

اصول، مفاهیم و کاربرد
HAPS سامانه سکوی ارتفاع بالا
در شبکه‌های مخابرات سلولی

تالیف و گردآوری:
علی احمد به نظری - محمد بد



پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات
(مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

سرشناسه : منتظری، علی محمد، ۱۳۶۱-

عنوان و پدیدآور : اصول، مفاهیم و کاربرد سامانه سکوی ارتفاع بالا HAPS در شبکه‌های

مخابرات سلولی / تألیف علی محمد منتظری، محمد بد.

مشخصات نشر : تهران، آراد کتاب، ۱۳۹۵

مشخصات ظاهری : ۲۳۲ص، مصور، جدول

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۶-۲۲۳-۶

عنوان دیگر : اصول، مفاهیم و کاربرد سامانه سکوی ارتفاع بالا HAPS در شبکه‌های

تلفن همراه

موضوع : سامانه سکوی ارتفاع بالا (مخابرات)

شناسه افزوده : بد، محمد، ۱۳۶۳-

رده بندی کنگره : ۱۳۹۴ م ۲س / TK ۷۸۷۱/۶۷

رده بندی دیویی : ۵۵۱ / ۵۱۱۷

شماره کتابخانه ملی : ۴۱۳۰۴۰۶

اسوا، مفاهیم و کاربرد

سامانه سکوی ارتفاع بالا HAPS در شبکه‌های مخابرات سلولی

✑ ناشر: آراد کتاب

✑ تألیف : علی محمد منتظری- محمد بد

✑ تیراژ: ۵۰۰ جلد

✑ نوبت چاپ: اول ۱۳۹۴

✑ قیمت: ۱۶۵۰۰۰ ریال

✑ چاپ و صحافی : مدیران

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۶-۲۲۳-۶

حق چاپ برای پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران) با حمایت به قانون حمایت مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ است و متخلفین تحت پیگرد قانون قرار می گیرند.

با همکاری و حمایت پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

مرکز پخش و فروش:

انتشارات آراد کتاب تلفن: ۰۶۶۹۷۵۲۸۵ - ۰۶۶۴۸۲۲۲۶ - ۰۹۱۲۳۰۶۲۴۵۸

فروشگاه اینترنتی: www.aradbook.com

فهرست مطالب

۸.....	پیشگفتار
۱۱.....	قدردانی

فصل اول - مروری بر سامانه‌های سکوی ارتفاع بالا (HAPS)

۱۳.....	۱-۱. مقدمه
۱۴.....	۲-۱. سامانه HAPS: دیدگاه ساختاری
۲۱.....	۳-۱. محل استقرار HAPS
۲۲.....	۴-۱. فرکانس‌ها و استانداردهای HAPS
۲۷.....	۵-۱. پیکربندی‌های مختلف HAPS
۲۷.....	سامانه زمینی - سکوی ارتفاع بالا: هوا
۲۸.....	سامانه یکپارچه زمینی - سکوی ارتفاع بالا
۲۹.....	سامانه مستقل سکوی ارتفاع بالا
۳۰.....	شبهه‌های HAPS
۳۲.....	۶-۱. کاربردها و سرویس‌های قابل ارائه در سامانه HAPS
۳۴.....	گسترش پوشش و افزایش ظرفیت در فناوری‌های ارتباطات
۳۵.....	دسترسی بی‌سیم ثابت پهن باند
۳۵.....	کاربردهای HAPN
۳۶.....	ارتباطات نظامی
۳۶.....	موقعیت‌یابی و مکان‌یابی
۳۶.....	HAPS و توسعه زیر ساخت در کشورهای در حال توسعه
۳۷.....	کاربرد در حوادث و وضعیت‌های اضطراری
۳۸.....	۷-۱. فعالیت اپراتورها در زمینه‌ی استفاده از HAPS
۴۲.....	فعالیت‌های دولت استرالیا در زمینه HAPS
۴۳.....	فعالیت‌های کشور ژاپن در زمینه HAPS
۴۴.....	فعالیت‌های کشور کره جنوبی در زمینه HAPS
۴۴.....	فعالیت‌های کشور مالزی در زمینه HAPS
۴۵.....	۸-۱. کشتی‌های هوایی و شناورسازی
۴۸.....	۹-۱. شرکت‌های سازنده‌ی بالون

۵۱	شرکت STRATOCOMM
۵۲	شرکت AEROVIRONMENT
۵۳	شرکت TCOM
۵۴	شرکت STRATXX
۵۴	شرکت AEROSTAR
۵۵	شرکت Sanswire-Tao
۵۵	۱۰-۱ پروژه تحقیق و توسعه بالون گوگل (Loon)
۵۶	کلیات طرح
۵۶	انگیزه ماندازی پروژه
۵۶	مختصات فنی بالون
۵۸	لینک ارتباطی
۶۰	چالش‌ها و محاسبات
۶۱	۱۱-۱ جمع‌بندی
۶۲	۱۲-۱ مراجع

فصل دوم - انتشار امواج و مدل‌سازی کانال برای سامانه سکوی ارتفاع بالا

۶۳	۱-۲ مقدمه
۶۴	۲-۲ عوامل مؤثر بر انتشار امواج سامانه
۶۴	۲-۲-۱ تلفات فضای آزاد
۶۵	۲-۲-۲ اثرات لایه‌های جوی
۶۵	۲-۲-۳ تضعیف ناشی از گازهای اتمسفری
۶۶	۲-۲-۴ تضعیف باران، برف و نگرگ
۶۸	۲-۲-۵ تضعیف ابر و مه
۷۰	۲-۲-۶ چند مسیری
۷۲	۳-۲ مدل‌سازی کانال
۷۳	۳-۲-۱ پارامترهای هندسی در مدل‌سازی
۷۵	۳-۲-۲ مدل انتشاری LÁZGARE-PENÍN
۷۸	۳-۲-۳ مدل RUIZ-PENIN
۸۰	۳-۲-۴ مدل VASQUEZ-PENIN
۸۱	۳-۲-۵ مدل DOVIS-FANTINI

۸۳	 تعیین توپولوژی فرستنده و گیرنده در مدل DOVIS-FANTINI
۸۵	 تعیین تابع توزیع تجمعی تأخیر افزوده
۹۰	۴-۲. روش‌های کاهش محوشدگی در سامانه HAPS
۹۱	۴-۲-۱. چندگانگی در سامانه HAPS
۹۲	 چندگانگی در ایستگاه زمینی
۹۳	 چندگانگی سامانه
۹۳	 چندگانگی فرکانسی
۹۴	 چندگانگی زمانی
۹۴	۴-۲. جمع‌بندی
۹۶	۴-۲. مراجع

فصل سه - آنتن سامانه سکوی ارتفاع بالا

۹۷	۳-۱. مقدمه
۹۸	۳-۲. خصوصیات فیزیکی آنتن
۱۰۰	۳-۲-۱. بهره و جهت‌مندی
۱۰۱	۳-۲-۲. شکل پوشش زمینی
۱۰۳	۳-۲-۳. سطح گلبیگ کناری
۱۰۴	۳-۲-۴. پلاریزاسیون
۱۰۴	۳-۲-۵. فرکانس کاری
۱۰۵	۳-۳. انتخاب آنتن مناسب برای سامانه HAPS
۱۰۵	۳-۳-۱. آنتن آرایه‌ای فازی مسطح
۱۰۷	 آرایه‌ای از عناصر با پلاریزاسیون خطی
۱۰۹	 آرایه‌ای از عناصر با پلاریزاسیون دایروی
۱۱۰	۳-۳-۲. آرایه آنتن‌های شیپوری
۱۱۲	۳-۳-۳. آنتن بازتابی
۱۱۴	۳-۳-۴. آنتن لتر
۱۱۸	۳-۳-۵. آنتن با طرح‌های ابتکاری
۱۲۱	۳-۴. شبکه شکل‌دهنده پرتو
۱۳۰	۳-۵. پایدار ساز آنتن
۱۳۲	۳-۶. جمع‌بندی

فصل چهارم - سامانه‌ی HAPS در شبکه‌های مخابرات سلولی

۱-۴. مقدمه	۱۳۵
۲-۴. شبکه GSM و سامانه سکوی ارتفاع بالا	۱۳۶
۲-۴. طراحی شبکه GSM بر روی سامانه	۱۳۹
۲-۴. طراحی سخت	۱۴۰
بعد سنجی	۱۴۱
۲-۴. طراحی نرم	۱۴۲
طراحی سلولی	۱۴۲
طراحی فرکانسی	۱۴۲
مکان‌یابی سامانه	۱۴۳
تنظیم فرآیندهای GSM در سامانه	۱۴۳
۵-۲-۴. روش‌های افزایش ظرفیت سامانه	۱۴۶
۶-۲-۴. چالش‌های به کارگیری سامانه	۱۴۸
محدودیت‌های بالون	۱۴۸
محدودیت‌های BTS	۱۴۸
۳-۴. شبکه UMTS	۱۴۹
۲-۳-۴. تفاوت UMTS و GSM از دید سامانه HAPS	۱۵۱
۳-۳-۴. سناریوهای به کارگیری HAPS برای UMTS	۱۵۳
۴-۳-۴. طراحی شبکه سلولی	۱۵۶
۵-۳-۴. بودجه لینک	۱۵۸
۶-۳-۴. کیفیت سرویس سامانه	۱۶۵
۷-۳-۴. اثر کشتی هوایی بر روی سیستم UMTS	۱۶۶
۴-۴. شبکه LTE	۱۷۱
۱-۴-۴. تفاوت شبکه LTE و UMTS از دید HAPS	۱۷۳
۲-۴-۴. MIMO در HAPS	۱۷۴
۳-۴-۴. طراحی شبکه LTE بر روی سامانه HAPS	۱۷۷
محاسبه بودجه لینک در شبکه LTE	۱۷۷
۴-۴-۴. بعد سنجی ظرفیت در شبکه LTE	۱۸۰

۱۸۱	۶-۴-۴ سامانه به جای eNODE B
۱۸۳	۵-۴ جمع‌بندی
۱۸۵	۶-۴ مراجع

فصل پنجم - پوشش شهر تهران با استفاده از سامانه سکوی ارتفاع بالا

۱۸۷	۱-۵ مقدمه
۱۸۸	۲-۵ محاسبه سطح پوشش آنتن
۱۹۸	۳-۵ سلول‌بندی کرد محدود پوشش
۲۰۱	۴-۵ سناریوی‌ها به شهر تهران
۲۰۱	۱-۴-۵ پوشش شبکه پشتیبان
۲۰۵	۲-۴-۵ پوشش با ایجاد آیه ظرفیت
۲۰۷	۵-۵ طراحی آنتن چند پرتویی
۲۱۰	۶-۵ جمع‌بندی
۲۱۱	۷-۵ مراجع

پیوست - توصیه‌نامه‌ی ۱-۱۶۴-۱ ITU-R M

۲۱۳	۱-۱ مقدمه
۲۱۴	روش‌شناسی ارزیابی تداخل
۲۱۴	۲-۱ مدل سیستم
۲۱۵	مدل انتشاری
۲۱۵	مدل توسعه یافته و ساده شده HATA
۲۱۶	مدل تلفات فضای آزاد
۲۱۶	۳-۱ تحلیل C/I مورد نیاز برای تعیین فاصله جدایی در یک ایستگاه سیار سلولی
۲۱۹	مثالی برای محاسبه فاصله جدایی
۲۱۹	پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه C/I
۲۱۹	محاسبه فاصله جدایی
۲۲۴	۴-۱ میزان تداخل میان سیستم‌های HAPS و سیستم‌های سلولی
۲۲۵	داخل در ایستگاه سیار سلولی از جانب ایستگاه پایه HAPS
۲۲۶	مرجع الگوی انتشاری آنتن استفاده شده در توصیه‌نامه ITU-R M, 1456
۲۲۹	واژه نامه

پیشگفتار

امروزه مخابرات سلولی، به عنوان پرطرفدارترین شبکه ارتباطی شناخته می‌شود و دارای ضریب نفوذ قابل توجهی است. با این وجود همچنان توسعه این شبکه‌ها، هم از نظر ظرفیت و تنوع سرویس و هم از نظر پوشش جغرافیایی، در دستور کار مراکز تحقیقاتی و واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های بزرگ مخابراتی قرار دارد. حاصل این تلاش‌ها مطرح شدن پنج نسل مختلف در روند توسعه شبکه‌های سلولی است. در هر یک از نسل‌ها سعی شده است تا ضمن همزیستی با نسل‌های پیش از آن، جهش قابل توجهی در ظرفیت و توانمندی‌های شبکه ایجاد شود. با این وجود همچنان سرزمین‌هایی که فاقد پوشش ارتباطی هستند، از مناطق دارای پوشش کمتر نیست. به ویژه امکان تبادل داده و اتصال به شبکه اینترنت برای بسیاری از مناطق ممکن نیست، به گونه‌ای که برخی مطالعات نشان می‌دهد بخش قابل ملاحظه‌ای از جمعیت جهان امکان دسترسی به اینترنت پرسرعت را ندارند. یکی از مهمترین دلایل این عقب ماندگی مربوط به ویژگی ذاتی و ضعف فیزیکی شبکه‌های زمینی در ایجاد یک شبکه دسترسی فراگیر است. این در حالی است که شرایط برای شبکه‌های ماهواره‌ای زمین آهنگ کاملاً برعکس است. بدین معنی که در این شبکه‌ها ماهواره‌ای به سادگی می‌توان پوشش یکنواخت و گسترده ایجاد نمود ولی در عوض محدودیت‌های جای در افزایش ظرفیت و تعداد کاربر وجود دارد. همچنین ارتباط مستقیم بین ماهواره و کاربر نیز نیازمند ادوات و شرایط ویژه‌ای است.

سامانه سکوی ارتفاع بالا (High Altitude Platform System) یک کشتی هوایی، بالون یا هواپیمای بدون سرنشین مستقر در لایه استراتوسفر زمین است که همزمان قابلیت توانمندی‌های سامانه‌های زمینی و سامانه‌های ماهواره‌ای را با خود به همراه دارد. لذا در توسعه و پیدایش نسل‌های مختلف شبکه‌های مخابرات سلولی می‌تواند نقش موثری ایفاء نمایند. ارتفاع این سکوها از سطح زمین حدود هزار برابر کمتر از ارتفاع ماهواره‌های زمین آهنگ است و این ویژگی موجب می‌شود تا تلفات مسیر در HAPS به صورت قابل ملاحظه‌ای کمتر از تلفات در ارتباطات ماهواره‌ای باشد. از طرف دیگر ارتفاع این سکوها از سطح زمین می‌تواند بیش از هزار برابر ارتفاع ایستگاه‌های زمینی باشد، که این ویژگی باعث می‌شود تا پوشش وسیع‌تر و با دید مستقیم برای کاربران منطقه تحت پوشش فراهم شود. از این رو سامانه سکوی ارتفاع بالا به عنوان یک راه‌کار برای گسترش پوشش و دسترسی سریع مناطق دورافتاده و کمتر توسعه یافته به شبکه ارتباطی پیشنهاد شده است. یکی دیگر از کاربردهای قابل توجه HAPS، پشتیبانی از شبکه‌های زمینی در شرایط وقوع بحران نظیر سیل و زلزله است. در چنین شرایطی

شبکه‌های زمینی یا به علت آسیب فیزیکی توانایی ارائه خدمات ندارند و یا به علت رشد آنتی تقاضا قادر به پاسخگویی نیاز کاربران یا مدیران بحران نمی‌باشد. در این شرایط سامانه سکوی ارتفاع بالا که به علت استقرار در لایه استراتوسفر جو از خدمات بحران در امان مانده است، می‌تواند به صورت یک شبکه پشتیبان به همکاری با شبکه‌های زمینی بپردازد. از این رو، در این کتاب سعی شده است تا به فرصت‌ها و چالش‌های عمده به کارگیری HAPS در شبکه‌های مخابرات سلولی پرداخته شود.

بدین منظور در فصل اول این کتاب به ویژگی‌های انواع سکوی ارتفاع بالا در مقایسه با سامانه‌های زمینی و ماهواره‌ای پرداخته می‌شود و با مروری اجمالی بر آیرودینامیک پرواز کشتی هوایی (Airship)؛ پیکره‌های هار کاربردهای مختلف HAPS ارائه خواهد شد. پس از معرفی شرکت‌ها و پروژه‌های مطرح در این زمینه، در انتهای این فصل، پروژه Loon شرکت گوگل برای ارائه خدمات داده در مناطق فاقد پرشش شرح داده خواهد شد.

با توجه به این که سکوی ارتفاع بالا بر سامانه‌های ماهواره‌ای و سامانه‌های زمینی قرار می‌گیرد، بنابراین ویژگی‌های انتشار امواج آن به مدل‌های ارائه شده برای آن دو روش متداول ارتباطی متفاوت خواهد بود. لذا در فصل دوم این کتاب، بحث انتشار امواج و مدل‌های کانال مطرح شده برای HAPS ارائه خواهد شد.

مهمترین تفاوت سامانه سکوی ارتفاع بالا با سایر سامانه‌های ارتباطی، در طراحی و انتخاب آنتن مناسب است. به منظور افزایش ظرفیت و کارآمدی سامانه، در بسیاری از کاربردها استفاده از آنتن‌های چند پرتوی و شبکه شکل‌دهی پرتو پیشنهاد شده است. همچنین شناسایی HAPS در لایه استراتوسفر، موجب جابه‌جایی و تغییر در عملکرد سامانه می‌شود، که برای مقابله با آن استفاده از پایدار ساز ضروری است. لذا در فصل سوم کتاب این موضوع به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در فصل چهارم این کتاب، به جایگاه سکوی ارتفاع بالا در نسل‌های دوم، سوم و چهارم شبکه‌های مخابرات سلولی پرداخته خواهد شد. بدین منظور معماری هر یک از نسل‌ها تشریح خواهد شد و ملاحظات مربوط به طراحی شبکه با استفاده از HAPS بیان می‌شود. همچنین سعی می‌شود تا تفاوت‌های قابل توجه در به کارگیری سکوی ارتفاع بالا برای شبکه‌های GSM، UMTS و LTE مشخص گردد.

در نهایت، در فصل پنجم به عنوان یک مطالعه موردی به طراحی شبکه GSM با استفاده از سکوی ارتفاع بالا برای شهر تهران پرداخته خواهد شد. بر این اساس چگونگی استفاده عملی از مطالب تئوری مطرح شده در فصل‌های یک تا چهار کتاب در این فصل برای خوانندگان مشخص خواهد شد. در پایان یادآور می‌شود که این کتاب می‌تواند برای محققین، دانشجویان، دانش‌پژوهان و مهندسين

طراحی شبکه‌های مخابراتی مفید باشد. همچنین این کتاب می‌تواند برای مدیران و برنامه‌ریزان کلان حوزه فناوری‌های ارتباطاتی راه‌گشا باشد. به‌علاوه از این کتاب می‌توان در کنار مراجع اصلی دروس ارتباطات ماهواره‌ای و مخابراتی سیار بهره برد. از خوانندگان گرامی تقاضا می‌شود تا نظرات و پیشنهادات خود در مورد این کتاب را از طریق آدرس الکترونیکی montazeri@itrc.ac.ir با ما در میان بگذارند.

مؤلفین کتاب

علی محمد منتظری - محمد بُد

www.ketab.ir