

تعادل بار در شبکه‌های ترکیبی سلولار و WLAN

خلاصه

یکی از تکنولوژی‌های نسل ۴ام تلفن همراه استفاده از شبکه‌های ترکیبی سلولار و WLAN است که منجر به افزایش نرخ می شود. هدف در این مقاله ارائه‌ی روشی برای مدیریت منابع در این شبکه‌ها می باشد که منجر به استفاده بهینه از منابع شبکه می گردد. به این دلیل، استراتژی دو مرحله‌ای برای مدیریت منابع صورت می گیرد که شامل مرحله‌ی تخصیص تماس است به نحوی که کیفیت سرویس در طول تماس تضمین گردد و مرحله‌ی handoff عمودی دینامیکی کاربران در طی استفاده از شبکه به منظور حداقل کردن تغییرات عملکرد شبکه، معرفی خواهد شد.

مقدمه

به دلیل نیاز به نرخ انتقال بیشتر، نسل سلولی از نسل ۲ به ۳ منتقل شد که نسل سوم از کیفیت سرویس برای سرویس‌های چندرسانه‌ای پشتیبانی کرده و توانست پاسخگوی این نیاز باشد درحالی که با هزینه‌ی زیاد و پیچیدگی پیاده‌سازی فراوانی را منجر گشته است. ۴. دسته سرویس در UMTS پشتیبانی می شود که عبارتند از مکالمه ای، جریانی، تعاملی و زمینه ای. یکی از مشکلات اصلب نسل سوم، قیمت بالای پهنای باند مورد نیاز می باشد. بنابراین یکی از ایده‌های مورد توجه برای استفاده در نسل چهارم، شبکه‌های نامتجانس است. یکی از مهم ترین موارد پیشنهادی استفاده از شبکه‌های ترکیبی سلولار و WLAN است. دلیل این پیشنهاد نسبت عملکرد به هزینه‌ی بالا، استفاده از باند های بدون License و ارائه‌ی سرویس داده با روش دسترسی چندگانه‌ی بسیار ساده در شبکه‌های WLAN معرفی شده در استاندارد IEEE 802.11 می باشد که WLAN طیف وسیعتری را نسبت به نسل سلولی در بر می گیرد و شبکه‌ها را به مکملی برای نسل سوم تبدیل می کند.

در راستای استانداردسازی این نوع شبکه‌ها، در استاندارد 3GPP TR 22.934 شش سناریوی مختلف داخل شبکه‌ای به صورت مرحله به مرحله برای شبکه‌های ترکیبی WLAN و سلولار تعریف شده است. در استاندارد 3GPP TS 23.234 یک مدل مرجع معرفی شده و در استاندارد 3GPP TR 23.836 مباحث کیفیت سرویس این شبکه‌های بررسی شده است. همچنین مطالعات زیادی برای handoff در این شبکه‌ها به منظور کاهش کمبود بسته و دوره‌ی عکس العمل و نیز انتخاب بهترین مقصد برای handoff انجام شده است همچنین در رابطه با soft handoff نیز برای کاهش تاخیر و از دست رفتن بسته تحقیقاتی صورت گرفته است. یکی دیگر از مسئله‌های شبکه‌های ترکیبی WLAN و سلولار با توجه انواع منابع در آنها، نحوه‌ی اختصاص منابع به کاربران می باشد. هدف در اینجا، ارائه‌ی ساختاری برای مدیریت منابع و با در نظر گرفتن محدودیت‌های پیاده‌سازی شبکه‌ها، به منظور مدیریت بار در این شبکه‌ها می باشد. ابتدا کاربران جدید به نحوی مناسب بین دو شبکه‌ی WLAN و سلولار توزیع شده و سپس برای مدیریت بار، ترافیک کاربران به طور دینامیک بین دو شبکه‌ی سلولار و WLAN برای کاربرانی که به هر دو شبکه دسترسی دارند، منتقل می شود.

سیستم مدل

مطابق با وابستگی متقابل دو شبکه، دو مدل برای شبکه‌های ترکیبی WLAN و سلولار ارائه شده است که عبارتند از مدل کوپلینگ tight و کوپلینگ Loose. این شبکه می‌تواند خیلی tight با ترکیبی از شبکه‌های دسترسی باشد و یا کمتر tight بوده و ترکیبی از هسته‌ی شبکه باشد.

در مدل کوپلینگ tight ترکیب دو شبکه تا لایه‌های پایین شبکه نظیر لایه‌ی دسترسی ادامه پیدا کرده و در مدل Loose کوپلینگ ترکیب دو شبکه در لایه‌های بالا شبکه نظیر هسته‌ی شبکه می‌باشد همچنین استقرار و گسترش دو شبکه را به طور مستقل امکان پذیر کرده و به طور معمول از مکانیزم IP استفاده می‌کند که نظیر Mobile IP است و برای مدیریت جابه‌جایی و فرآیندهای Authentication, Authorization و Accounting (AAA) است. مدل Tight پیچیدگی پیاده‌سازی بالاتری به منظور ایجاد یک interface سازگار با هسته‌ی شبکه‌ی سلولار و لایه‌ی دسترسی تصادفی آن دارد. همچنین این نوع پیاده‌سازی معایبی نظیر مسیر سیگنالینگ طولانی، فرآیندهای تکراری در دو شبکه و تعداد اجزای زیاد شبکه را دارد.

ساختار متقابل کوپلینگ loosely

مدل استفاده‌شده در این مقاله مدل Loosed coupled که بر اساس مدل مرجع ارائه‌شده در 3GPP TS 23.234 می‌باشد، که به دلیل معایب tight از این مدل استفاده شده و در شکل مقاله ۱ آورده شده است. در این مدل کاربران امکان اتصال به هر یک از شبکه‌های سلولار و WLAN و نیز هر دو را دارند. برای اصالت یابی کاربران نیز از سرور AAA در شبکه‌ی خانگی هر کاربر، پیش از اتصال استفاده می‌شود. مدیریت منابع بین دو شبکه با استفاده از کارکرد Mobile IP در شبکه‌ی سلولار امکان‌پذیر است. از اینرو سرویس‌های PS شبکه‌ی UMTS از طریق شبکه‌ی WLAN قابل دسترسی خواهند بود. در واقع دروازه‌هایی نظیر GPRS, GGSN و PDG از دوطریق HA یا Home Agent و FA یا Foreign Agent تامین می‌گردند.

تخصیص منابع براساس Policy

مدیریت منابع بر اساس policy برای شبکه‌های انعطاف پذیر مورد توجه قرار گرفته است. IEFET ساختاری بر اساس policy بیان نموده است. با توجه به ویژگی‌هایی همانند adaptive و decoupling می‌توانند پاسخگوی نیازهای ساختار نامتجانس شبکه‌های ترکیبی WLAN و سلولار باشند. در شکل ۲ مقاله این ساختار مورد توجه قرار گرفته شده است. در اینجا زمانی که نیاز به اعمال سیاست جدید باشد، موجودیت مورد نظر، از نقطه‌ی تصمیم‌گیری سیاست (PDP) تصمیم موردنظر را استخراج کرده و برای اجرا آن را به نقطه‌ی اجرای سیاست (PEP) منتقل می‌کند. همچنین مدیریت بر اساس Policy در هر دو شبکه به صورت توزیع یافته اجرا می‌شود.

تعادل بار با استفاده از کنترل پذیرش و handoff عمودی

در شبکه‌های ترکیبی سلولار و WLAN، شبکه‌ی سلولار پوشش همه‌جانبه و کلی را دربر داشته درحالی که شبکه‌ی WLAN پوشش منطقه‌ای hotspot را برعهده دارد در مناطقی با پوشش WLAN به هر دو پوشش سلولی و WLAN دسترسی داریم درحالی که گاهی تماسهایی صرفاً برای پوشش سلولی نیز داریم. بنابراین تماس و ارتباط جدید می‌تواند برای هر دو شبکه باشد که البته به یکی از آنها وصل خواهد شد. تماس‌های برقرارشده نیز می‌توانند به‌طور دینامیک بین دو شبکه جابه‌جا شوند. البته به شرطی که ادامه‌ی تماس اهمیت کمتری نسبت به بالانس بار لازم داشته باشد. در شبکه‌های سلولار واحد رادیویی برای تماس‌های پذیرفته‌شده با رزرو منابع، کیفیت سرویس fine-gained را تضمین می‌کند. از طرفی در شبکه‌ی WLAN یک پروتکل دسترسی Contention-based استفاده می‌شود که نیازمندی‌های کیفیت سرویس، سرویس‌های بلندرنج نظیر صدا را تامین نمی‌کند. هر چند

برای ترافیک داده‌ی burst مناسب است. با چنین ساختاری بارهای ترافیکی متفاوت بین هر دو شبکه با استفاده از روشهای مناسب برای تخصیص ورود تماس‌ها و نیز handoff عمودی توزیع می‌شود. در تعیین این روشها پارامترهایی نظیر ویژگی‌های هر شبکه، نوع سرویس، تحرک‌پذیری کاربر و هزینه‌ی سرویس موثر خواهند بود. برای ماکزیمم کردن استفاده از منابع شناور شبکه‌های ترکیبی، روشهای تطبیقی بالانس بار باید مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله یک روش دو مرحله‌ای برای مدیریت بار ارائه شده است. در مرحله‌ی اول اتصال تماس‌های جدید به شبکه‌ی سلولار و یا WLAN بر مبنای یک احتمال تخصیص صورت می‌گیرد. این پارامتر احتمال بر مبنای دینامیک و ترافیک هر دو شبکه به‌طور پیوسته به‌روز می‌شود. در مرحله‌ی دوم برای حداقل کردن تغییرات عملکرد شبکه در اثر دینامیک شبکه و ترافیک‌های تصادفی، از ویژگی مکمل بودن دو شبکه‌ی به منظور handoffهای عمودی استفاده می‌شود. به عنوان مثال در صورت مشاهده‌ی ترافیک و یا کاهش عملکرد قابل‌ملاحظه در هر یک از دو شبکه، تعدادی از نشست‌های در حال اجرا به شبکه‌ی دیگر handoff عمودی خواهند کرد. برای گرفتن چنین تصمیماتی، نقاط PEP و PDP با دیگر اجزای شبکه همکاری خواهند داشت که در این همکاری در شکل ۳ مقاله آمده است.

سیاست تخصیص تماس جدید

در شکل 3a مدیریت تخصیص تماس جدید که رجوع به تصمی سیاست براساس اهداف شبکه است نشان داده شده است. براساس نوع سرویس کاربر، ارتباط صدا یا داده به سلولی با احتمال $\theta_v^c(\theta_d^c)$ و به شبکه‌ی WLAN

با احتمال $\theta_v^w = 1 - \theta_v^c$ ($\theta_d^w = 1 - \theta_d^c$) متصل می‌گردد که با استفاده از تخمین بار ترافیکی از اندازه‌گیری‌های قبلی و تغییرات بار تعیین می‌شوند. با توجه به ویژگی‌های کیفیت سرویس متفاوت شبکه‌های WLAN و سلولار، باید توزیع ترافیک‌های داده و Voice با مدیریت ورود آنها بین منابع مختلف شبکه توزیع شوند. در مدل ارائه‌شده در هنگام اتصال کاربر به شبکه، PEP در ترمینال موبایل درخواست ورود را به شبکه‌ی هدف که در PDP تعیین شده است، ارسال می‌کند.

سیاست پذیرش تماس

باتوجه درخواست پذیرش ارتباط سیاست پذیرش تماس در شبکه‌ی PDP به تصمیمگیری رجوع می‌شود. برای محدود کردن تاخیر سرویس‌های صدا و نیز تضمین نرخ داده‌ی سرویس‌های داده، باید تعداد تماس‌های داده و سرویس در هر شبکه‌ی سلولار و WLAN محدود شود. ناحیه‌ی پذیرش با بردار (N_v, N_d) ماکزیمم تعداد کاربران سرویس صدا و داده که شبکه به‌طور همزمان می‌تواند با تضمین کیفیت سرویس پوشش دهد، نشان می‌دهد. این بردار بر مبنای پهنای باند سیستم برای یک بار ترافیکی پیشنهادی محاسبه شده و باید به‌طور متناوب با توجه به تغییرات ترافیک شبکه به‌روز شود. همچنین handoff عمودی یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در تعیین ناحیه‌ی پذیرش خواهد بود.

سیاست شروع handoff عمودی

پارامتر موثر برای بررسی استفاده از کانال در شبکه‌ی WLAN نرخ اشغال بودن کانال است که به صورت نسبت زمان‌های اشغال کانال به کل زمان‌ها تعریف می‌شود. با استفاده از تعادل دینامیکی بار ترافیکی از و به شبکه‌ی سلولار با استفاده از handoff عمودی، می‌توان به عملکرد بهینه‌ی شبکه‌ی WLAN رسید. در شکل 3b در مقاله مراحل انجام handoff عمودی نشان داده شده است. در مرحله‌ی اول در صورتی که برای یک بازه‌ی زمانی مشخص نرخ اشغال بودن در یک AP بالاتر از آستانه‌ی ε_w^u باشد، handoff عمودی در PDP شبکه‌ی WLAN آغاز می‌شود. تماس‌های در حال اجرا بر اساس نوع سرویس، زمان باقی‌مانده از سرویس، پروفایل کاربر و ... اولویت‌دهی می‌شوند. Handoff عمودی تماس‌ها بر اساس همین اولویت کاربران از شبکه‌ی WLAN به سلول انجام می‌گیرد. تماس‌های صوتی کاربران در محدوده‌ی شبکه‌ی سلولار به خاطر نیازمندی‌های کیفیت سرویس آنها، در اولویت اول

handoff قرار می‌گیرد. برای اجرای سیاست، PDP ترمینال موبایل از طریق PEP درخواست ورود را به سلول مربوطه و بخش اتخاذ تصمیم آن یعنی PDP سلول ارسال می‌کند. با استفاده از گزارش‌های اندازه‌گیری ترمینال‌های موبایل درباره‌ی نرخ اشغال بودن شبکه‌ی WLAN، در صورتی که این نرخ کمتر از ε_W^l باشد، handoff عمودی در شبکه‌ی سلولار شروع می‌شود. تماس‌های داده با زمان باقی‌مانده‌ی سرویس طولانی و کاربران موبایل که شبکه‌ی خانگی آنها WLAN باشد، در اولویت اول handoff عمودی قرار می‌گیرند. با این اقدام می‌توان از اینکه شبکه‌ی سلولار به عنوان گلوگاه سیستم باشد، جلوگیری خواهد شد. برای اجرای تصمیم نیز PDP ترمینال موبایل از طریق PEP درخواست ورود را به شبکه‌ی WLAN ارسال می‌کند.

سیاست گزارش اندازه‌گیری: برای اجرای مدیریت منابع به صورت توزیع‌یافته و بدون نیاز به کنترلر مرکزی، اجزای شبکه باید به تبادل اطلاعات با یکدیگر بپردازند. از طرفی به دلیل مدل Loose coupling استفاده‌شده در این مقاله، این تبادل اطلاعات سیگنالینگ‌های زیادی را به شبکه تحمیل می‌کند. راه‌حل پیشنهادی استفاده از ترمینال‌های موبایل به عنوان گره رله می‌باشد. در چنین ساختاری، ترمینال موبایل به‌طور متناوب پیام‌های ارسالی از شبکه‌ی سلولار در مورد عملکرد لینک، channel utilization، بار ترافیکی، data throughput، نرخ قطع تماس و دریافت کرده و آنها را به AP شبکه‌ی WLAN ارسال می‌کند. مشابه همین کار را ترمینال‌های موبایل برای پیام‌های دریافتی از شبکه‌ی WLAN انجام داده و به شبکه‌ی سلولار ارسال می‌کند بر اساس همین تبادل پیام‌ها PDP شبکه‌ی سلولار و WLAN اقدام به handoff‌های جدید خواهند کرد.

سیاست به‌روز کردن پیکربندی ورود

پارامترهای ورود برای تعیین وضعیت کاربران جدید که به بار ترافیکی شبکه بستگی دارند، باید با استفاده از گزارش‌های اندازه‌گیری تغییرات بار ترافیکی شبکه و تاثیرات آن بر کیفیت سرویس شبکه، به‌روز شوند. در شکل 3c دیده می‌شود که برای این به‌روز کردن، تصمیم جدید گرفته‌شده به PEP شبکه و نیز به تمامی ترمینال‌های موبایل متصل به شبکه ارسال می‌شوند.

ارزیابی عملکرد

برای بررسی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، عملکرد روش ارائه‌شده با دو روش دیگر مدیریت منابع مقایسه شده است. در روش اول در هنگام ورود کاربر انتخاب شبکه به صورت تصادفی بوده و هیچ نوع handoff عمودی نیز استفاده نمی‌شود. در روش دوم نحوه‌ی ورود کاربران همانند روش پیشنهادی مقاله بوده و handoff نیز تنها برای کاربران مرزی WLAN مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل 4 نرخ قطع تماس و در شکل 5 throughput داده برای این سه روش در مقاله آورده شده است. در شکل 4 دیده می‌شود handoff عمودی پیشنهادی مقاله تاثیر چندانی بر نرخ قطع تماس در مقایسه با handoff استفاده‌شده در روش دوم نداشته است. اما در شکل 5 تاثیر این نوع handoff‌ها بر throughput داده به خوبی دیده می‌شود.

نتیجه‌گیری

عملکرد متقابل سلولی و WLAN روش تاثیرگذاری در نسل 4ام می‌باشد. در این مقاله، مسئله‌ی تعادل بار یا load balancing برای شبکه‌ی متقابل WLAN و سلولی مورد بررسی قرار گرفته شد.