

اصول شبکه‌های نسل پنجم موبایل

(چالش‌ها و چشم‌اندازهای خودبهبینه‌سازی)

تألیف

مهندس مریم باوقار

(پژوهشده فناوری اطلاعات، مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

دکتر عباس میرزایی

(استادیار دانشکده آزاد اسلام واحد اردبیل)

دکتر امیر مهاجر

(پژوهشکده فناوری ارتباطات، مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

مهندس یونس جهادپور

(دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل)



انتشارات جهاد دانشگاهی استان اردبیل

۱۳۹۹

عنوان و نام پدیدآور	اصول شبکه‌های نسل پنجم موبایل (چالش‌ها و چشم‌اندازهای خودبهبودسازی) / تالیف مریم باوقار... [و دیگران].
مشخصات نشر	اردبیل: جهاد دانشگاهی، واحد اردبیل، سازمان انتشارات، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	۲۹۶ ص.
شابک	۹۷۸ - ۶۲۲ - ۶۲۳۱ - ۴۲ - ۸ :
سبب فهرست نویسی	فیبا :
را داشت	تالیف مریم باوقار، عباس میرزایی، امین مهاجر و یونس جهان‌دیده.
موضوع	تلفن همراه :
موضوع	Cell phones :
موضوع	مخابرات — سیستم‌های سیار :
موضوع	Mobile communication systems :
موضوع	تلفن‌های همراه :
موضوع	سامانه‌های مخابراتی همراه :
شناسه افزوده	باوقار، مریم، ۱۳۶۶ :
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی، واحد اردبیل، سازمان انتشارات :
شناسه افزوده	Jahad-e Daneshgahi, Vahega, Ardabil, Press Organization :
رده‌بندی کنگره	TK ۶۵۷۰ :
رده‌بندی دیویی	۶۲۱/۳۸۴۵۶ :
شماره کتابشناسی ملی	۶۱۲۵۷۶۸ :

اصول شبکه‌های نسل پنجم موبایل

(چالش‌ها و چشم‌اندازهای خودبهینه‌سازی)

تألیف: مریم باوقار، عباس میرزایی، امین مهاجر و یونس جهان‌دیده

صفحه آرای و طرح روی جلد: محمود خروشی

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی استان اردبیل

چاپ: اول - ۱۳۹۹

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۴۲۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۲۳۱-۴۲-۸

این اثر، مشمول قانون پشتیبانی مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کسی تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه نماید، در پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



واحد فنی موبایل

نشانی انتشارات: اردبیل - شهرک کارشناسان - میدان شفا، تلفن: ۳۳۷۴۹۵۰۶، رایانامه: ard.ubap@icloud.com

نشانی سازمان انتشارات: تهران - خیابان انقلاب اسلامی - خیابان قنبرآزی - خیابان شهدای ژاندارمری - پلاک ۷۲، تلفن: ۶۶۹۵۰۰۹۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	۹
مقدمه.....	۱۱
بخش اول: اینترنت نسل پنجم موبایل.....	۱۵
بخش دوم: همکاری برای شبکه‌های بی‌سیم نسل آینده.....	۶۱
بخش سوم: ابرهای متحرک: فناوری و سرویس‌هایی برای پایگاه‌های ارتباطی آینده.....	۸۷
بخش چهارم: حالت بدسوی یک معماری بخش پهنای باند شبکه یکپارچه 5G.....	۱۲۱
بخش پنجم: نگاه ان‌تدریجی SON برای شبکه‌های همراه.....	۱۴۵
بخش ششم: ارائه مدل شبکه نسل پنجم از در شبکه‌های چندحاملی همراه در شرایط داده‌های عظیم.....	۱۷۵
منابع.....	۲۹۱

سرانجام موج اول سیستم‌های نسل جدید موبایل در سرتاسر اروپا گسترش یافت و ارائه سرویس پهن‌بند موبایل را در هر زمان و مکانی میسر ساخت. با این وجود، ترافیک موبایل هنوز در حال رشد است و نیاز به سرویس‌های پهن‌بند پیچیده‌تر مستلزم نسل جدیدی از ارتباطات موسوم به 5G است که با محدودیت استانداردهای فعلی در ایجاد یکپارچگی پایدار بین فناوری‌های مختلف بی‌سیم و سرعت بالا همراه است. همگرایی خدمات اینترنتی با استانداردهای شبکه‌های سلولی که منجر به ایجاد «اینترنت همراه» با سرعت اتصال بالا در شبکه‌های ناهمگن (HetNets) شد، به تدریج موجب تکامل 5G گردید. به نظر می‌رسد که ارتباطات سبز نیز در این مسیر تکاملی نقش مؤثری ایفا می‌کند، چراکه ذی‌نفعان اصلی صنعت موبایل از طریق رویکردهای طراحی مقرون به صرفه، آن را در جهت یک سیستم بهینه‌تر پیش می‌برند. در واقع با توجه به خدمات جدید نوظهور و روندهای فناوری، راضی‌ست که ویژگی‌های مطلوب شبکه‌های نسل جدید شامل کاهش مصرف انرژی و سرویس‌های اتصال با سرعت در همه جا ممکن می‌شود.

تاکنون مفاهیم 5G در پوشش، مبرم، مستتر بوده چرا که برخی از ذی‌نفعان با پیشنهاد ایده‌هایی درهم‌گسیخته، بازار را در جهت مستتر و تخصص خودشان هدایت کرده‌اند. این کتاب قصد دارد با گردآوری دیدگاه‌های چندپاره‌ی موجود در زمینه‌ی ارتباطات همراه نسل پنجم، نقشه‌ی راه متمرکزی از این فناوری را ترسیم نموده و مجموعه‌ای از چالش‌ها و ملزومات مرتبط با نسل پنجم شبکه‌های موبایل را ارائه کند.

نظر به تجربه‌ی مفید مولفان در زمینه‌ی تحقیقات ارزیابی و حضور در نمای اصلی ارتباطات 5G، این کتاب به عنوان اثری ارزشمند در زمینه ارتباطات نسل جدید موبایل می‌خواهد آشکارا از 5G سخن بگوید و ابزاری سودمند در خدمت همه‌ی ذی‌نفعان، چه در حوزه‌ی علم و چه صنعت، گردد تا الهام‌بخش گام‌های نوآورانه‌ی بیشتر در عرصه‌ی تکامل شبکه موبایل نسل پنجم باشد.

فناوری‌های در حال رشدی مثل سلول‌های کوچک، برنامه‌نویسی شبکه یا حتی شبکه‌سازی ابری هستند، منفصل و فاقد پیوستگی می‌باشند. اینها قطعات کوچکی از پازل 5G محسوب می‌شوند اما بدون یک رویکرد همه جانبه «مواجهه و ساخت این پازل» سخت است و بدون بکارگیری یک رویکرد طراحی میان رشته‌ای «حتی چسباندن دو تکه‌ی آن به هم» نیز دشوار می‌گردد. واضح است که بدون یک دیدگاه جامع نسبت به اصول 5G در نهایت یک سیستم پراکنده و منفصل ساخته می‌شود که در بهترین حالت کمی نمو پیدا کرده. با این اوصاف مبانی 5G چیست؟ خب، اگر جزئیات فناوری را از آن کم کنیم، این مبانی همان بلوک‌های سازنده‌ی اصلی یا قواعدی هستند که بر مبنای آن شروع به ساختن کرده و بهبودهای نموی ایجاد می‌کنیم. این مبانی نشان دهنده‌ی طرح‌های اصلی‌ای هستند که بر مبنای آن خدمات و برنامه‌های کاربردی جدید ارائه می‌شوند. 5G که بر مبنای سیستم‌های نسل‌های قبلی شبکه موبایل است، از همگرایی خدمات اینترنتی با میراث استانداردهای شبکه، موبایل که منجر به ایجاد «اینترنت همراه» با سرعت اتصال بالا در شبکه‌های ناهمگن^۱ شده به تکامل رسیده است. ارتباطات سبز نیز در این مسیر تکامل نقش مؤثری ایفا می‌کنند، چراکه در نفع اصلی صنعت موبایل از طریق رویکردهای طراحی مقرون به صرفه آن را در جهت یک سیستم بهینه‌تر پیاده می‌برند. بنابراین 5G فقط مختص به موبایل یا قطعات بی‌سیم نیست، بلکه یک شبکه‌ی پرشیب و گسترده را در بر می‌گیرد؛ یا به عبارت دیگر اینترنت نیز نقش مهمی در ساخت سیستم فناوری 5G دارد. در حال حاضر شناخت اینترنت، محدودیت‌ها و مسیر پیش‌روی آن در طراحی میان رشته‌ای، ما کمک می‌کند و فضای پاسخ سیستم موبایل نسل پنجم را بر مبنای نیازها و مکانیزم شبکه‌ای جایگزینی محصور می‌کند. در واقع اگر یک قدم به عقب برداریم و یک تصویر از «نمای کلی» بگیریم، آنجا می‌توانیم قطعات این پازل را به خوبی طراحی کرده و بسازیم. این قطعات بطور یکپارچه در کنار هم قرار خواهند گرفت و سیستم مورد نظر در پردازنده‌ی مرکزی را مهندسی می‌کنند. این طرز فکر^۲ هم‌بخش این کتاب و عنوان آن، مبانی شبکه‌های موبایل نسل پنجم بوده است.

هدف کتاب حاضر این است که برای اولین بار آشکارا درباره‌ی 5G سخن گفته و پوشش رمزآلود پیرامون این موضوع را کنار بزنند. قصد داریم تلاش‌های تحقیقاتی بین‌المللی مداوم در این رشته را جمع‌آوری کرده و یک دیدگاه بنیادی نسبت به ارتباطات همراه 5G بر مبنای رویه‌های بازار فعلی، فناوری‌های تحقق یافته و نقشه‌ی راه پژوهشی اروپا فراهم کنیم. یک قدم به درون این دیدگاه برداشته و فناوری‌های اصلی‌ای را که به نظر می‌رسد بخشی از مؤلفه‌های موبایل نسل پنجم را شکل می‌دهند، بطور مبسوط بررسی می‌کنیم. این فناوری‌های کاندید شامل رادیوی شناختی، سلول‌های

کوچک، همکاری، امنیت، شبکه‌های خود سازمانده (SON^۱) و RF^۲ (فرکانس رادیویی) چند حالت سبز می‌شود. این فهرست جامع نیست اما شامل فناوری‌های تحقیق‌یافته‌ای می‌شود که تاکنون مورد توجه قرار گرفته‌اند. نه تنها اجزای شبکه‌ی موبایل 5G، بلکه چشم‌اندازهای اینترنت را مورد بررسی قرار می‌دهیم تا به نحوه‌ی عملکرد توأمان هر دو در ایجاد اتصال انتها-به-انتها برای خدمات آتی شبکه‌های نسل پنجم پی ببریم. سپس در دورنمای خدمات و برنامه‌های کاربردی به بررسی ابرهای موبایل خواهیم پرداخت. ابرهای موبایل یک فناوری و خدمات برای طرح‌های ارتباطات نسل آینده است که بنظر می‌رسد 5G در «برنامه‌های کاربردی پرکاربرد» نقش مهمی ایفا کند. در واقع تسهیم منابع بر مبنای ابر به خوبی رشد کرده و اکنون منابع بالقوه‌ی بسیاری دارد که می‌توان آن را در یک ابر خاص یا بین چندین ابر به هم پیوسته به اشتراک گذاشت. رایانش ابری موبایل برگرفته از همین مفهوم است که در آن دستگاه‌های موبایل به عنوان گره‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که به خدمات استخرهای منابع ابری دسترسی دارند. در این الگو امکان تسهیم منابع و اتصال با دقت مورد بررسی قرار گرفته و فرصت‌ها، کسب و کار، جدیدی برای ذی‌نفعان موبایل فراهم می‌شود. شبکه موبایل 5G علاوه بر خدمات ابری یک ابر برای خدمات تلویزیون نسل بعد است. در واقع پخش تلویزیونی و پهنای باند موبایل بدون بخش‌های ضروری جامعه‌ی ما هستند و هر دو برای سازگاری با تقاضاهای آتی با چالش‌های عظیمی روبه‌رو هستند. صرف نظر از اینکه مصرف‌کنندگان برای دریافت برنامه‌های تلویزیونی از مأموره‌ی دیجیتال یا DTT (تلویزیون زمینی دیجیتال) استفاده می‌کنند، هیچکدام از این طرح‌ها در حال حاضر پاسخگوی نیازهای غیرخطی رو به رشد و الگوی مصرف مورد تقاضای آن نیستند. بنابراین به دنبال راه‌حل‌های ترکیبی شبکه‌ی موبایل هستیم که موجب همگرایی «برد - بخش پهنای باند (B-C-D)» 5G شوند. در آخر همه‌ی قطعات این پازل 5G را در کنار هم قرار می‌دهیم و با نمایش یک عکس از آینده‌ای از پیشرفت فعلی حوزه ارتباطات 5G چالش‌های پیش‌رو و علی‌الخصوص راندمان مصرف منابع را بررسی می‌کنیم. این کتاب با پیشنهاد یک رویکرد خودبهبوده‌ساز برای شبکه‌های نسل پنجم موبایل مبتنی بر کنترل شاخص‌های شبکه‌ای و تخصیص منابع بهینه دسترسی رادیویی به پایان می‌رسد.

امیدواریم که این کتاب منبع ارجاع سودمندی برای محققان و دانشجویان حوزه‌ی شبکه‌های نسل جدید ارتباطات سلولی شود. اما وای آن، این کتاب قصد دارد که الهام‌بخش ایده‌های طراحی جدید سیستم‌های 5G برای همه‌ی ذی‌نفعان مشغول در خط مقدم این فناوری گردد.

^۱ Self-Organization Networking

^۲ Radio Frequency