بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات

مدیریت تداخل در کانال های چند ورودی-چند خروجی از طریق ایده مخابرات تعاونی

نگارش:

سید محمد ذبیحی

استاد راهنما:

دکتر ناصر ندا

استاد مشاور:

دکتر حمید فرخی

تابستان ۱۳۹۱

تأییدیه هیات داوران

(برای پایان‌نامه)

یک نسخه اصل فرم مربوطه

تقدیم نامه

تقدیم به آنها

که وجودم با نعمت بودن ایشان آغاز شد پیش از آنکه موجودی قابل ذکر باشم.

تقدیم به آنها

که بی‌مددشان نه نای رفتن بود و نه توان آمدن.

تقدیم به آنها

که امتداد آسمانی زورانی بر سرزنوشت خاکیم بودند.

تقدیم به پدر و مادر بزرگوارم که اروه مهربانی و سخاوتند.

تقدیر و تشکر

در اینجا بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی‌شائبه و راهنمایی‌های دلسوزانهٔ استاد عزیزم جناب آقای **دکتر ناصر ندا** در طول دورهٔ تحصیل و نیز در مراحل انجام این تحقیق صمیمانه تشکر نمایم. همچنین از استاد عزیز جناب آقای **دکتر حمید فرخی** که قبول زحمت نموده و در انجام این تحقیق مشاورهٔ آن را پذیرفتند، تشکر و قدردانی می‌کنم. از سایر اساتید گروه مهندسی برق – مخابرات آقایان **دکتر حسن فرسی** و **دکتر رضا قاضی‌زاده** نیز که در طول دورهٔ تحصیل کارشناسی ارشد از محضر ایشان استفاده‌های فراوانی نصیب این جانب شد، سپاسگزاری نموده و برای همگی آنها از درگاه احدیت توفیق روزافزون خواهانم.

در پایان از **پدر و مادر** عزیزم که همواره در تمامی مراحل زندگی پشتیبان من بوده‌اند، و در سایهٔ دعای آنها از گذرگاه‌های سخت زندگی عبور کرده‌ام کمال تشکر و قدردانی را دارم.

سید محمد بیرون

تابستان ۱۳۹۱

چکیده

از دهه ۱۹۹۰ تا به امروز صنعت مخابرات سلولار بسیار مورد توجه محققین و بازار قرار گرفته است و امروزه شبکه‌های مخابرات سیار نسبت به آنچه که ابتدا تصور می‌شد، بسیار فراگیرتر شده‌اند. در طی سالیان اخیر با توجه به افزایش تقاضا برای سرویس هایی که ریت بالاتری داشته و از نظر هزینه بصرفه باشند و نیز محدودیت منابعی همچون فرکانس، زمان، کد و محدودیت‌های فیزیکی موجود در سیستم-های مختلف، حرکت به سمت سیستم‌هایی با حداکثر کارایی و حداقل هزینه ضروری گشته است. بدین ترتیب اپراتورهای شبکه بی‌سیم باید معماری‌های جدیدی را در شبکه‌های بی‌سیم بکاربگیرند تا بتوانند به ریت های بالاتری در ارسال دیتا برسند. اما با وجود پیشرفت تکنولوژی‌های شبکه‌های سلولار بی‌سیم، افزایش پیچیدگی سیستم با گین ظرفیت بدست آمده، متناسب نیست. بنابراین تحقیقات برای یافتن ساختارهای جایگزینی که بتوانند کارایی طیفی بالایی را فراهم آورند آغاز شده است. در همین راستا، ساختارهای سلولار بی‌سیم مبتنی بر همکاری (Cooperation) ارایه شدند و بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. سه شکل مختلف برای همکاری ارایه شده است: همکاری بین کاربران، رله کردن و همکاری بین BS ها که از این میان همکاری بین BS ها بعنوان یک کاندید مناسب در سیستم های سلولار، بیشتر از بقیه مورد توجه قرار گرفته است.

در این پایان‌نامه روش همکاری بین BS ها در downlink یک شبکه چند سلولی در نظر گرفته شده و روش های مختلف ارسال همچون زمان بندی بین سلولی و فرم‌دهی پرتو بمنظور کاهش و یا حذف تداخل بین سلولی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت. از بین الگوریتم های زیادی که برای فرم‌دهی پرتو ارایه شده‌اند، الگوریتم BD به جهت پیچیدگی کمتر و عملکرد مطلوب‌تر آن نسبت به سایر روش های ارایه شده در این زمینه، مورد مطالعه و بررسی بیشتر قرار خواهد گرفت.

کلمات کلیدی: مخابرات تعاونی،شبکه های چند سلولی، تداخل بین سلولی، انتفال چند آنتنه

فهرست عناوین

صفحه

فهرست شکل ها ..... د
فهرست جداول ..... و

۱ مقدمه ۱
۱.۱ پیشگفتار ۱
۲.۱ ساختار کلی پایاننامه ۲

۲ حرکت به سمت مخابرات تعاونی در شبکه های نسل ۴ ..... ۳
۱,۲ معرفی نسل ۴ : ۴
۱.۱.۲ خلاصه ای از تاریخچه: ۴
۲.۲ فرصت های همکاری در نسل ۴: ۷
۱.۲.۲ برخی از مشکلات پیش روی نسل ۴: ۷
۲.۲.۲ تکنیک های همکاری در نسل ۴: ۱۰
۳.۲ همکاری بین شبکه های ناهمگون: ۱۹

۳ ایده مخابرات تعاونی در شبکه های سلولار ۲۳
۱.۳ شکل های مختلف همکاری: ۲۳
۱.۱.۳ همکاری بین کاربران ۲۳
۲.۱.۳ رله کردن: ۲۴
۳.۱.۳ همکاری BS ها: ۲۵
۲.۳ MIMO چند سلولی ۲۸
۱.۲.۳ تاریخچه MIMO چند سلولی: ۲۸
۲.۲.۳ برخی مشکلات MIMO چند سلولی: ۳۲
۳.۲.۳ مدل کردن سیستم همکاری ۳۲
۴.۲.۳ سطوح مختلف همکاری چند سلولی: ۳۵

۴ تکنیکهای کدینگ و ارسال در شبکه های تعاونی ۴۰
۱.۴ استراتژی‌های هماهنگی تداخل: ۴۰
۱.۱.۴ کنترل توان هماهنگ شده : ۴۱
۲.۱.۴ فرم دهی هماهنگ پرتو: ۴۲
۳.۱.۴ استفاده از کدینگ برای کاهش تداخل : ۴۴
۲.۴ استراتژی‌های کدینگ برای شبکه‌های MCP : ۴۵
۱.۲.۴ Uplink: ۴۷
۲.۲.۴ Downlink : ۴۸
۳.۴ استراتژی‌های کدینگ برای همکاری با ریت محدود : ۴۹
۱.۳.۴ همکاری گیرنده ها: ۴۹
۲.۳.۴ همکاری فرستنده ها: ۵۰

۴.۴ مقیاس‌پذیری طرح‌های همکاری : ۵۰
۱.۴.۴ همکاری از طریق خوشه بندی: ۵۱
۵ پیاده سازی نرم افزاری ۵۵
۱.۵ مدل برداری سیستم مورد مطالعه: ۵۵
۲.۵ طراحی BD چند سلولی: ۵۶
۱.۲.۵ طراحی ماتریس پیشکدر: ۵۶
۲.۲.۵ اختصاص توان: ۵۷
۳,۵ تسهیم فضایی حلقه بسته : ۶۰
۴.۵ نتایج عددی: ۶۱
۶ نتیجه گیری ۷۹
۱.۶ کارهای پیش رو: ۸۰
منابع و مراجع ۸۲

صفحه

فهرست شکل ها

شکل ۱.۲ همگرایی شبکه های مختلف در نسل ۴. ۶
شکل ۲.۲ مقایسه پوشش لایه های مختلف شبکه. ۷
شکل ۳.۲ میزان مصرف توان در نسل های مختلف مخابرات. ۹
شکل ۴.۲ مصرف توان در ترمینال های بی سیم (شرکت نوکیا). ۹
شکل ۵.۲ مشکلات عمده پیش روی سیستم های نسل ۴. ۱۱
شکل ۶.۲ افزایش ظرفیت کاربران (پایین سمت چپ)، افزایش پوشش (بالا سمت چپ)، کاهش تداخل (وسط سمت راست) ۱۶
شکل ۷.۲ کم کردن پیچیدگی ترمینال ها در نسل ۴. ۱۸
شکل ۸.۲ همکاری بین شبکه های ناهمگن. ۲۰
شکل ۹.۲ حوزه و دامنه همکاری در شبکه ها و ترمینال های نسل ۴ . ۲۲
شکل ۱.۳ همکاری بین کاربران ۲۴
شکل ۲.۳ ارسال و دریافت به کمک رله ها. خود رله ها نیز می توانند به یکدیگر متصل باشند. ۲۵
شکل ۳.۳ رله کردن سری (بالا سمت چپ)، رله کردن موازی (بالا سمت راست)، رله کردن فضا-زمان (پایین سمت چپ)، روش های ترکیبی (پایین سمت راست) ۲۵
شکل ۴.۳ همکاری بین BS ها ۲۶
شکل ۵.۳ همکاری بین BS ها کانال uplink و downlink را بترتیب به کانال MIMO دسترسی چندگانه (MIMO MAC) و پخش گسترده (MIMO BC) تبدیل می کند. ۲۶
شکل ۶.۳ مقایسه بین پردازش چند سلولی و کنترل توان ۲۷
شکل ۷.۳ یک آرایش سلولار با استفاده مجدد فرکانسی ۱/۷ ۳۱
شکل ۸.۳ بلوک دیاگرام SIC ۳۴
شکل ۹.۳ بلوک دیاگرام DPC ۳۵
شکل ۱۰.۳ نمایشی از هماهنگی تداخل برای Downlink ۳۶
شکل ۱۱.۳ نمایشی از همکاری MIMO چند سلولی برای Downlink ۳۷
شکل ۱۲.۳ (a) پردازنده مرکزی بهمراه لینک های ارتباطی با ظرفیت محدود C، (b) لینک های با ظرفیت محدود C (یکطرفه یا دوطرفه) بین BS های مجاور ۳۸
شکل ۱۳.۳ نمایشی از همکاری MIMO با استفاده از رله ها. ۳۹
شکل ۱.۴ بهره وری های طیفی بدست آمده برای کانال های فیدینگ ریلی. ۴۶
شکل ۲.۴ خوشه بندی یک شبکه با تعداد زیادی سل. ۵۳
شکل ۳.۴ حذف تداخل بین خوشه ها با همکاری بین خوشه ها ۵۴
شکل ۱.۵ ارسال دو آنتنی در LTE ۶۰
شکل ۲.۵ مدل شبکه بکارگرفته شده در سناریوی دوم. ۶۳
شکل ۳.۵ ظرفیت قابل دستیابی کاربران بر حسب فاصله از مرکز سل در یک سیستم SISO. ۶۶
شکل ۴.۵ عملکرد سیستم تعاونی و معمولی در SNR های مختلف در یک سیستم SISO ۶۶

شکل ۵.۵ ظرفیت قابل دستیابی کاربران بر حسب فاصله از مرکز سل در یک سیستم MIMO ۶۷
شکل ۶.۵ عملکرد سیستم تعاونی و معمولی در SNR های مختلف ۶۸
شکل ۷.۵ تفاوت بین اختصاص توان یکسان و اختصاص توان با الگوریتم waterfilling ۶۹
شکل ۸.۵ مقایسه عملکرد سیستم های تعاونی و معمولی در محیط هایی با rank غیرکامل ۶۹
شکل ۹.۵ ظرفیت قابل دستیابی با احتساب محدودیت توان BS ها با الگوریتم SWF ۷۱
شکل ۱۰.۵ کاهش ظرفیت قابل دستیابی کاربران ناشی از تخمین غیر دقیق کانال ۷۲
شکل ۱۱.۵ بررسی اثر تخمین غیر دقیق کانال بر روی عملکرد سیستم ۷۳
شکل ۱۲.۵ عملکرد سیستم های مختلف در رژیم SNR پایین بر حسب فاصله از مرکز سل ۷۴
شکل ۱۳.۵ عملکرد سیستم های مختلف در رژیم SNR زیاد بر حسب فاصله از مرکز سل ۷۴
شکل ۱۴.۵ بهرهوری طیفی برای مقادیر مختلف SNR. کاربران در ۵۰۰ متری نقطه A واقع شده اند ۷۶
شکل ۱۵.۵ اثر تخمین غیر دقیق کانال بر روی عملکرد سیستم ها در SNR های مختلف. کاربران در ۵۰۰ متری نقطه A واقع شده اند ۷۷

صفحه

فهرست جداول

جدول ۱.۳ مقایسه روش های مختلف همکاری..... ۲۷
جدول ۱.۵ ماتریس پیشکدینگ مرتبه ۱ در LTE..... ۶۰

۱ مقدمه

۱.۱ پیشگفتار

از زمان پیدایش مخابرات سیار تا کنون، این حوزه از مخابرات، شاهد رشد چشم‌گیری چه در سطح تحقیقات تئوری در این زمینه و چه در سطح پیاده‌سازی عملی بوده است، بگونه‌ای که در مدتی کمتر از ۳۰ سال سه نسل از مخابرات سیار ارایه و پیاده سازی شد و پیش‌بینی می‌شود که تا پایان سال ۲۰۱۲ نیز در حدود نیمی از جمعیت جهان جزو کاربران آن قرار بگیرند. در نسل اول تنها سرویسی که ارایه می-شد، سرویس صدا بود. سرویس پیام کوتاه در نسل ۲ در کنار سرویس صوت در اختیار کاربران قرار گرفت. البته اضافه شدن سرویس پیام کوتاه تنها مزیت نسل ۲ نسبت به نسل ۱ نبود، بلکه کیفیت صدا و ظرفیت شبکه نیز در نسل ۲ نسبت به نسل ۱ افزایش یافت. از مشهورترین سیستم های مخابراتی این نسل می-توان به GSM اشاره کرد که بعدها با اضافه شدن سرویس‌های انتقال داده قابلیت دسترسی به اینترنت نیز برای آن فراهم شد. بمنظور فراهم آوردن سرویس‌هایی با دیتا ریت بالا مانند سرویس‌های چندرسانه-ای، نسل سوم مخابرات سیار که بنام UMTS نیز مشهور است، تمرکز خود را معطوف به این ویژگی در سیستم‌های نسل بعد کرد.

اما با توجه به رشد سریع جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای استفاده از سیستم‌های مخابراتی سیار، محدودیت منابع در دسترس همچون فرکانس، کد و زمان در کنار تقاضا برای سرویس‌هایی با ریت-های بالاتر، سبب شد تا تلاش‌ها برای معرفی نسل جدیدی از مخابرات سیار که پاسخ‌گوی نیازهای جدید و مرتفع کننده کمبودهای نسل های پیشین باشد آغاز شود. یکی از موضوعات مطرح در نسل‌های پیشین، وجود شبکه‌های مختلفی همچون WLAN در کنار شبکه‌های نسل ۲ و ۳ بوده است. این موضوع در نسل ۳ با فراهم‌آوردن امکان handoff بین شبکه‌های 3G و WLAN مورد توجه قرارگرفته بود. بهمین دلیل یکی از موضوعاتی که در راستای پیاده سازی نسل ۴ مطرح شد، بحث همگرایی شبکه های مختلف و ناهمگونی بود که در نسل‌های پیشین بطور مجزا به فعالیت می‌پرداختند. در واقع در نسل ۴ علاوه بر رفع محدودیت‌های نسل‌های قبلی همچون دسترسی به سرویس‌هایی با ریت‌های بالاتر، بدنبال آن هستند که بستری را فراهم آورند که شبکه‌های مختلف بتوانند براحتی در آن فعالیت داشته باشند. این ایده و تفکر منجر به پیدایش بحث همکاری در نسل ۴ شد، بگونه‌ای که این شبکه‌ها بتوانند در کنار

یکدیگر و در یک بستر یکسان از قابلیت‌ها و توانایی‌های یکدیگر در حل مشکلات پیش روی خود استفاده کنند. بدین ترتیب انتظار می رود، ترمینال‌ها و سرویس‌هایی که در نسل های قبل تنها به یک شبکه خاص اختصاص داشتند، بتوانند در نسل ۴، در شبکه‌های متفاوت بکار گرفته شوند.

۲.۱ ساختار کلی پایان‌نامه

در ادامه ابتدا بطور جامع‌تر در مورد ضرورت حرکت به سمت مخابرات تعاونی در سیستم های نسل ۴ صحبت می‌کنیم. سپس ایده مخابرات تعاونی در شبکه‌های سلولار را مطرح و شکل های مختلف ارایه شده برای همکاری در این شبکه را معرفی می‌کنیم. در فصل ۴ از میان شکل های مختلف ارایه شده برای همکاری، همکاری بین BS ها را مورد بررسی بیشتر قرار داده و در همین راستا برخی تکنیک‌های کدینگ و استراتژی‌های ارسال برای این شکل از همکاری را معرفی خواهیم کرد. در انتها نیز در فصل ۵ برخی الگوریتم‌های ارایه شده در همکاری بین BS ها برای ارسال در downlink ، پیاده‌سازی و با روش های متداول ارسال تک سلولی مقایسه می شوند. همچنین مشکلات و مزیت‌های این الگوریتم‌ها بررسی و راهکارهایی جدید برای بهبود عملکرد آنها از نظر پیچیدگی محاسباتی کمتر و پشتیبانی از سرعت های بالاتر ارایه خواهد شد.

۲ حرکت به سمت مخابرات تعاونی در شبکه های نسل ۴

در این فصل ابتدا سعی می‌کنیم تا برخی از مهم‌ترین ویژگی‌ها و توانایی‌های سیستم نسل ۴ را از جهات گوناگون مورد بررسی قرار دهیم. در ادامه خواهیم دید که دو مشخصه بارز سیستم نسل ۴، *غیریکنواختی*[۱] و *همگرایی*[۲] است که این دو مشخصه علاوه بر شبکه‌ها، ترمینال‌ها و سرویس‌هایی که در اختیار کاربران قرار می‌گیرد را نیز در بر می‌گیرد. بهمین دلیل پیش بینی می‌شود که معماری های ارایه شده برای نسل ۴ علی‌رغم تنوع زیادی که خواهند داشت، تعادل بهتری از نظر سهم شبکه های متمرکز و توزیع یافته در این سیستم ایجاد کنند. همچنین انتظار داریم که تعامل بین واحدهای سیار بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد تا بتوانیم از منابع استفاده بهتری داشته باشیم و عملکرد سیستم را بهبود ببخشیم که این امر منجر به همکاری[۳] خواهد شد. این همکاری بین واحدهای سیار نه تنها در حوزه تجهیزات قابل مشاهده از قبیل موبایل‌های کاربران اعمال می‌شود، بلکه لایه‌ها[۴]، الگوریتم‌ها، شبکه‌ها، پردازش‌ها و غیره را نیز در بر می‌گیرد. در واقع همانطور که سیستم‌های MIMO بمعنی خروج از سیستم‌های فرستنده و گیرنده تک آنتنی به سمت سیستم‌هایی است که امکان ارسال و دریافت چندین رشته دیتای مجزا را بصورت همزمان فراهم می‌آورد، نسل ۴ نیز بمنزله خروج از خیلی از راه‌حل‌های متداولی است که در نسل‌های قبلی بکار گرفته می‌شد. در این فصل به برخی از تکنیک‌های همکاری اشاره خواهیم کرد که بنظر می‌رسد قادر خواهند بود تا بسیاری از مشکلات نسل ۴ را مرتفع سازند. بدیهی است که راه حل‌های ساده از قبیل سازوکارهایی با پیچیدگی کمتر برای بکارگیری در لایه‌های MAC[۵] و فیزیکی بیشتر مورد توجه خواهند بود.

---

[1] Heterogeneity

[2] Convergence

[3] Cooperation

[۴] پشته OSI

[5] Medium access control

۱.۲ معرفی نسل ۴ :

نگرش‌های مختلفی در مورد سیستم های نسل ۴ ارایه شده است که دو تا از مهمترین آنها ***نگرش خطی***[1] و***نگرش همزمان***[2] است. نگرش اول نسل ۴ را تعمیم و بسط خطی همان سیستم‌های نسل ۳ فعلی با هدف افزایش ریت می‌داند. این نگرش بیشتر تاکید بر توانایی سرعت بالای سیستم‌های مخابراتی آینده دارد. نگرش دوم مبتنی بر نقش همگرایی نسل ۴ بعنوان یک پلت فرم یکسان برای شبکه‌های مختلف است که تئوری اول بعنوان یکی از مولفه‌های اصلی آن قرار می گیرد. آنچه که مد نظر ITU[3] است، همین نگرش دوم است. بر این اساس سیستم نسل ۴ باید بگونه‌ای باشد که تمام شبکه‌های موجود از جمله سیستم‌های نسل ۲ و ۳ و همچنین دیگر شبکه‌های موجود بتوانند در کنار یکدیگر وجود داشته باشند و این شبکه‌ها در یک بستر یکسان بتوانند به فعالیت بپردازند [1].

۱.۱.۲ خلاصه ای از تاریخچه:

در طی دوره‌ای در حدود ۳۰ سال، سه نسل از مخابرات ارایه و پیاده سازی شد. اولین نسل مخابرات سیار که بنام 1G شناخته می‌شود، تنها سرویس صدا را ارایه می‌داد. در این سیستم‌ها کاربران توسط باندهای فرکانسی مجزا با استفاده از FDMA در حوزه آنالوگ، از هم جدا شده بودند. در سیستم‌های نسل اول از ساختار سلولار متمرکز استفاده شده بود. بحث handover برای داشتن یک ارتباط بدون قطع شدگی بین سل‌ها و رومینگ بین نواحی و کشورها در این نسل ارایه شد. نسل دوم (2G) که سبب گسترش و مقبولیت ارتباطات موبایل شده است، در سال ۱۹۹۰ معرفی شد. از نظر ارتباطی نسل ۲ بمنزله خروج از حوزه آنالوگ و ورود به حوزه دیجیتال بود. این سیستم‌ها که مبتنی بر TDMA بودند، مزیت‌های زیادی مانند افزایش کیفیت سرویس صدا، فراهم آوردن سرویس‌های دیتای ساده ولی پر طرفداری همچون پیام کوتاه، افزایش ظرفیت شبکه و غیره داشتند. بطور ویژه می توان از GSM بعنوان یکی از سیستم‌های مشهور این نسل نام برد که امروزه یکی از رایج ترین سیستم‌های موبایل در سرتاسر جهان است. نسل ۲.۵ که گسترش یافته نسل ۲ است با اضافه کردن سرویس داده و قابلیت های انتقال بسته، امکان دسترسی به اینترنت را نیز برای کاربران فراهم آورده است. نسل ۲ از همان ابتدا بعنوان یک

---

[1] Linear vision

[2] Concurrent

[3] International Telecommunication Union

پلت‌فرم قابل ارتقا مطرح بود، بگونه‌ای که بعدها امکاناتی همچون HSCSD[1]، GPRS[2] و EDGE[3] برای آن ارایه شد. نسل ۳ که در آن برای جداسازی کاربران از تکنیک‌های CDMA استفاده می‌شود، در اواخر دهه ۱۹۹۰ بوجود آمد و در حال حاضر نیز در سرتاسر جهان در حال استفاده است. از مهمترین ویژگی-های نسل ۳ که بنام UMTS نیز شناخته می‌شود، می‌توان به پشتیبانی از دیتا ریت‌های بالاتر و فراهم آوردن handover بین سیستمی مانند 3G-WLAN اشاره کرد. مشابه نسل قبل، نسل ۳ نیز بصورت یک پلت‌فرم تکاملی و قابل ارتقا ارایه شد که یکی از اهداف آن رسیدن به دیتا ریت‌هایی بالاتر در حدود ۱۰ مگا بیت بر ثانیه بود. با افزایش ریت دیتا می‌توانیم سرویس‌های چند رسانه‌ای را نیز در اختیار کاربر قرار دهیم که این موضوع می تواند مشوق خوبی برای حرکت به این سمت در این نسل و همچنین نسل های بعدی باشد.

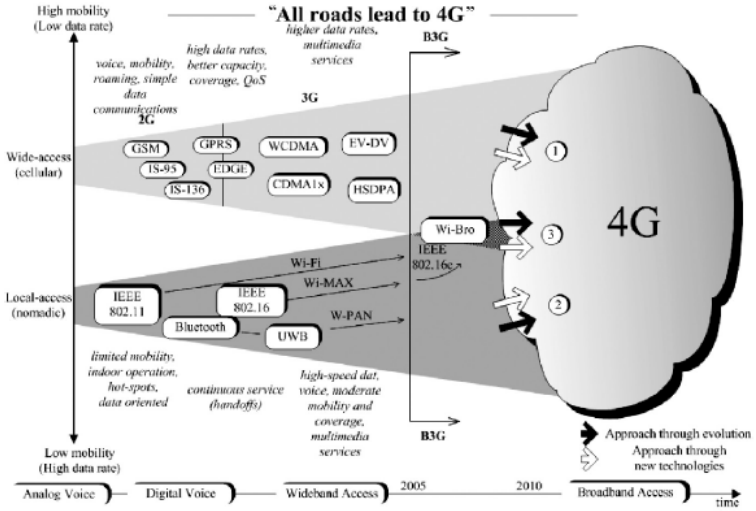
یک موضوع جالب در مورد کاربران تلفن همراه این است که تا سال ۲۰۰۶ در حدود یک سوم از جمعیت جهان کاربر تلفن همراه بوده اند، در حالیکه در ابتدای دهه ۱۹۸۰ تقریباً می‌شود گفت که کاربر تلفن همراهی وجود نداشته است. همچنین پیش‌بینی شده است که تا پایان ۲۰۱۲ این تعداد کاربر به حدود نیمی از جمعیت جهان افزایش یابد [1]. با توجه به رشد سریع جمعیت، نیاز به سیستمی که بتواند پاسخ‌گوی نیازهای جدید این جمعیت در حال رشد همچون سرویس‌های مبتنی بر ریت دیتای بالا باشد، هر چه بیشتر احساس می‌شود. لذا برای حل مشکلات باقی مانده از نسل‌های پیشین و همچنین فراهم-آوردن یک پلت فرم یکسان برای شبکه‌های سیار مختلف، طراحی سیستم نسل ۴ آغاز شد. آنچه که از سیستم های آینده می‌توان انتظار داشت علاوه بر دیتا ریت های بالاتر، بحث همگرایی شبکه های سیار است. لذا ما می‌توانیم انتظار داشته باشیم که شبکه نسل ۴ آینده سیستمی باشد که در آن شبکه‌های مختلف و ناهمگن (از قبیل 3G، WLAN، شبکه‌های بی‌سیم با سرعت بالا و غیره) بصورت یکپارچه در کنار یکدیگر و مانند یک شبکه واحد فعالیت کنند و با این کار از شبکه‌های دسترسی برد بلند (سلولار) و دسترسی محلی در کنار یکدیگر استفاده شود [1]. بعنوان نمونه، همانطور که در شکل ۱.۲نیز نشان داده شده است، شبکه های برد وسیع مانند GSM از سرعت‌های بالا پشتیبانی می‌کنند، ولی ریت دیتای پایین‌تری نسبت به شبکه‌های دسترسی محلی دارند. در مقابل شبکه‌های دسترسی محلی نیز به برخی

[1] High Speed Circuit Switched Data

[2] General Packet Radio System

[3] Enhanced Data Rates for GSM Evolution

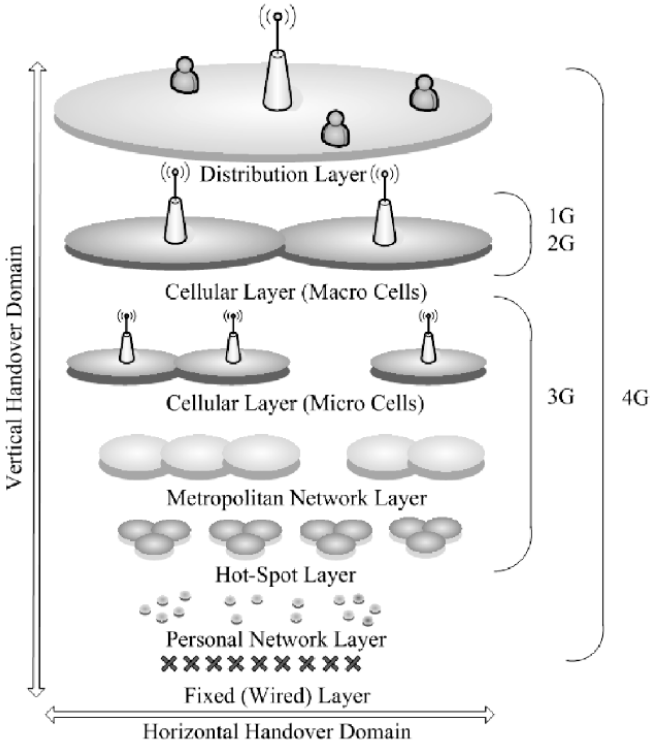
ویژگی‌های شبکه‌های دسترسی برد وسیع مانند پشتیبانی از سرعت‌های بالاتر، پوشش یکپارچه و استفاده بهتر از منابع رادیویی نیاز دارند. استفاده از این دو شبکه در کنار یکدیگر می‌تواند تا حد زیادی از مشکلات هر یک از آنها بکاهد [1].



شکل ۱.۲ همگرایی شبکه های مختلف در نسل ۴ [1].

از نظر پوشش جغرافیایی نیز این شبکه‌ها با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند. بطور مثال همانگونه که در شکل ۲.۲ نشان داده شده است، سرویس های پخش گسترده همچون DAB و DVB بیشترین پوشش را ایجاد می‌کنند. میزان پوشش برای شبکه‌های سلولار می‌تواند ده ها کیلومتر را نیز دربر بگیرد، در حالیکه میزان پوشش برای شبکه‌هایی با برد کوتاه برای پیکوسل‌ها از چند صد متر فراتر نمی‌رود. هم اکنون در نسل ۳ با استفاده از handover عمودی از ترکیب لایه سلولار (معمولاً میکرو سل‌ها) با لایه hot-spot (WLAN) برای ایجاد پوشش مناسب در برخی نقاط خاص استفاده می‌شود. آخرین سطح از نظر سطح قابل پوشش مربوط به PAN می‌شود که محدوده‌ای در حدود ۱۰ متر را شامل می‌شود. ارتباطات برد کوتاه کمتر از ۱ متر مانند NFC[1] و همچنین شبکه‌های سنسور بی‌سیم (WSN) نیز در این لایه قرار می‌گیرند. نسل ۴ باید بتواند از همه این شبکه‌های با بردهای مختلف و دیتا ریت‌های مختلف نیز پشتیبانی کند [1].

[1] near-field communication



شکل ۲.۲ مقایسه پوشش لایه های مختلف شبکه [1].

۲.۲ فرصت های همکاری در نسل ۴:

در این بخش در ابتدا به برخی از چالش‌ها و مشکلات پیش روی سیستم نسل ۴ اشاره کرده و سپس نشان می‌دهیم که تکنیک‌های همکاری چگونه می‌توانند بسیاری از این مشکلات را برطرف سازند.

۱.۲.۲ برخی از مشکلات پیش روی نسل ۴:

بسیاری از پیاده سازی‌هایی که در نسل ۴ در سطح سیستم و لینک شبکه‌ها وجود دارد، به شکلی نشان‌دهنده یک همکاری بین واحدهای عمل کننده است. این واحدها می‌توانند محسوس یا نامحسوس باشند، از لایه‌های OSI گرفته تا پردازش‌های دیجیتال و یا اجزای فیزیکی یک سیستم. در همین راستا،

همکاری درون لایه ای[1] بویژه در لایه های MAC و فیزیکی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. همکاری بین لایه‌ای[2] نیز در طراحی های cross-layer و بهینه‌سازی در نسل ۴ مورد توجه قرار گرفته‌اند [1].

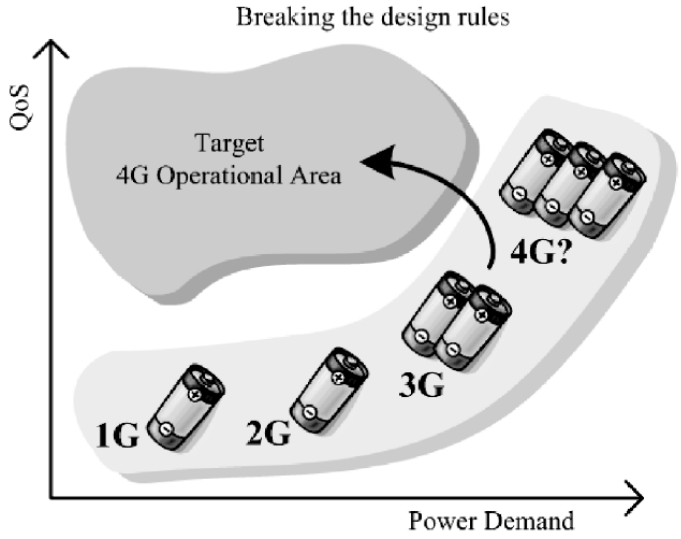
برخی مشکلات مهم نسل ۴ نتیجه مستقیم طبیعت آن است. یکی از این موارد، فراهم کردن یک اتصال سیار فراگیر و یکپارچه در یک محدوده وسیع برای سناریوهای مختلف ثابت، کوچ گرایانه[3] و متحرک و همچنین پشتیبانی از ترمینال های گوناگون است. مشکل دیگر غیر یکنواخت بودن شبکه‌ها، ترمینال‌ها و همچنین سرویس‌ها است که علی‌رغم یکنواختی، باید بصورت یکپارچه عمل کنند [1]. اتصال یکپارچه در نسل ۴ بدین معنی است که مشابه شکل ۲,۲ باید پیوستگی فضایی و زمانی هنگام فراهم کردن سرویسها هم در داخل و هم به موازات شبکه‌ها وجود داشته باشد.

یکی دیگر از این مشکلات تقاضای توان بیشتر ترمینالها در نسل ۴ است. این مشکل نه تنها از نظر فنی بسیار مهم است، بلکه بر روی پذیرش سیستم جدید از سوی کاربران و در نتیجه موفقیت نسل ۴ تاثیر می‌گذارد؛ زیرا شارژ کردن پی‌درپی موبایل‌ها و تعویض مداوم باتری‌ها برای کاربران چندان مطلوب نیست. شکل ۳.۲ سیر تقاضای توان را در نسل های مختلف نشان می‌دهد. یکی از مشکلات اساسی در نسل ۴ این است که قوانین مرسوم در طراحی‌ها را بگونه ای تغییر دهیم تا بدون نیاز به افزایش قابل توجه در توان مورد نیاز، بتوانیم سرویس های جدیدتر را پیاده کنیم [1]. در نسل 2G سرویس های قابل ارایه به کاربران ثابت بودند، ولی در نسل 3G سرویس های ارایه شده به کاربران به مکان کاربران نیز وابسته است، بدین معنی که بسته به محل کاربران سرویس های مختلفی را می توان به آنها ارایه کرد. در نسل 4G سرویس ها علاوه بر مکان به عوامل دیگری از قبیل نوع ترمینال ها و زمان نیز وابسته خواهند بود. تغییر قوانین طراحی‌های فعلی باید در جهتی باشد که وابستگی کمتر بین سرویس‌ها و توان مصرفی را در پی داشته باشد [1].

[1] intra-layer

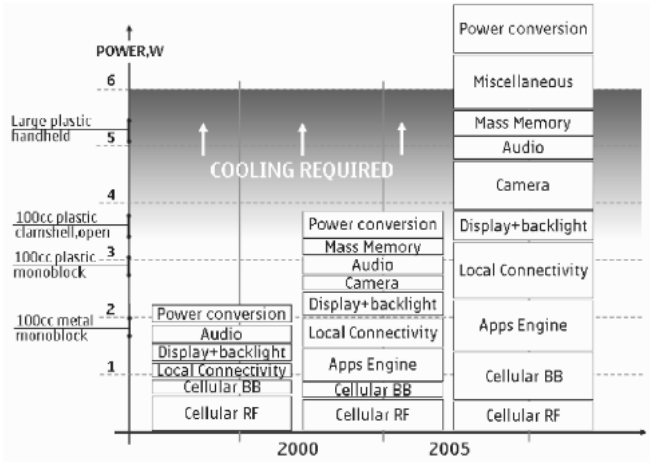
[2] Inter-layer

[3] Nomadic



شکل ۳.۲ میزان مصرف توان در نسل های مختلف مخابرات [1].

تکنیک‌های همکاری این پتانسیل را دارند که با به اشتراک گذاشتن و یا تقسیم وظایف در بین گروه‌های همکاری قوانین طراحی‌های فعلی را بشکنند و بتوانند وابستگی کمتر بین سرویس‌ها و مصرف توان برای یک کاربر را رقم بزنند. در سیستم‌های نسل ۳ با افزایش ریت (مثلاً برای سرویس‌های پیشرفته) ما نیاز داریم تا توان ارسالی را بطور قابل توجهی زیاد کنیم. اگر قرار باشد که در نسل ۴ نیز تحت معماری شبکه مشابه نسل ۳ عمل شود، بنظر می رسد که چیزی تغییر نکند و در نتیجه ترمینال‌ها همچنان مشکل توان مصرفی خواهند داشت [1]. در نسل ۴ باید دنبال تکنیک‌هایی باشیم که این وابستگی بین سرویس‌ها و مصرف توان را متعادل کنیم.



شکل ۴.۲ مصرف توان در ترمینال های بی سیم (شرکت نوکیا) [1].