

طراحی، بهینه‌سازی و کنترل توان

در شبکه‌های موبایل

(مخابرات سیار سلولی)

با معرفی موبایل‌های نسل سوم و چهارم

WCDMA, HSDPA, HSUPA, HSPA+, TO LTE

مؤلف: مهندس امین علی‌آبادی

(کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات و مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر)

باهمکاری: مهندس مژگان همراه

(مهندسی تکنولوژی برق - الکترونیک)

زیر نظر دکتر سیدعلی علویان

(استادیار دانشکده علمی کاربردی پست و مخابرات)

انتشارات جاودان خرد

هرگونه استفاده از جلد و متن کتاب (اعم از: زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری، تهیه CD) بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

سرشناسه	علی آبادی، امین.
عنوان و نام پدیدآور	طراحی، بهینه سازی و کنترل توان در شبکه های موبایل (مخابرات سیار سلولی) با معرفی موبایل های نسل سوم و چهارم... /مؤلف امین علی آبادی با همکاری مژگان همراه؛ زیر نظر سیدعلی علویان
مشخصات نشر	تهران: جاودان خرد، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۳۷۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978 - 964 - 6030 - 74 - 9
وضعیت فهرست نویسی	فیا
موضوع	تلفن همراه.
موضوع	مخابرات - سیستم های سیار
موضوع	سیستم های تلفنی باخته ای
شابک افزوده	همراه، مژگان
شابک افزوده	علویان، علی، ناظر
رده بندی کنگره	TK6۵۷۰/۸۶۸۳ ۱۳۹۰
رده بندی دیویی	۶۲۱/۳۸۴۵۶
شماره کتابشناسی ملی	۲۶۰۷۶۲۹



انتشارات جاودان خرد

طراحی، بهینه سازی و کنترل توان در شبکه های موبایل (مخابرات سیار سلولی)

تألیف: امین علی آبادی با همکاری مژگان همراه، زیر نظر سیدعلی علویان

مدیر تولید و ناظر چاپ: بابک کاشی چی

نوبت و تاریخ چاپ: اول ۱۳۹۰

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

کلیه حقوق محفوظ است.

شابک ۹-۷۴-۶۰۳۰-۹۶۴-۹۷۸

مراکز پخش:

انتشارات گوتنبرگ: تهران - خ انقلاب روبروی دانشگاه تهران - پ ۱۲۱۲ - تلفن ۶۶۴۱۳۹۹۸

انتشارات جاودان خرد: مشهد - احمدآباد - مقابل محشمی - تلفن ۰۵۱۱۸۴۳۴۵۲۷

قیمت: ۹۹۰۰ تومان

«محال کلمه ایست که در فرهنگ دیوانگان یافت می‌شود»

سخن مؤلفان

انقلاب موبایل

یک انقلاب جهانی در حال وقوع می‌باشد در صورتی که اکثر مردم هنوز متوجه شکل‌گیری این انقلاب نشده‌اند. در این کتاب ما در مورد انقلاب موبایل صحبت می‌کنیم.

در مدت زمان ۵ سال آینده، حدود ۴۵۰ میلیون نفر بر روی کره زمین به شبکه‌های ارتباطاتی متصل خواهند شد یا به عبارت دیگر، یک میلیون مشترک جدید در هر روز یا ده مشترک جدید در هر ثانیه. در مدت زمانی که این صفحه را مطالعه می‌کنید، ۱۰۰۰ نفر دیگر هم عضو جامعه ارتباطات جهانی خواهند شد. برای اغلب آنها نه تنها اولین تلفن همراه آنها خواهد بود بلکه حتی اولین تلفن آنها خواهد بود و برای حداقل نیمی از آنها اولین دوربین، دستگاه پخش موسیقی و حتی اولین دسترسی به شبکه اینترنت نیز خواهد بود. ممکن است بگویید انقلاب موبایل لغت بزرگی می‌باشد. چرا کمی بیشتر فروتن نباشیم و آن را تکامل موبایل (LTE) نامیم؟! در واقع، الگوی رشد صنعت سلولی در دهه ۱۹۹۰ بیشتر تکاملی بود. اگرچه در سال‌های اخیر شتاب به روی کیفیت‌های مختلف متمرکز است. با ساخت موبایل صوتی به سمت تمامی جنبه‌های زندگی خود حرکت کردیم، موسیقی موبایل (Mp4)، تلویزیون موبایل (MBMS)، ایمیل موبایل (Web Browsing) و دفتر موبایل (NoteBook) به ما اجازه می‌دهد تا خود را از مکان‌های ثابت آزاد سازیم. دیگر نیازی نیست برای تماشای دقایق ابتدایی یک مسابقه ورزشی در تلویزیون، عجلانه به خانه بازگردیم. فروشندگان؛ کاتالوگ فروش و لیست قیمت‌های خود را از طریق هوا به طور مستقیم به دستگاه موبایل مشتری‌های خود ارسال می‌کنند. خدمات موبایل با قابلیت ویدئویی، ظرفیتی برای تبدیل راهی است که محصولات تولیدی در آن نمایش داده شوند. زنجیره‌های ارزشی اکنون تنها در حال تعریف می‌باشند. جامعه شناسان متعددی مطالعات آکادمیکی در رابطه با تأثیرات ارتباطات موبایل بر روی جوامع را آغاز کرده‌اند. از آنجا که رفتارهای گروهی و قبیله‌ای در میان نوجوانان با یک محل خاص گره خورده است، برای نمونه یک پارک محلی، اما جوامع امروزی از طریق ابزارهای ارتباطی بدون در نظر گرفتن محل و مکان، شکل گرفته‌اند. این امر تأثیر قابل توجهی در تحول و توسعه جوامع دارد.

در آپریل سال ۱۹۹۱، اولین دستگاه پایه GSM را مشاهده کردم. احتمالاً آخرین قطعات تجهیزات اولین نسل از این دستگاه در موزه‌های فنی دنیا قرار دارد. از آن پس هزاران نفر از مهندسان با تجربه و نوآور در جهت تجهیز تکنولوژی از GSM به GPRS، EDGE، WCDMA و HSPA و هم اکنون نیز LTE با یکدیگر همکاری کردند.

سونیچینگ نرم افزاری، مفاهیم سونیچینگ سنتی (سونیچ مداری یا CS) را جایگزین می‌کند و

تکنولوژی IP، همگرایی خدمات و تکنولوژی واقعی را فراهم می‌سازد. اگرچه چالش واقعی در آینده در بستر فراهم آوردن سرعت‌های بالا برای شبکه‌ها یا برقراری ارتباط سریع‌تر با مردم قرار نمی‌گیرد، از نظر دانشمندان، شاهکار مهندسی واقعی، خلق و ایجاد کیفیت برتر برای کاربر نهایی می‌باشد. مصرف‌کننده‌ها هیچ علاقه‌ای به درک مخفف لغات ندارند چه برسد درک چگونگی کارکرد آنها. مصرف‌کننده‌ها خواستار استفاده آسان و کیفیت برتر در هر زمان و هر مکان می‌باشند.

چالش مهندسی نهایی درک تجربه مطلوب و اجرای اکوسیستم فنی از واسط کاربر و به کارگیری سیستم دستگاه موبایل از طریق شبکه رادیویی و هوایی می‌باشد که از طریق برنامه‌های میانی و متصل به اینترنت، شبکه صوتی و یا مشترک در محیط عبور می‌کند. شبکه‌های موبایل مارا قادر می‌سازند تا از یک مکالمه تلفنی موبایل بدون هیچ قطعی و وقفه‌ای در حالی که در بزرگراهی در آلمان در حال رانندگی می‌باشیم، بدون هیچ محدودیت سرعتی با سرعت $200 \frac{km}{h}$ با جابه‌جایی هر ۵۰-۶۰ ثانیه لذت ببریم و یا به تجار این اجازه را می‌دهد تا در حین سوار شدن در آسانسور ساختمان‌های مرتفع از قبیل برج سنگاپور یا هنگ کنگ، ایمیل خود را چک کنند. در هر حال آیا شما درباره تکنولوژی قبل از قبیل انتشار رادیویی، طراحی سلول، بهینه‌سازی، جابه‌جایی یا مدیریت پوشش اطلاعاتی دارید؟ تصور کنید چه درک فنی‌ای برای طراحی، اجرا و بهینه‌سازی خدمات و شبکه انتها به انتها نیاز است. خدمات زمان واقعی و پهنای باند مانند تماس ویدیویی تنها به صورت بُعد اضافی به معادله پیچیده قبلی در نظر گرفته می‌شوند. فراهم‌کنندگان خدمات و نیز کاربران، هر دو، نیاز به داشتن درک مفصل از چیزی که برای خلق و ایجاد یک شبکه با کیفیت برای کاربران موبایل در جهت داشتن یک تجربه با کیفیت برای کاربران نیاز است دارند. جنبه‌هایی که برای طراحی و بهینه‌سازی انواع گوناگون شبکه‌ها از GSM تا EGPRS و UMTS نیاز است توسط این کتاب تا حد امکان صورت گرفته است و این کتاب قطعاً به مردم در صنعت سلولی برای ارتقاء شبکه‌های خود به سطحی که مشترکین در آن به یک تجربه مطلوب دست پیدا می‌کنند، کمک می‌کند. همچنین بیان کاملی از تکنولوژی‌های نسل چهارم موبایل، بهره‌ای جدید به سوی ره‌آوردی ارزشمند در آینده را به روی ما می‌گشاید. در این کتاب از تجربیات و کتب دانشمندان معروف Ajay Rmishra و همکار وی که تجربیات خود را از آزمایشگاه‌های R&D تا طراحی شبکه سیار سلولی در تمامی شش قاره و نیز مقالات و ژورنال‌های ارزشمند برای بهره‌مندی حرفه‌ای صنعت موبایل قرار داده‌اند، استفاده نموده‌ایم. یک هزار سال پیش، خطوط آهن و جاده‌ها برای مرتبط کردن شهرها به هم ساخته شدند. کامپیوترها و ماشین‌ها از طریق اینترنت به هم متصل می‌شوند. اما اکنون انقلاب موبایل می‌تواند جهان مردم و زندگی آنها را به هم مرتبط کند.

در تقاطع تاریخ

صنعت ارتباطات موبایل به یک تقاطع مهم در توسعه و پیشرفت خود رسیده است؛ یک راه منجر به

بلوغ صنعت صدا محور 2G کاربر انتهایی می‌شود، در حالی که راه دیگر امکانات شگفت‌انگیزی برای کاربر انتهایی در جهت استفاده از خدمات 3G داده محور متنوع، ماورای خدمات تصویری معمولی ارائه می‌کند. سودآوری این صنعت در سطوح بالای منطقی آن می‌باشد، اما هنوز این صنعت از کمبود ظرفیت زیر ساخت خود که مسلماً منجر به جلوگیری از کاهش قیمت‌ها برای رقابت در بازار می‌شود، رنج می‌برد. رشد اخیر در مشترکین موبایل 2G به ویژه در بازارهای در حال ظهور، به علت عبور پیش بینی شده مشترکین موبایل از مرز دو میلیون در سال ۲۰۰۵ می‌باشد. صدور مجوزهای 3G بعد از انتظار طولانی در چین و شروع گسترش 3G در آمریکا در سال ۲۰۰۶ جای می‌گیرد. در اروپای غربی که خدمات 3G به طور تجاری گسترش یافته است، علی‌رغم این که پوشش شبکه در خارج از مناطق شهری صورت گرفته است؛ اما تصمیم مشترک هنوز تحت پیش بینی‌های قبلی باقی مانده است. اعتقاد بر این است که داده (نه تنها برای انحراف کاهش صدا ARPU) (درآمدهای سالانه به ازای هر کاربر) فرصت‌های تجاری اضافی قابل توجهی برای اپراتورهای موبایل فراهم می‌آورد. درآمدهای داده‌ای کنونی به اندازه ۱۶٪ ARRU می‌باشند. با جابه‌جایی به تکنولوژی‌های سرعت بالا از قبیل WCDMA یا HSDPA و CDMA، 1X/EV-DO که به ویژه برای توان عملیاتی و ظرفیت بالاتر داده طراحی شده‌اند می‌توانند به طور قابل توجهی درآمد اپراتورها را بالا برند.

چشم انداز رقابتی صنعت ارتباطات راه دور نیازمند رویکرد تازه‌ای برای مدیریت هزینه‌ها می‌باشد که بتواند ضمن کاهش هزینه‌ها، راه‌هایی برای ارتقاء و افزایش بهره‌وری پیدا کند و در همین حال خدمات ارزش افزوده را برای کاربران انتهایی ارائه دهد. یک راه حل طراحی و بهینه سازی شبکه‌ها از طریق بهره‌گیری از دارایی‌های اصلاح شده و سرمایه‌های افزوده شده شبکه می‌باشد که در کل باعث ارتقاء کارایی و عملکرد شبکه می‌شود. چالش‌های پیش رو در طراحی و بهینه سازی شبکه‌ها به طور کامل توسط Ajay Rmishra و همکارانش در این کتاب بررسی شده است. با وجود نوشته‌های متعدد آنها در این زمینه، قادر به درگیری مستقیم با طراحی و بهینه سازی شبکه واقعی نیز بودند.

سیستم‌های مخابراتی سیار نسل دوم مانند GSM^۱ امکان برقراری مکالمات تلفنی صوتی به صورت بی سیم با قابلیت جابجایی کاربران در سطح بین المللی را در دهه ۱۹۹۰ امکان پذیر ساختند. با معرفی این سیستم‌ها تعداد کاربران تلفن همراه به سرعت از تعداد کاربران تلفن ثابت افزونی گرفت و در بسیاری از کشورها ضریب نفوذ کاربران تلفن همراه به نزدیک ۱۰۰ درصد رسیده است. با این حال قابلیت‌های این سیستم‌ها برای ارسال دیتا بسیار محدود بوده و با ارائه

نسل‌های تکاملی همچون GPRS^۱، تنها امکان ارائه سرویس‌های دیتا با نرخ بیت‌های پایین مسیر گردید.

ارائه سرویس‌هایی با نرخ بیت‌های بالا همچون انجام مکالمات تلفنی تصویری، ارسال تصاویر با کیفیت بالا و دسترسی به اینترنت با سرعت بسیار بالا با ارائه سیستم‌های مخابراتی سیار نسل سوم در اواخر سال ۱۹۹۹ امکان پذیر گردید و تعداد کاربران این سیستم به عددی بالغ بر ۱۳۰ میلیون در ۱۵۰ اپراتور در اواخر سال ۲۰۰۷ رسید. در حال حاضر بسیاری از اپراتورهای تلفن همراه در نسل سوم قرار دارند و در برخی از آن‌ها که به سیستم‌های نسل چهارم مانند LTE^۲ آغاز گردیده است. اپراتورهای نسل دوم (GSM/GPRS) نیز برنامه‌های جامعی در خصوص گذار به نسل سوم تهیه کرده و در حال اجرای آنها هستند. در حال حاضر با توجه به تعداد بسیار زیاد تولید کنندگان تجهیزات، اپراتورهای تلفن همراه، کاربران و ارائه دهندگان خدمات لازم به اپراتورها، بازار کار مهندسی در حوزه مخابرات سیار سلولی یکی از فعال‌ترین بازارهای کار بین‌المللی در قسمت‌های مختلف وابسته، با دستمزد بسیار بالا برای افراد خبره در شرکت‌های معتبر بین‌المللی می‌باشد.

در کشور ما نیز با ورود تکنولوژی GSM در سال ۱۳۷۳ و رشد بسیار سریع ضریب نفوذ آن، در حال حاضر سه اپراتور مشغول به فعالیت در ارائه سرویس‌های مرتبط با نسل دوم در سطح GPRS وجود دارد که تعداد کاربران آنها در مجموع بالغ بر ۵۰ میلیون می‌باشد. با صدور پروانه اپراتور سوم تلفن همراه برای راه‌اندازی شبکه در نسل سوم، ورود این تکنولوژی به کشور آغاز گردیده و سایر اپراتورها نیز در حال آماده‌سازی برنامه‌های خود برای گفار به نسل سوم و نصب و راه‌اندازی این تکنولوژی در کنار شبکه فعلی خود هستند. با توجه به این سطح وسیع فعالیت در کشور، بازار کار این صنعت در حوزه‌های مختلف مانند جذب مهندسين مجرب به صورت مستقیم برای کار یا به صورت پیمانکاری شامل طراحی، بهینه‌سازی، نصب و راه‌اندازی، بازاریابی، امور مشترکین و متقاضیان و... بسیار غنی بوده و ورود شبکه‌های نسل سوم گسترش بیشتری نیز خواهد داشت.

تاریخچه مخابرات سیار

نخستین شبکه تلفن همراه در سال ۱۹۷۹ و در کشور ژاپن توسط اپراتور NTT در توکیو به شکل شبکه آنالوگ راه‌اندازی گردید (نسل اول مخابرات سیار). این شبکه در باند فرکانسی 800MHz و از طریق ۶۰۰ کانال با پهنای باند 25KHz در هر کانال سرویس دهی می‌کرد. نخستین شبکه نسل اول اروپا در سال ۱۹۸۱ و در حوزه اسکندیناوی توسط اپراتور NMT و در باند فرکانسی 450MHz و سپس در سال ۱۹۸۲ توسط اپراتور TACK در انگلستان مورد بهره‌برداری قرار گرفت. تا اواخر

1.General Packet Radio Services

2.Long Term Evolution

دهه ۸۰ میلادی چندین اپراتور تلفن همراه در اروپا وجود داشتند که کاربران آنها قابلیت جابجایی در مناطق تحت پوشش سایر اپراتور و استفاده از تجهیزات یکدیگر جهت سرویس‌گیری را نداشتند. با ظهور تکنولوژی مدارات مجتمع، استفاده از سیستم‌های مخابراتی دیجیتال به جای آنالوگ از هر دو جنبه فنی و اقتصادی توجیه‌پذیر و عملی گردیده و حرکت به سمت نسل جدید مخابرات سیار (نسل دوم) آغاز گردید. این حرکت با معرفی نخستین شبکه مخابرات سیار دیجیتال در اروپا در اوایل دهه ۹۰ میلادی موسوم به شبکه GSM^۱ با قابلیت جابجایی کاربران در سطح بین‌المللی، آغاز گردید. شبکه GSM شناخته شده‌ترین شبکه تلفن همراه نسل دوم در سطح بین‌المللی بر مبنای استفاده از تکنولوژی FDMA^۲ و TDMA^۳ است که اساساً با محوریت مکالمه تلفنی صوتی طراحی گردیده و دارای قابلیت محدودی برای انتقال سرویس‌های دیتا می‌باشد. به منظور گسترش قابلیت این شبکه در ارسال دیتا با نرخ بیت بالاتر و با محوریت دستیابی کاربران به سرویس اینترنت بی‌سیم، این شبکه به سرویس GPRS^۴ (نسل ۲/۵) و EDGE^۵ (نسل ۲/۷۵) ارتقاء یافته و در حال حاضر اکثر اپراتورهای GSM در دنیا دارای این سرویس‌ها می‌باشند. این ارتقاء با افزایش یک زیر شبکه بر مبنای تکنولوژی IP^۶ در قسمت زیر ساخت شبکه GSM انجام شده و به لحاظ تئوری قابلیت ارائه نرخ بیت در حدود 380Kbps را دارد. در حال حاضر شبکه‌های مخابراتی سلولی، در حال ارتقاء به سمت نسل سوم و چهارم مخابرات سیار هستند که قابلیت پشتیبانی و سرویس دهی تمام انواع ترافیک تولیدی کاربران شامل مکالمات تلفنی صوتی، تصویری و انواع سرویس‌های مبتنی بر دیتا را دارند. قابلیت اصلی در دستیابی به این گسترده تنوع سرویس‌ها، به علت استفاده از تکنولوژی IP به شکل گسترده در این نسل، حاصل گردیده است.

شبکه نسل سوم (3G) اساساً یک شبکه چند رسانه‌ای (Multimedia) بر اساس تکنولوژی IP بوده و دارای دو قابلیت اساسی می‌باشد که وجه مشخصه آن نسبت به GSM است. نخست اینکه این شبکه به جای محوریت بر مبنای مکالمه تلفنی صوتی دارای محوریت بر اساس سرویس مورد نیاز کاربر بوده و دوم آنکه قابلیت ارائه نرخ بیت بر مبنای نیاز کاربر را دارد، به طوری که قابلیت تغییر در نرخ بیت آن بر مبنای نیاز لحظه‌ای کاربر، بسیار زیاد است. در حال حاضر شناخته شده ترین استاندارد نسل سوم، شبکه UMTS^۷ است که از تکنولوژی WCDMA^۸ در اتصال هوایی^۹

1. Global System for Mobile Communications
2. Frequency Division Multiple Access
3. Time Division Multiple Access
4. General Packet Radio Services
5. Enhanced Data rates for GSM Evolution
6. Internet Mobile Protocol
7. Universal Telecommunication System
8. Wide-band Code Division Multiple Access
9. Air Interface

قسمت رادیویی شبکه استفاده می‌کند. نخستین استاندارد کامل شبکه UMTS در دسامبر سال ۱۹۹۹ توسط زیر گروه 3GPP^۱ ارائه گردید و لذا به نسخه ۹۹^۲ معروف شده است. نخستین شبکه تجاری نسل سوم بر مبنای همین استاندارد در سال ۲۰۰۱ در ژاپن و سپس در اوایل سال ۲۰۰۲ در اروپا (به صورت آزمایشی) و در خلال سال ۲۰۰۳ جهت استفاده تجاری مورد بهره برداری قرار گرفت.

فکرتالیف این اثر از سال ۱۳۸۹ به ذهن اینجانب خطور کرد و به ترجمه و گردآوری این اثر که بیش از یک سال طول کشید پرداختم؛ البته بی شک وجود نقص نیز در این کتاب مانند هر کتاب دیگر امری واضح و روشن بوده که از تمامی خوانندگان محترم تقاضا دارم تا با نظرات و انتقادات خود اینجانب را مطلع سازند.

از تمامی اساتید عزیزم جناب آقای دکتر سید علی علویان، دکتر رضا دیانت، دکتر علیرضا ملاح زاده، دکتر احمد کشاورز و نیز همکار گرانقدرم سرکار خانم مهندس مژگان همراه کمال قدردانی و تشکر را داشته و برای ایشان همواره آرزوی شادکامی و سلامتی را از خداوند متعال خواستارم. از راهنمایی‌های بسیار مفید و موثر دکتر سید علی علویان و جناب آقای پروفسور همایون عریضی اصفهانی (استاد درس ماکروویو) که در دورم جمع آوری و تحقیق در زمینه پایان نامه کارشناسی ارشد من حقیر با اینجانب همکاری مستمر داشتند کمال تشکر و قدر دانی را دارم. در پایان از زحمات بی دریغ و خستگی ناپذیر پدر، مادر و برادر عزیزم کمال تشکر و قدردانی را داشته و برایشان همواره آرزوی سلامتی و طول عمر روزافزون را از خداوند متعال خواستارم. در پایان از زحمات بی دریغ و خالصانه جناب آقای مهندس بابک کاشی چی و همچنین مسئولین محترم انتشارات جاودان خرد و گوتنبرگ کمال قدردانی و تشکر را دارم.

و اگر تالیف این اثر برای اینجانب و همکارانم منزلتی باشد؛ تقدیم می‌شود به خانواده شهدای گرانقدر هسته‌ای: دکتر مسعود علی محمدی، دکتر مجید شهر باری، مهندس داریوش رضایی‌نژاد و مهندس مصطفی احمدی روشن.

روحشان شاد و راهشان پُر رهرو باد.

امین علی آبادی آذر ۱۳۹۰

communication.blogfa@gmail.com

«سخن خداوند: کاری را که شما با نام من بخواهید انجامش می‌دهم.»

فهرست مطالب

نمای کلی اثر.....	۲۱
فصل اول - موبایل‌های نسل دوم بر پایه CDMA و سیستم‌های طیف گسترده.....	۲۳
بخش اول.....	۲۳
۱-۱- اصول اولیه سیستم‌های مخابرات موبایل.....	۲۳
۱-۲- مخابرات سیارسلولی با دسترسی چندگانه.....	۲۴
۱-۳- روش FDMA.....	۲۵
۱-۴- روش TDMA.....	۲۵
۱-۵- روش CDMA.....	۲۷
۱-۶- مدیریت توزیع کانال.....	۳۰
۱-۷- دست به دست شدن (Hand-off) در شبکه‌های سلولی.....	۳۲
۱-۸- آشنائی با طراحی شبکه‌های تلفنی سیارسلولی.....	۳۳
بخش دوم.....	۳۶
۱-۹- مخابرات طیف گسترده و کاربرد آن در مخابرات سیارسلولی با دسترسی چندگانه.....	۳۶
۱-۱۰- روش DS.....	۳۶
۱-۱۱- روش FH.....	۴۸
۱-۱۲- سیستم‌های سیارسلولی با روش CDMA.....	۵۲
۱-۱۳- مزایا و معایب روش CDMA.....	۵۶
۱-۱۴- تداخل در CDMA و چگونگی مقابله با آن.....	۵۹

۶۲	بخش سوم.....
۶۲	۱-۱۵- تحلیل آماری تداخل و بررسی تأثیر آن در ظرفیت CDMA.....
۶۲	۱-۱۶- مدل انتشار موج.....
۶۵	۱-۱۷- تداخل در ارتباط معکوس.....
۶۶	۱-۱۸- نتیجه گیری و پیشنهادات.....
۶۸	منابع فصل اول.....
۷۱	فصل دوم - فرآیند ظهور موبایل‌های نسل دوم و سوم.....
۷۱	۲-۱- شبکه‌های سلولی.....
۷۱	۲-۲- نسل اول شبکه‌های سلولی.....
۷۲	۲-۳- NMT (تلفن موبایل Nordics).....
۷۳	۲-۴- AMPS (سیستم تلفن همراه پیشرفته).....
۷۳	۲-۵- شبکه‌های سلولی نسل دوم.....
۷۳	۲-۶- D-AMPS (سیستم تلفن همراه پیشرفته دیجیتال).....
۷۴	۲-۷- CDMA (دستیابی چندگانه تقسیم کد).....
۷۴	۲-۸- GSM (سیستم جهانی ارتباطات موبایل).....
۷۵	۲-۹- معماری سیستم.....
۷۶	۲-۱۰- زیرسیستم ایستگاه پایه- شبکه رادیویی (BSS).....
۷۶	۲-۱۱- شبکه سوئیچینگ موبایل.....
۷۷	۲-۱۲- اختصاصی MSC (GMSC).....
۷۷	۲-۱۳- ثبات‌های محل خانه یا مهمان (HLR و VLR).....
۷۷	۲-۱۴- ثابت مکان خانه (HLR).....
۷۷	۲-۱۵- ثبات مکان مهمان (VLR).....
۷۸	۲-۱۶- زیرسیستم بهره‌برداری و نگهداری (OMSS).....
۷۸	۲-۱۷- ثبت تجهیزات و تصدیق کاربر.....
۷۸	۲-۱۸- ایستگاه موبایل (MS).....
۷۹	۲-۱۹- قسمت شناسایی مشترک (SIM).....
۷۹	۲-۲۰- هویت تجهیزات ایستگاه موبایل بین المللی (IMEI).....
۷۹	۲-۲۱- هویت مشترک موبایل بین المللی (IMSI).....
۸۱	۲-۲۲- هویت منطقه محل سکونت (LAI).....
۸۱	۲-۲۳- هویت مشترک موبایل موقت (TMSI).....
۸۲	۲-۲۴- هویت مشترک موبایل محلی (LMSI).....
۸۲	۲-۲۵- محدودیت‌های شبکه‌های 2G.....

۸۲	۲-۲۶ GPRS (سرویس رادیویی بسته عمومی)
۸۳	۲-۲۷ EDGE (افزایش نرخ داده برای تکامل (GSM))
۸۴	۲-۲۸ شبکه‌های سلولی نسل سوم
۸۴	۲-۲۹ CDMA2000
۸۵	۲-۳۰ معماری سیستم UMTS
۸۷	۲-۳۱ کلاس‌های UMTS QOS
۸۷	۲-۳۲ کلاس مکالمه‌ای
۸۷	۲-۳۳ کلاس جریان داده
۸۷	۲-۳۴ کلاس تعاملی
۸۸	۲-۳۵ کلاس پس زمینه
۸۸	۲-۳۶ HSDPA در UMTS
۸۹	منابع فصل ۲
۹۱	فصل سوم - طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های مخابرات سیار
۹۱	۳-۱ طراحی و بهینه‌سازی شبکه رادیویی
۹۱	۳-۲ فرآیند طراحی شبکه رادیویی
۹۱	۳-۳ پروژه‌های طراحی شبکه
۹۲	۳-۴ سازماندهی پروژه طراحی شبکه
۹۳	۳-۵ اهداف و معیارهای طراحی شبکه
۹۵	۳-۶ مراحل فرآیند طراحی شبکه
۹۶	۳-۷ طراحی اولیه
۹۷	۳-۸ طراحی
۹۸	۳-۹ طراحی مفصل
۹۹	۳-۱۰ تایید و پذیرش
۹۹	۳-۱۱ بهینه‌سازی
۹۹	۳-۱۲ طراحی اولیه در یک شبکه رادیویی GSM
۱۰۰	۳-۱۳ معیارهای طراحی شبکه GSM
۱۰۲	۳-۱۴ معرفی GPRS در شبکه GSM
۱۰۲	۳-۱۵ روش‌های کدگذاری در GPRS
۱۰۳	۳-۱۶ معرفی EGPRS به شبکه GSM
۱۰۴	۳-۱۷ A_{bit}
۱۰۴	۳-۱۸ PCU
۱۰۵	۳-۱۹ ارتباط Gb
۱۰۷	۳-۲۰ WCDMA در UMTS

۱-۸	۳-۲۱- حامل WCDMA
۱-۹	۳-۲۲- انتشار و عدم انتشار (انتشار گشایی)
۱۱۰	۳-۲۳- بهره پردازش (PG)
۱۱۱	۳-۲۴- دریافت در شبکه‌های WCDMA
۱۱۲	۳-۲۵- مدیریت منابع رادیویی (RRM)
۱۱۲	۳-۲۶- بعدبندی شبکه رادیویی
۱۱۳	۳-۲۷- محاسبات بودجه خط ارتباط
۱۱۸	۳-۲۸- ابزار بعدبندی
۱۱۹	۳-۲۹- بعدبندی در شبکه EGPRS
۱۱۹	۳-۳۰- بعدبندی در شبکه رادیویی WCDMA
۱۱۹	۳-۳۱- فناوری پوشش محدود
۱۲۰	۳-۳۲- سناریوی ظرفیت محدود
۱۲۳	۳-۳۳- بعدبندی RNC
۱۲۴	۳-۳۴- بهره تنوع ماکرو (MDC)
۱۲۵	۳-۳۵- حاشیه تداخل
۱۲۵	۳-۳۶- سرگیر (Headroom) کنترل توان
۱۲۵	۳-۳۷- انتشار موج رادیویی
۱۲۸	۳-۳۸- مدل Okumura-Hata
۱۳۰	۳-۳۹- مدل Walfish-Ikegami
۱۳۲	۳-۴۰- مدل ردیابی اشعه
۱۳۵	۳-۴۱- طراحی پوشش در شبکه‌های GSM
۱۴۴	۳-۴۲- طراحی پوشش در EGPRS
۱۴۵	۳-۴۳- مناطق پوشش مرتبط با روش های کدگذاری GPRS
۱۴۸	۳-۴۴- طراحی پوشش در شبکه‌های WCDMA
۱۴۹	۳-۴۵- طراحی ظرفیت
۱۴۹	۳-۴۶- طراحی ظرفیت در شبکه‌های GSM
۱۵۲	۳-۴۷- ساختار کانال
۱۵۳	۳-۴۸- ساختار
۱۵۳	۳-۴۹- کانال های ترافیکی (TCH)
۱۵۴	۳-۵۰- کانال کنترل پخش (BCCH)
۱۵۴	۳-۵۱- کانال پخش سلول (CBCH)
۱۵۴	۳-۵۲- کانال تصحیح فرکانس (FCCH)
۱۵۴	۳-۵۳- کانال همگام‌سازی (SCH)
۱۵۴	۳-۵۴- کانال اعطای دسترسی (AGCH)

۱۵۴	۳-۵۵- کانال آگاه‌سازی (NCH).....
۱۵۴	۳-۵۶- کانال صفحه‌بندی (PCH).....
۱۵۵	۳-۵۷- کانال دسترسی تصادفی (RACH).....
۱۵۵	۳-۵۸- کانال کنترل پیوسته آهسته (SACCH).....
۱۵۵	۳-۵۹- کانال کنترل اختصاصی منفرد (SDCCH).....
۱۵۵	۳-۶۰- کانال کنترل پیوسته سریع (FACCH).....
۱۵۵	۳-۶۱- تکنیک های ارتقاء ظرفیت.....
۱۵۵	۳-۶۲- طراحی ظرفیت EGPR و GPRS.....
۱۵۶	۳-۶۳- بعدبندی ترافیک سوئیچ مداری.....
۱۵۶	۳-۶۴- ترافیک سوئیچ مداری و معادله Erlang B.....
۱۵۷	۳-۶۵- منبع قابل دسترسی GPRS در داخل طرح سوئیچ مداری.....
۱۵۸	۳-۶۶- افزایش ظرفیت GPRS.....
۱۵۸	۳-۶۷- تقسیم بار GPRS و سوئیچ مداری- روش قلمرو.....
۱۵۹	۳-۶۸- پرو فایل ترافیک.....
۱۵۹	۳-۶۹- قلمرو اختصاصی GPRS.....
۱۶۰	۳-۷۰- قلمرو پیش فرض GPRS.....
۱۶۱	۳-۷۱- ارتقاء یا کاهش قلمرو.....
۱۶۲	۳-۷۲- ارتقاء GPRS.....
۱۶۳	۳-۷۳- توان عملیاتی داده‌ها.....
۱۶۴	۳-۷۴- تأثیرات بار روی انواع دستیابی کاربران.....
۱۶۴	۳-۷۵- کاهش کیفیت خدمات و سرعت.....
۱۶۵	۳-۷۶- خلاصه‌ای از بعدبندی ترافیک EGPRS و GPRS.....
۱۶۵	۳-۷۷- طراحی ظرفیت در شبکه‌های WCDMA.....
۱۶۶	۳-۷۸- خط ارسال WCDMA.....
۱۶۷	۳-۷۹- خط دریافت.....
۱۶۸	۳-۸۰- ظرفیت نرم.....
۱۶۸	۳-۸۱- طراحی فرکانس.....
۱۷۱	۳-۸۲- کنترل توان.....
۱۷۲	۳-۸۳- ارسال ناپیوسته.....
۱۷۳	۳-۸۴- جهش فرکانسی (Frequency hopping).....
۱۷۵	۳-۸۵- تحلیل تداخل.....
۱۷۵	۳-۸۶- طراحی پارامتر.....
۱۷۵	۳-۸۷- طراحی پارامتر در شبکه GSM.....
۱۷۸	۳-۸۸- ابزارهای پارامتر.....

۱۷۹	۳-۸۹- طراحی پارامتر در شبکه EGPRS
۱۷۹	۳-۹۰- پارامترها
۱۸۰	۳-۹۱- جایجایی درون سلولی برای افزایش قلمرو GPRS
۱۸۲	۳-۹۲- ترکیبات کانال
۱۸۳	۳-۹۳- پیکربندی ترکیبی
۱۸۴	۳-۹۴- پیکربندی غیر ترکیبی
۱۸۵	۳-۹۵- ظرفیت (AGCH و PCH)
۱۸۵	۳-۹۶- بعدبندی منطقه مسیریابی و بار PCH
۱۸۶	۳-۹۷- حالت بی کار (GPRS)
۱۸۶	۳-۹۸- حالت Stand By
۱۸۶	۳-۹۹- حالت آماده (READY)
۱۸۸	منابع فصل سوم
۱۸۹	فصل چهارم - کنترل توان در سیستم‌های مخابرات سیار
۱۸۹	بخش اول
۱۸۹	۴-۱- سیستم‌های مخابرات سلولی
۱۹۰	۴-۲- استانداردهای سلولی موجود
۱۹۴	بخش دوم
۱۹۴	۴-۳- سیستم‌های سلولی CDMA کنترل توان شده
۱۹۵	۴-۴- ظرفیت سیستم‌های TDMA و FDMA
۱۹۵	۴-۵- ظرفیت سیستم CDMA
۱۹۷	۴-۶- ظرفیت سیستم تک سلولی CDMA
۱۹۹	۴-۷- ظرفیت سیستم CDMA با دو سلول
۲۰۱	۴-۸- ظرفیت سیستم چند سلولی CDMA به روش تحلیلی
۲۰۳	۴-۹- ظرفیت سیستم چند سلولی CDMA
۲۰۶	۴-۱۰- نتایج به دست آمده
۲۰۷	۴-۱۱- دست به دست شدن نرم
۲۰۹	۴-۱۲- خلاصه
۲۱۰	بخش سوم
۲۱۰	۴-۱۳- کنترل توان در سیستم‌های CDMA سلولی
۲۱۱	۴-۱۴- روش‌های تنظیم توان

۲۱۳	۴-۱۵ - پیاده سازی الگوریتم های کنترل توان
۲۱۳	۴-۱۶ - مروری بر کارهای انجام شده
۲۱۵	۴-۱۷ - الگوریتم های کنترل توان
۲۱۵	۴-۱۸ - دسته اول کاربران با کیفیت مورد نیاز یکسان
۲۱۵	۴-۱۹ - الگوریتم های کنترل توان با کنترل مرکزی
۲۲۱	۴-۲۰ - الگوریتم SRA
۲۲۲	۴-۲۱ - الگوریتم SMIRA
۲۲۲	۴-۲۲ - الگوریتم CTP-MSIR SRA
۲۲۳	۴-۲۳ - الگوریتم SORA
۲۲۳	۴-۲۴ - الگوریتم های کنترل توان توزیع یافته
۲۲۵	۴-۲۵ - دسته دوم موجود کاربران با کیفیت های مورد نیاز متفاوت
۲۲۶	۴-۲۶ - کنترل توان توزیع یافته
۲۲۹	۴-۲۷ - مسائلی در مورد کنترل توان
۲۲۹	۴-۲۸ - محدودیت توان ارسالی
۲۳۱	۴-۲۹ - تخصیص ایستگاه پایه و کنترل توان
۲۳۱	۴-۳۰ - تخصیص توان مینیمم به کاربران
۲۳۱	۴-۳۱ - تخصیص دست به دست شدن نرم
۲۳۶	منابع فصل چهارم

فصل پنجم - فصل پنجم خط انتقال هوایی (Air Interface) بر پایه تکنولوژی WCDMA ... ۲۳۹

۲۳۹	۵-۱ - خلاصه ای از پارمترهای اصلی در WCDMA
۲۴۵	۵-۴ - کانال رادیویی چندمسیری و دریافت Rake
۲۵۰	۵-۵ - کنترل توان
۲۵۳	۵-۶ - هند آورهای نرم و نرم تر
۲۵۵	۵-۷ - زمینه و استاندارد سازی WCDMA
۲۵۵	۵-۸ - زمینه در اروپا
۲۵۶	۵-۹ - CDMA با باند پهن
۲۵۷	۵-۱۰ - TDMA با باند پهن
۲۵۸	۵-۱۱ - TDMA/CDMA با باند پهن
۲۵۸	۵-۱۲ - OFDMA
۲۶۰	۵-۱۳ - ODMA
۲۵۹	۵-۱۴ - انتخاب
۲۶۰	۵-۱۵ - زمینه در کره جنوبی
۲۶۱	۵-۱۶ - زمینه در ایالات متحده

۲۶۴	 W-CDMA N/A-۵-۱۷
۲۶۱	 UWC-136 -۵-۱۸
۲۶۲	 TR 46.1 -۵-۱۹
۲۶۲	 WP- CDMA -۵-۲۰
۲۶۲	 3GPP خلق -۵-۲۱
۲۶۴	 3GPP چگونه عمل می‌کند؟ -۵-۲۲
۲۶۶	 مرحله هماهنگ‌سازی (منطبق بودن) -۵-۲۳
۲۶۸	 3GPP ی۹۹ ماورای ریلیز -۵-۲۵
۲۷۱	 منابع فصل پنجم
۲۷۳	 فصل ششم - ظهور LTE و موبایل‌های نسل چهارم
۲۷۳	 HSDPA/MBMS IN UMTS/HSPA+/LTE IN 3GPP (نسخه هشت)
۲۷۳	 ۱-۶- بخش اول نسخه پنج
	 ۲-۶- بخش دوم؛ افزایش نرخ بیت قابل دسترس کاربر در جهت UL با معرفی HSUPA در
۲۹۰	 نسخه ۶
۳۰۲	 ۳-۶- بخش سوم؛ سرویس MBMS ^۱ در UMTS نسخه ۶
۳۱۹	 ۴-۶- بخش چهارم؛ HSPA+ ^۲ در 3GPP نسخه ۷
۳۳۴	 ۵-۶- بخش پنجم؛ LTE ^۳ در 3GPP نسخه ۸
۳۶۷	 منابع فصل ششم و منابع برای مطالعه بیشتر
۳۶۹	 اختصارات

«از راهی نروید که روندگان آن بسیارند.»

نمای کلی این اثر

هر روزه، سطح درک کاربران موبایل و سطح پیچیدگی شبکه‌های سلولی به سطح بالاتر ارتقاء می‌یابد. این شبکه‌ها چیزی بیش از شبکه‌های GSM مرسوم نمی‌باشند ولی دارای ترکیب پیچیده‌ای از تکنولوژی‌های 2G و 3G می‌باشند. وجود همه این تکنولوژی‌ها در یک شبکه سلولی باعث می‌شود به طراحی و بهینه‌سازی این شبکه‌ها از یک منظر متفاوت نگریسته شود. روزهای طراحی شبکه‌های GSM و EGPRS و WCDMA سپری شده‌اند. اکنون تجارت شبکه‌های سلولی درباره یافتن ابعادی برای تکنولوژی‌های پیشرفته و جدید، طراحی و بهینه‌سازی شبکه‌های 3G و ارتقاء شبکه‌های 2G (GSM)، 2.5G (GPRS) و ۲/۷۵ (EDGE) می‌باشد. برای حفظ و نگهداری این شبکه‌ها بعد از مراحل طراحی، اجرا و راه‌اندازی؛ موارد بسیاری باید در نظر گرفته شود.

این کتاب از این جهت نگارش شده است تا روزهای کنونی را به خاطر داشته باشیم. موارد متعددی هست که برای نوشتن در این کتاب به رویکرد خاصی نیاز داشت. برای نمونه مسائلی که در طراحی و بهینه‌سازی با آن رو به رو بودیم و با راه‌حل‌های رویکردی ساده مرتفع شد. مدیریت پروژه‌های شبکه‌های سلولی مرتبط با مسائلی است که تأثیری مستقیم بر روی طراحی شبکه و دید خواننده از مسائل واقعی زندگی دارد. به همین منظور، این کتاب، تصمیم‌های برای مدیریت پروژه در نظر گرفته که یک دید انتها به انتها در فرآیند انجام پروژه را به خواننده خواهد داد. هر چند اصول اکثر مفاهیم در کتاب از اصول طراحی و بهینه‌سازی شبکه‌های سلولی (منتشر شده توسط John Wiley و پسران) آورده شده است، اما مفاهیم اساسی کتاب به شش فصل تقسیم شده است.

فصل اول به اصول اولیه مخابرات سیار و معرفی روش‌های دسترسی چند گانه و نیز سیستم‌های SS یا طیف گسترده می‌پردازد.

فصل دوم با معرفی شبکه‌های سلولی سر و کار دارد. این فصل ما را به سفری در اولین نسل از شبکه‌های نسل سوم می‌برد. این فصل با مسائل طراحی و بهینه‌سازی شبکه‌های GSM، EGPRS و WCDMA سر و کار دارد. هر بار که یک مفهوم توضیح داده می‌شود برای نمونه در طراحی GSM، با طراحی شبکه‌های EGPRS دنبال می‌شود و بعد از آن با طراحی شبکه‌های WCDMA پیگیری می‌شود. این موضوع به این دلیل است که فلسفه نهایی کتاب را به خاطر داشته

باشیم. این کتاب به مهندسانی که در این زمینه مشغول کار هستند، اطلاعات جدیدی در رابطه با چگونگی به کارگیری تکنولوژی‌های خاص شبکه، ارائه خواهد داد.

فصل سوم درباره طراحی و بهینه سازی شبکه مخابراتی بحث می‌کند. طراحی ماکروویو در این فصل به طور کلی برای استفاده مهندسان طراح ماکروویو و مخابرات پوشش داده شده است.

فصل چهارم به مبحث بسیار مهم کنترل توان در سیستم‌های مخابرات سیار جهت کاهش اثرات مخربی مانند Shadowing Effect, Angle Effect, Near-Far Effect و خواهد پرداخت. توضیحات مفصلی درمورد کنترل توان در این فصل آمده است.

در فصل پنجم درباره تکنولوژی‌های مایورای 3G بحث می‌کند، که تکمیل کننده مطالب فصول قبل خواهد بود. اگرچه همانطور که استانداردسازی 4G هنوز صورت نگرفته است؛ فقط قصد لمس این زمینه را از منظر مهندسان طراحی این زمینه داریم به نحوی که فقط تصویری از پدیده‌ای که در حال آمدن است داشته باشیم. و اما مهمترین فصل کتاب، فصل ششم می‌باشد که به چهار نسخه پایانی شبکه‌های موبایل می‌پردازد، که شامل توضیحات بسیار مفید راجع به LTE/HSPA+/HSDPA/HSUPA/MBMS است.

درد و دلی با خواننده: بحث هزینه و سایر موارد در هر کتابی مورد توجه است و اگر بحث هزینه و قیمت کتاب مطرح نبود کارهای زیر را می‌خواستیم که انجام دهیم:

۱- تایپ کتاب را می‌خواستیم با نرم افزار Latex و به کمک نرم افزار جانبی Text maker انجام دهیم که در مقالات ISI، کتب لاتین زبان و مجله های *IEEE Spectrum* و..... از آن استفاده میشود و کیفیت را بسیار بالا می‌برد. که باز هم در قیمت کتاب اثر قابل توجهی داشت.

۲- تشریح کامل تر و دقیق تر مبحث مربوط به استاندارد UMTS و کد گذاری های OVFS، Scrambling، CRC و..... که خود نیاز به بیش از دهها صفحه توضیح داشت که از نظر قیمت پایانی کتاب مقرون به صرفه نبود.

۳- ارائه مباحث تکاملی پیرامون کار با نرم افزار Asset و TEMS.

و.....