.

۴-۱- معماری OLAP سیار وابسته به زیرساخت

در یک شبکه مبتنی بر زیرساخت، گره‌ها مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند و با استفاده از ایستگاه پایه^{۲۳} با سایر گره‌ها ارتباط برقرار کرده و از سرویس‌های مختلفی که ارائه می‌شود، استفاده می‌کنند. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، این معماری شامل سرویس‌دهنده‌ای است که پاسخگوی پرس‌وجوهای ارسال شده از سمت گره‌های بی‌سیم مختلف می‌باشد. این سرویس‌دهنده، داده‌های مناسب را از منابع داده‌ای که در اختیار دارد، بازیابی کرده و بعد از

اعمال یک الگوریتم زمانبندی مناسب و قرار گرفتن بُعد ها، آنها را ارسال می کند.

در این معماری هر دستگاه سیار، پرس و جوی خود را به ایستگاه پایه ارسال می کند. سپس ایستگاه پایه این درخواست را به سرور OLAP تحویل می دهد و پس از انجام عملیات ها و تحلیل های مورد نیاز، جواب بصورت پخش همگانی^{۲۴} به سوی تمام گره ها ارسال می شود و هر گره پس از دریافت داده بررسی می کند که آیا داده مربوط به وی هست یا نه؟



شکل (۳): معماری OLAP سیار وابسته به زیرساخت [13]

اما با توجه به سناریوی فوق الذکر، این معماری دارای معایبی است که عبارتند از:

الف) وقتی که کلاینت ها (دستگاه ها و تجهیزات سیار) منحصراً متکی بر یک سرور ثابت هستند، ممکن است این امر سبب شود که کلاینت ها مجبور شوند در هنگامیکه منتظر دریافت جواب پرس و جو می باشند، برای مدتی بیکار بمانند. و این در حالی است که به احتمال زیاد داده هایی که مورد نیاز یک گره (کلاینت) است، در گره های همسایه گره مورد نظر وجود دارد.

ب) اگر کلاینتی خارج از محدوده مخابراتی امواج بی سیم قرار گیرد، با توجه به اینکه حتی نمی تواند با نزدیکترین گره در همسایگی خود ارتباط مستقیمی برقرار کند، لذا توانایی ارسال هیچ پرس و جویی را نخواهد داشت.

ج) بعضی از شبکه های بی سیم (مثل UMTS) وجود دارند که براساس ظرفیت (Volume) بنا شده اند و این معماری گزینه مناسبی برای این گونه شبکه ها نخواهد بود.

۴-۲- معماری OLAP سیار مستقل از زیرساخت

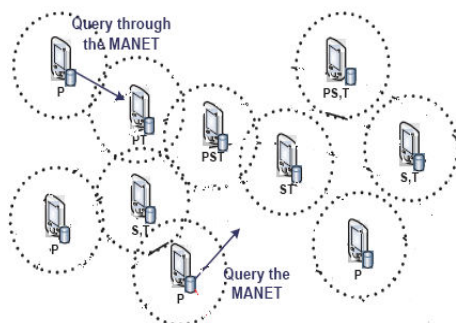
این معماری بر مبنای شبکه های Ad Hoc سیار^{۲۵} (MANET) است اما در کارهایی که تا به حال انجام شده است از این دیدگاه به OLAP سیار نگریسته نشده است. در این مقاله با توجه به اهمیت کاربردهای شبکه های MANet و نقش آن در مفهوم سازمان مجازی و کسب و کار سیار و سناریو های نظامی پیشنهاد می کنیم OLAP سیار را بتوان بر مبنای معماری MANet بنا کرد اما برای

استفاده از OLAP سیار در چنین معماری با چالشهای قابل توجهی مواجه هستیم که جلوتر به آنها اشاره خواهیم کرد. در یک شبکه Ad Hoc سیار، گره ها شدیداً به یکدیگر وابسته هستند و به هیچ زیرساختی مثل Access Point، Wired Server و ... متکی نیستند. لذا مجبورند برای مسیریابی و استفاده از سرویس های مختلف با یکدیگر همکاری و مشارکت داشته باشند.

در شبکه های Ad Hoc (وبه ویژه شبکه های Ad Hoc سیار) هیچ گونه زیرساخت و گلوگاهی وجود ندارد و هر گره می تواند با سایر گره ها ارتباط برقرار کند و این برقراری ارتباط می تواند به دو صورت پخش همگانی و نقطه به نقطه^{۲۶} باشد. استفاده از این نوع معماری باعث می شود که دیگر به برقراری ارتباط با سرور OLAP مشخصی نیاز نباشد. در واقع ایده ای که در اینجا مطرح می شود همان مفهوم پایگاه داده های سیار^{۲۷} است اما با دو تفاوت: (۱) مدل داده ای چندبعدی و (۲) عدم وجود زیرساخت. لازم به ذکر است طبیعتاً پایگاه داده چندبعدی سیار همچنان از محدودیت های مطرح در مورد پایگاه داده رابطه ای سیار مثل محدودیت پهنای باند، محدودیت سرعت ارتباطی و ... تبعیت می کند.

در شبکه های Ad Hoc، دستگاه های سیار، مجهز به گیرنده و فرستنده ای به منظور برقراری ارتباطات بی سیم می باشند. نکته قابل ذکر آنکه، گره های سیار (دستگاه های سیار) به دلیل وجود محدودیت هایی (مثل محدودیت انرژی مصرفی) که در فرستنده ها و گیرنده های خود دارند، نمی توانند با تمام گره ها دائماً ارتباط مستقیم برقرار کنند، لذا لازم است در مواردی که امکان برقراری چنین ارتباط مستقیمی وجود ندارد، داده ها را از طریق بقیه گره ها منتقل کرد.

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود، هر دستگاه سیار بطور محلی داده هایی را که همان بُعد ها می باشند در اختیار دارد، و سایر گره ها می توانند پرس و جوی مورد نظر خود را در صورتی که نتوانند بصورت محلی از طریق داده های موجود در حافظه خودشان پاسخ گویند- به دستگاه های سیار دیگری که بُعد های مورد نیاز آنها را در اختیار دارند، ارسال نمایند.

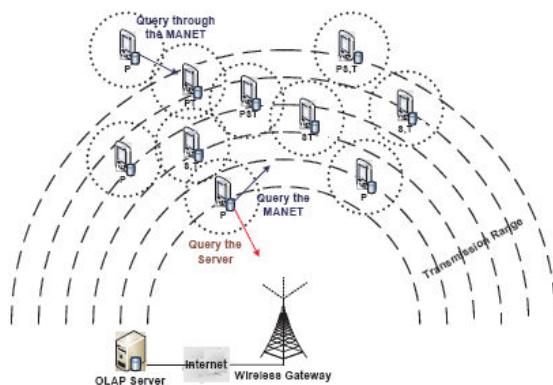


شکل (۴): معماری OLAP سیار مستقل از زیرساخت

تحلیل که بر اساس این معماری انجام می شود دارای دو خصیصه بارز است: (۱) توزیع شدگی تحلیل، (۲) تحرک پذیری در تحلیل به عبارت دیگر، در این معماری یک تحلیل توزیع شده متحرک مطرح

۴-۳- معماری OLAP سیار در حالت ترکیبی

این معماری ترکیبی از دو معماری قبلی است. در این معماری دستگاه-های سیار همچنان به صورت شبکه های Ad Hoc سیار با هم در ارتباط هستند و از داده های (بُدهای) موجود در حافظه همدیگر استفاده می کنند و تا آنجایی که امکان دارد درخواست های مطرح شده را از طریق خودشان پاسخ می دهند و اگر شرایطی پیش بیاید که نتوانند پاسخ پرس و جو را بیابند، توسط گره های دیگر-که در نقش مسیریاب عمل می کنند- و به وسیله یک گره گلوگاه درخواست خود را به یک ایستگاه پایه ارسال کرده و تا به یک سرور OLAP ثابت برسد. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، وقتی درخواستی از کلاینت ها به سرور OLAP ثابت رسید، مکانیزی مشابه آنچه که در بخش معماری OLAP سیار در شبکه مبتنی بر زیرساخت بیان شد، رخ می دهد، با این تفاوت که این بار، پاسخ پرس و جو به صورت پخش همگانی (یا روش دیگری) به تمام دستگاه های سیاری که در محدوده تحت پوشش ایستگاه پایه هستند، فرستاده می شود و آن دستگاه هایی که خارج از محدوده ایستگاه پایه هستند از طریق گره های همسایه خود، پاسخ پرس و جو را دریافت می کنند.



شکل (۵): معماری OLAP سیار در حالت ترکیبی [17]

همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، گره موجود در سمت چپ بالا، از محدوده تحت پوشش ایستگاه پایه خارج است اما پرس و جویی را مطرح می کند. این پرس و جو به نزدیکترین همسایه این گره ارسال می شود. اگر این گره قادر به پاسخگویی بود که پاسخ درخواست گره متقاضی را می دهد وگرنه آن گره هم درخواست را به همسایه های خود ارسال می کنند و در صورتی پاسخی برای این پرس-وجو یافت نشد، گره ای که در نزدیکترین فاصله به ایستگاه پایه است، پرس و جو را به آن ارسال می کند، و ایستگاه پایه هم پس از دریافت داده، آنرا به سرور OLAP ثابتی که وجود دارد می سپارد و پس از انجام عملیات های مناسب، پاسخ درخواست را به ایستگاه پایه می دهد و آن هم داده را یا پخش همگانی می کند و یا به گره ای که در نقش گذرگاه می باشد، ارسال می کند. همانطور که از این مکانیزم مشخص است، گره ها هم در نقش مسیریاب و هم سرور دهنده و هم سرور گیرنده هستند.

می شود. حتی امکان دارد دستگاه سیاری وجود داشته باشد که هیچ گونه بُعدی را در اختیار نداشته باشد و فقط می خواهند از بُعدهایی که در اختیار سایرین است استفاده کند.

در مدیریت داده های چند بعدی در شبکه های Ad Hoc، باید به چند نکته توجه داشت.

■ **کشف سرویس:** اصولاً مدیریت داده ها در شبکه های Ad Hoc، بر مکانیزم های کشف سرویس^{۲۸} متکی می باشد. یعنی باید مکانیزی را مطرح کرد که بتواند سرویس هایی که دستگاه های سیار ارائه می کنند را یافته و به صورت بهینه از آنها استفاده کند. و غالباً این مکانیزم کشف سرویس باید همراه با عمل کش کردن باشد.

■ **تطبیق درخواست با سرویس در دسترس:** مسئله بعدی که در این معماری مطرح است، چگونگی تطبیق درخواستهای ارسال شده از طرف گره ها با سرویس در دسترس می باشد.

یک نکته مهمی که نباید فراموش شود این است که، عمل کش کردن^{۲۹} در OLAP سیار یک مسئله اساسی نمی باشد، چون فرض می شود که دستگاه های سیار می توانند بعدها را بصورت محلی ذخیره سازی کنند و همچنین می توانند از داده های جدول حقایق (Fact Table) استفاده مجدد داشته باشند. بنابراین، کش کردن می تواند بعنوان یک مکانیزم کمکی استفاده شود.

بعضی از ایده هایی که در شبکه های مبتنی بر زیرساخت مطرح می شوند در شبکه Ad Hoc قابل استفاده نیستند:

الف) به اشتراک گذاری رسانه بی سیم: برخلاف سناریوی شبکه های مبتنی بر زیرساخت، در شبکه های Ad Hoc رسانه بی سیم به اشتراک تمام گره ها گذاشته شده است. و این در حالی است که در شبکه های مبتنی بر زیرساخت، عمل انتقال داده ها در کانال های بی-سیم اختصاصی و مجزایی رخ می دهد.

ب) نقش گره ها: در شبکه های Ad Hoc تفاوتی در نقش گره ها وجود ندارد یعنی هر گره ای می تواند هم به عنوان سرور دهنده و هم سرور گیرنده و هم مسیریاب عمل کند. گره ای تحت عنوان گره گلوگاه وجود ندارد هرچه امکان دارد به علت وجود یک یا چند بعد مخصوص در گره ای، تعداد پرس و جو ها از آن گره زیادتر از بقیه باشد.

ج) زمانبندی: پاسخ تمام درخواستهایی که مطرح می شود در یک گره وجود ندارد و هر گره ای مجبور است که همروندی همه درخواستها را خودش بررسی کند لذا نیاز به یک زمانبند^{۳۰} منحصربفرد احساس می شود. این زمانبند باید با توجه به ماهیت مکعب داده ای طراحی شود.

د) انتشار پرس و جو ها: یکی از نگرانی های مهم در معماری Ad-hoc محل گره ای است که با حداقل سربار قادر است به پرس و جو پاسخ دهد.

۵- چالش‌های OLAP سیار

برای اینکه بتوان معماری مناسبی را برای OLAP سیار مطرح کرد باید درک و انتخاب مناسب و درستی را از نیازمندی‌ها و محدودیت‌های آن داشت. طبق تحقیقات ما بطور کلی محدودیت‌ها و چالش‌های پیش‌روی تحقیقات و پیاده‌سازی سیستم‌های OLAP در محیط‌های سیار را می‌توان در سه گروه دسته‌بندی کرد: (۱) چالش‌های مخصوص شبکه-های سیار، (۲) چالش‌های مخصوص OLAP، و (۳) چالش‌های مخصوص OLAP سیار. هر چند بعضی از این چالش‌ها با همدیگر مشترک هستند ولی در این مقاله فقط به مورد آخر اشاره می‌شود. به نظر ما چالش‌های مخصوص OLAP سیار در سه گروه قابل تقسیم‌بندی هستند: (۱) چالش‌های مرتبط با تعامل انسان و کامپیوتر، (۲) چالش‌های مرتبط با شبکه، و (۳) چالش‌های مرتبط با تجهیزات.

۵-۱- چالش‌های مرتبط با تعامل انسان و کامپیوتر

به علت ویژگی‌های خاص سیستم‌های OLAP سیار چالش‌های مختلفی در حوزه تعامل انسان و کامپیوتر قابل طرح هستند. یکی از اصلی‌ترین موضوعات در این حوزه موضوع رابط کاربری می‌باشد. رابط کاربر و طرح نمایش بصری تجهیزات سیار موضوعی است که طراحان را با محدودیت‌هایی در مقایسه با محیط کامپیوترهای Desktop مواجه می‌سازد. این محدودیت‌ها عبارتند از:

- **سایز صفحه نمایش کوچک:** یکی از محدودیت‌های مهم در تجهیزات سیار، وجود صفحه نمایش کوچک است. این محدودیت برای نمایش گزارش‌ها، مخصوصاً گزارش‌های OLAP قابل توجه است. زیرا نمایش گزارش‌های OLAP به حجم زیادی از داده‌ها نیاز دارند. معمولاً این حجم زیاد داده‌ها به صورت جدول، نمودار و یا اشکال گرافیکی نمایش داده می‌شوند.
- **محدودیت وضوح تصویر:** وضوح تصویر ارتباط تنگاتنگی با سایز صفحه نمایش دارد. وضوح تصویر در تجهیزات سیار و PDA ها معمولاً با توجه به نیاز خروجی‌های OLAP سیار پایین است. بنابراین طراحی و ساخت واسط کاربر مناسب را با محدودیت مواجه می‌کند.
- **محدودیت کیفیت رنگ:** تعداد رنگ‌های صفحه نمایش بعضی از تجهیزات سیار موجود کم هستند. این در حالی است که در کامپیوترهای Desktop از کیفیت رنگ True-color و یا یک میلیون رنگ استفاده می‌شود. از اینرو تفکیک و جداسازی اطلاعات بر مبنای رنگ یکی از محدودیت‌های طراحی واسط کاربری در OLAP سیار می‌باشد.
- علاوه بر این مکانیزم‌ها و ابزارهای تعامل انسان و کامپیوتر در تجهیزات سیار با امکانات موجود واسط‌های ارتباطی کاربر در کامپیوترهای Desktop متفاوت است. این تفاوتها عبارتند از:

- **عدم وجود استاندارد واحد:** سازندگان محصولات سیار اغلب ابزارهای تعامل خاص خودشان را عرضه می‌کنند. در این ابزارها به بعضی از ملاحظات (همچون قیمت) معمولاً از صفحه کلید و صفحات لمسی استفاده نمی‌کنند. و اگر هم از این تجهیزات استفاده کنند قابلیت‌های کامپیوترهای Desktop را ندارند.

- **عدم وجود صفحه کلید و ماوس:** دستگاه ورودی تجهیزات سیار مانند دستگاه‌های ورودی کامپیوترهای Desktop نمی‌باشد. این در حالی است که برخی از کاربردها نیاز به چنین دستگاه‌های ورودی دارند.

- **تطبیق‌پذیری واسط کاربری با شرایط محیطی و زمینه کاربر:** تجهیزات سیار باید بتواند تعاملات خود را با نیازمندی‌ها و شرایط محیطی و کاربر تطبیق دهند. همچنین مقوله شخصی-سازی در کسب‌وکار سیار و دولت سیار موضوع مهمی محسوب می‌شوند که واسط کاربری به آنها توجه داشته باشد.

۵-۲- چالش‌های مرتبط با شبکه

از موضوعات مهم دیگر می‌توان به پهنای باند LAN بی سیم (مخصوصاً GPRS، WIFI، ...) و همچنین قابلیت در دسترس بودن^{۳۱} دستگاه‌های سیار اشاره نمود. بعد از درخواست یک آنالیز OLAP از سوی سرویس‌گیرنده این درخواست در سرویس دهنده OLAP که دارای توان عملیاتی بالا می‌باشد انجام می‌شود و سپس پاسخ آنالیز را به سرویس‌گیرنده ی مورد نظر برمی‌گرداند. این در حالی است که یکی از مشکلات اصلی در شبکه بی سیم قطع شدن اتصال های بی سیم و همچنین کم بودن قابل توجه پهنای باند است. از طرف دیگر کاربر سیار بدون در نظر گرفتن قطعی شبکه بی سیم باید بتواند در هر زمان پاسخ آنالیز درخواستی‌اش را دریافت کند. زیرا امکان دارد قطع شدن ارتباط تحلیل را فاقد اعتبار نماید. این مسئله در معماری نوع دوم صد چندان می‌شود. بنابراین لازم است در هر دستگاه سیار داده های مجتمع شده کافی برای پاسخ گویی به صورت Off-Line وجود داشته باشد. که در این صورت بدون نیاز به اتصال مستقیم به سرویس دهنده OLAP می‌توان به آنالیز OLAP پاسخ داد. در مواقعی که داده های مجتمع شده در دستگاه سیار برای پاسخ گویی کافی نبودند در صورت برقراری اتصال شبکه بی سیم می‌توان داده های مجتمع شده را بروز رسانی نمود.

۵-۳- چالش‌های مرتبط با تجهیزات

در این بخش می‌توان به سه نیاز سخت افزاری تجهیزات سیار که عبارتند از قدرت Power، حافظه ذخیره‌سازی و محدودیت انرژی اشاره نمود:

- **قدرت پردازش:** با پیشرفت‌هایی که اخیراً در تجهیزات سیار حاصل شده است قدرت پردازش آنها نیز بهبود یافته است؛ اما هنوز در مقایسه با کامپیوترهای Desktop برای کاربردهای OLAP ضعیف

هستند. در مواردی که معماری شبکه سیار به صورت شبکه Ad-hoc می باشد نیاز به پردازنده قوی تر الزامی است. زیرا در شبکه Ad-hoc به غیر از آنالیز بر روی داده های ذخیره شده نیاز به تولید یک تکنولوژی بصری سازی مناسب نیز وجود دارد. همچنین در معماری شبکه Ad-hoc وظیفه سرویس دهنده OLAP نیز به عهده تجهیزات سیار می باشد.

■ **حافظه ذخیره سازی:** از موضوعات مهم دیگر حافظه تجهیزات سیار است. دسترسی به حجم زیاد داده های مجتمع و جدول های حقایق از انبار داده ها امکان جستجو را با حداقل پردازش به صورت Off-Line امکان پذیر می کند. از این رو به حافظه کافی برای تجهیزات سیار نیاز است. اگرچه حافظه تجهیزات سیار بطور قابل-توجهی افزایش یافته است اما در مقایسه با سرویس دهنده ها و یا سیستم های Desktop همچنان کم است.

■ **محدودیت انرژی:** همواره یکی از محدودیت های اساسی تجهیزات سیار استفاده از انرژی باتری است. در پیاده سازی OLAP سیار -مخصوصاً در معماری مبتنی بر شبکه Ad-Hoc- یکی از چالش های قابل توجه مدیریت مناسب مصرف انرژی است. در واقع انرژی دستگاه سیار با حجم و سنگینی پردازشی که باید انجام شود تناسب وجود ندارد. بعنوان نمونه در این معماری ابعاد داده های چند بعدی به صورت توزیع شده در گره ها پخش هستند. اتمام انرژی یک گره که قسمتی از داده چند بعدی را در اختیار دارد به معنی از دست رفتن بخشی از داده در انجام پردازش تحلیلی است. لذا این مسئله می تواند بطور مستقیم یا غیرمستقیم بر کمیت و کیفیت تحلیل انجام شده تاثیر گذار باشد.

۶- پیاده سازی OLAP سیار

یکی از پروژه های OLAP سیار که تا به حال بصورت آزمایشگاهی انجام شده است به نام SAS شناخته می شود [10] این پروژه در واقع یک معماری و پیاده سازی یک نمونه اولیه^{۳۳} برای OLAP سیار است. در این پروژه یک سیستم پروفایل کاربر برای کاربردهای OLAP مطرح می شود. همچنین در این پروژه برای پیاده سازی از تکنولوژی جاوا استفاده شده است.

در [16] یک چارچوب و پیاده سازی آزمایشی دانشگاهی برای استفاده از OLAP سیار انجام شده است. به عبارت دیگر، در این نمونه اولیه کاربردهای OLAP و محاسبات سیار امکان پذیر است.

در [11] یک چارچوب و یک نمونه اولیه برای پشتیبانی از عملیات تصمیم گیری ایجاد شده است. در این پیاده سازی سرویس گیرنده سیار با اتصال به سرویس دهنده انبار داده به روز رسانی شده و پاسخی برای پرس وجو هایش دریافت می کند.

بنابراین با توجه به پروژه هایی که تا به حال انجام شده اند و با توجه به نیازها، محدودیت ها، و چالش هایی که در پیاده سازی OLAP با استفاده از تجهیزات سیار مطرح است می توان لیست زیر را به عنوان

حداقل نیازمندی های پیاده سازی یک معماری برای OLAP سیار در نظر گرفت:

■ **آنالیز یکپارچه و بدون وقفه:** کاربر باید قادر باشد آنالیز های OLAP سیار را حتی زمانی که در وضعیت Off-Line است اجرا نماید.

■ **حافظه ذخیره سازی محلی برای ذخیره داده های مجتمع شده:** برای اطمینان از کاهش تعداد دسترسی ها به شبکه به یک حافظه ذخیره سازی محلی بالا نیاز است (دسترسی به شبکه تنها با هدف بروز رسانی داده ها صورت گیرد)

■ **قابلیت اجرای حداقلی آنالیزها:** تجهیزات سیار باید امکان اجرای آنالیزهای پایه و اصلی را فراهم کنند. بعنوان مثال، اجرای یک پرس وجوی ساده در داده های مجتمع شده به صورت محلی.

■ **نمایش ساده از خروجی آنالیز OLAP:** امکان نمایش خروجی آنالیز OLAP را به صورت یک جدول و یا به صورت ساختار جدول Pivot میسر سازد. برای نمایش جداول باید محدودیت های صفحه نمایش و ویژگی های رنگ در تجهیزات سیار را در نظر داشت.

■ **تعامل با رابط کاربری و امکان حرکت در اجزای صفحه:** کاربر باید بتواند از ابزارهای هدایتگر و یا محاوره ای (قلم، صفحه کلید ساده و...) در ایجاد یک پرس و جوی جدید و یا کاوش در خروجی آنالیزها استفاده کند.

■ **بروز رسانی داده های مجتمع شده:** عملیات بروز رسانی داده های مجتمع در تجهیزات سیار باید به صورت خودکار (در صورت نیاز) انجام شود. این عملیات هنگامی اتفاق می افتد که یک پرس وجو پاسخی را از داده های مجتمع شده محلی دریافت نمی کند.

۷- کارهای آتی

چالش های متعددی در حوزه سیستم های OLAP سیار وجود دارد که باید مرتفع شوند. بعضی از کارها و فعالیت هایی که باید در آینده انجام شوند عبارتند از: (۱) انجام تحلیل های چندبعدی OLAP سیار با توجه به اطلاعات زمینه ای کسب و کار، محیط و کاربر، (۲) طراحی یک چارچوب آگاه از اطلاعات زمینه ای سازمان و کسب و کار در کسب و کار سیار برای انجام تحلیل های چندبعدی، (۳) فشرده سازی مکعب های داده ای چندبعدی به منظور ارسال سریع تر، (۴) طراحی الگوریتم برای توزیع بعدهای یک مکعب داده ای چندبعدی در بین تجهیزات سیار پراکنده در محیط. به گونه ای که حجم محاسبات و پردازش ها کاهش یابد، (۵) طراحی یک الگوریتم زمان بندی برای ارسال بعدها.

۸- نتیجه

در این مقاله، مباحث مرتبط با یک مفهوم جدید در حوزه سیستم های اطلاعاتی به نام Mobile OLAP بررسی شد. زیرا OLAP یکی از

- Making", Journal of ACM Mobile Networking and Applications, pp. 703–714, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [9] Mohamed A. Sharaf, Panos K. Chrysanthos, "Facilitating Mobile Decision Making", International Workshop on Mobile Commerce, pp. 45 – 53, acm publisher, 2002.
- [10] Yeow Wei C., Belguidoum W., Peltier T., "CONSTRUCTION OF A USER PROFILING SYSTEM FOR SAS MOBILE OLAP", 21st Annual SAS Malaysia Forum, pages 8, 2007.
- [11] Costa Sampaio M., Souza Baptista C., Rodrigues da Silva E., "A Pull-Based Approach for Incremental View Maintenance in Mobile DWs", In Proceedings of SBBDD, pages 14, 2004.
- [12] Chatziantoniou D., "Ad Hoc OLAP : Expression and Evaluation", 15th International Conference Data Engineering, page 1, IEEE Computer Society, 1999.
- [13] Johnson T., Chatziantoniou D., "Extending Complex Ad-Hoc OLAP", Conference on Information and Knowledge Management, pages 10, acm publisher, 1999.
- [14] Chatziantoniou D., "Evaluation of Ad Hoc OLAP : In-Place Computation", Scientific and Statistical Database Management, pages 10, IEEE Computer Society, 1999.
- [15] Michalarias I., Omelchenko A., "Compressed Aggregations for mobile OLAP Dissemination", 18th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, pages 6, IEEE Computer Society, 2007.
- [16] Maniatis A., Technical N., Panos Vassiliadils G., "A resentation Model & Non-Traditional isualization for OLAP", International Journal of Data Warehousing and Mining Vol. 1 Issue 1, pages 36, GUI Publisher, 2005.
- [17] Michalarias I., "Multidimensional Data Management in Mobile Environments", PhD Thesis, University Berlin, 2007.
- [18] Pardillo J., Mazon J., Trujillo J., "Model-Driven Metadata for OLAP Cubes from the Conceptual Modelling of Data Warehouses", 10th International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery, pp. 13-22, 2008.
- [19] Cuzzocrea A., "Multiple-Objective Compression of Data Cubes in Cooperative OLAP Environments", 12th East European conference on Advances in Databases and Information Systems, pp. 62 – 80, 2008.
- [20] Crisostomo S., Sargento S., Natkaniec M., Vicari N., "A QoS architecture integrating mobile Ad-Hoc and infrastructure networks", the ACS/IEEE 2005 International Conference on Computer Systems and Applications, pp. 897-903, IEEE Computer Society, 2005.
- [21] Sargento S., Sarrô R., Duarte R., Stupar P., "Seamless Mobility Architecture Supporting Ad-Hoc Environments", Seventh International Conference on Networking, pp. 137-144, IEEE Computer Society, 2008.

مولفه‌های اصلی در مدیریت دانش، سیستم پشتیبان تصمیم، و راهکارهای هوشمندی کسب‌وکار است. در واقع OLAP یکی از پل‌های ارتباطی رسیدن از داده به دانش می‌باشد.

با توجه به پیشرفت‌های اخیر در حوزه محاسبات سیار، محاسبات فراگیر و محاسبات همه جا حاضر و مطرح شدن موضوعات نوینی همچون کسب‌وکار سیار، تجارت سیار، دولت سیار، بانکداری نیاز به انجام تحلیل‌های چندبعدی متناسب با این موضوعات نیز مطرح شده است. در همین راستا، OLAP سیار می‌تواند در موارد متعددی مفید و قابل استفاده باشد. بعضی از این موارد عبارتند از: (۱) کمک به فرآیند تصمیم‌گیری کارگران دانشی در محیط‌های سیار، (۲) فراهم کردن و ارائه سرویس‌های هوشمند مبتنی بر تحلیل‌های چندمعیاری در محیط‌های سیار و فراگیر.

همچنین سیستم‌های OLAP سیار می‌تواند در فرآیند تولید دانش از طریق تحلیل داده‌ها و ارائه گزارشات چند فاکتوری مفید باشد. اما طراحی و پیاده‌سازی این سیستم در محیط‌های سیار با محدودیت‌هایی همچون سنگین بودن حجم داده‌ها و پردازش‌ها، محدودیت زمانی در پاسخگویی به پرس‌وجوها و غیره مواجه است که نمی‌توان از آنها چشم‌پوشی کرد.

مراجعه

- [1] Dell'Aquila C. et al., *Business intelligence systems: a comparative analysis*, WSEAS Transactions on Information Science and Applications, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), Vol. 5, No. 5, pp. 612-621, 2008.
- [2] Dehne F., Eavis T., Rau-Chaplin A., *Parallel querying of ROLAP cubes in the presence of hierarchies*, Proceedings of the 8th ACM international workshop on Data warehousing and OLAP, pp. 89-96, 2005.
- [3] Chen S., Zhao X., "Mobile Business as a Strategic Tool to Acquire Competitive Advantages: Taking Logistics Industry in China as an Example", 4th International Conference Wireless Communications Networking and Mobile Computing, pages 4, 2008.
- [4] Wu Zhiping, "Exploring Consumer Attitude on Mobile Commerce", Proceedings of the 2009 Eighth International Conference on Mobile Business, pp. 313-318, IEEE Computer Society, 2009.
- [5] Mengistu D., Zo H., Rho J., "M-Government: Opportunities and Challenges to Deliver Mobile Government Services in Developing Countries", Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology, pages 6, IEEE Computer Society, 2009.
- [6] Chu S., Yao-bin L., "Trust transference in mobile banking: an investigation of the initial trust", IITA International Conference on Services Science Management and Engineering, pages 5, IEEE Computer Society, 2009.
- [7] Michalarias I., Omelchenko A., Lenz H., "FCLOS: A client-server architecture for mobile OLAP", Data & Knowledge Engineering, pp. 192–220, Elsevier, 2009.
- [8] Mohamed A. Sharaf, Panos K. Chrysanthos, "On-Demand Data Broadcasting for Mobile Decision

¹ e-Service

² On-line Analysis Processing (OLAP)

³ Multidimensional Analysis

⁴ Mobile Business (M-Business)

⁵ Mobile Commerce (M-Commerce)

⁶ Mobile Government (M-Government)

⁷ Mobile Banking

⁸ Mobile Data Warehousing

⁹ Pervasive & Smart Environments

-
- ¹⁰ Ubiquitous Computing
 - ¹¹ On-Line Transaction Processing (OLTP)
 - ¹² Transaction-Oriented
 - ¹³ Process-Oriented
 - ¹⁴ Subject-Oriented
 - ¹⁵ Data Model
 - ¹⁶ Mobility
 - ¹⁷ Query
 - ¹⁸ Data Cube
 - ¹⁹ Dimension
 - ²⁰ Measure
 - ²¹ Data Cube Lattice
 - ²² Fact Table
 - ²³ Base Station
 - ²⁴ Broadcasting
 - ²⁵ Mobile Ad-Hoc Network (MANET)
 - ²⁶ Point-to-Point
 - ²⁷ Mobile Database
 - ²⁸ Service Discovery
 - ²⁹ Caching
 - ³⁰ Scheduler
 - ³¹ Availability
 - ³² Prototype