

۱۵۱۹۷۲۸



دانشگاه تربیت مدرس



اصول مخابرات بی سیم نوری

مبثنی بر دیودهای نوری



ترجمه و تالیف

سعید علیائی و فرزانه ابراهیمی

آزمایشگاه تحقیقاتی نانو فوتونیک و اپتوالکترونیک - دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

سرشناسه	دیمیتروف، اسویلن
عنوان و نام پدیدآور	Dimitrov, Svilen
موضوع	اصول مخابرات بی‌سیم نوری مبتنی بر دیودهای نورانی / [اسویلن دیمیتروف، هارالد هاس]؛ ترجمه و تالیف سعید علیانی، فرزانه ابراهیمی.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری	۳۴۰: تصویر، جدول، نمودار؛ وزیر
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۶۹-۱-۲
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Principles of LED light communications: towards networked Li-Fi, 2015.
موضوع	ارتباطات نوری
موضوع	Optical communications
موضوع	شبکه‌های محلی بی‌سیم
موضوع	Wireless LANs
موضوع	دیودهای نور گسیل
موضوع	Light emitting diodes
شناسه افزوده	هاس، هارالد، ۱۹۶۵ - م.
شناسه افزوده	Haas, Harald
شناسه افزوده	ابراهیمی، فرزانه، ۱۳۷۰ - مترجم
شناسه افزوده	علیانی، سعید، ۱۳۵۳ - مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
شناسه افزوده	Shahid Rajaei Teacher Training University
رده بندی کنگره	TK۶۱۰.۵۱۰: ۱۹۰۶۹۰۶
رده بندی دیویی	۶۲۱/۳۸۲۷
شماره کتابشناسی ملی	۵۰۷۴۹۴۶



دانشگاه تربیت دبیر رجایی

عنوان	اصول مخابرات بی‌سیم نوری مبتنی بر دیودهای نورانی
ترجمه و تالیف	دکتر سعید علیانی، عضو هیات علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی / مهندس فرزانه ابراهیمی
ویراستار علمی	دکتر شهریار شیروانی مقدم
ویراستار ادبی	عاطفه نجیبی
نوبت چاپ	اول - زمستان ۱۳۹۶
انتشارات	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
لیتوگرافی	رجاء نقشینه
چاپ	شریف
طراح جلد	محمد مشتاقی
ناظر چاپ	محمد معتمدی نژاد
صفحه‌آرا	عاطفه نجیبی
کارشناسان	نیره فیروزی / طاهره کیا / علی رضایی اهورانی
شمارگان	۱۰۰۰ جلد
قیمت	۲۵۰،۰۰۰ ریال
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۶۹-۱-۲
ISBN: 978-600-99669-1-2	

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی محفوظ است.
 نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰،
 http://publish.srttu.edu، پست الکترونیکی: publish@srttu.edu، وب سایت: http://publish.srttu.edu، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲،

پیش‌گفتار

زمان زیادی از جایگزینی دیودهای نورانی به جای لامپ‌های رشته‌ای نمی‌گذرد، اما در همین مدت کوتاه، دیودهای نورانی در تامین روشنایی محیط‌های سرپوشیده و فضاهای باز رشد فزاینده‌ای داشته‌اند. از سوی دیگر محدودیت در پهنای باند مخابرات امواج رادیویی موجب شده محققان به دنبال راه حلی مکمل برای افزایش پهنای باند و نرخ انتقال داده باشند. مخابرات بی‌سیم نوری به دلیل داشتن طیف عظیم بدون نیاز به مجوز، نزدیک به ۶۷۰ تراهرتز، توانایی لازم برای فراهم کردن یک پیونده بی‌سیم با سرعت بسیار بالای انتقال داده را دارد. مخابرات بی‌سیم نوری در حین استفاده از دیودهای نورانی به عنوان تامین‌کننده روشنایی محیط، از قابلیت مدوله شدن و ارسال دریافت، یکنال‌های نوری استفاده می‌کند؛ قابلیت‌هایی که تا پیش از این به دلیل محدودیت فرکانسی شدید منابع نورانی تامین‌کننده روشنایی محیط، امکان‌پذیر نبود. این موضوع فقط به منابع رور نامرئی محیط‌های سرپوشیده ختم نمی‌شود. خودروهای امروزی از دیودهای نورانی بهره می‌برند و سوسج دیودهای نورانی در چراغ‌های راهنمایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و از این‌رو بستری بسیار مناسب برای مخابرات نوری فراهم می‌سازند؛ مخابراتی که لزوماً برای انتقال پرتو نور نیازمند استفاده از موج‌برهایی مانند فیبر نوری نیست و از فضای آزاد برای انتقال داده‌های آنالوگ یا دیجیتال در قالب پرتو نور استفاده می‌کنند.

با توجه به ضرورت پرداختن به این حوزه از علم، این کتاب فصل‌های خود را به مباحثی در خصوص مخابرات بی‌سیم نوری می‌پردازد. عمده بخش‌های این کتاب برگرفته از کتاب نوشته Svilen Dimitrov و Harald Haas است که در سال ۲۰۱۵ توسط انتشارات دانشگاه کمبریج به زیور طبع آراسته شده است. با توجه به این‌که محتوای این کتاب نیاز به بازنگری داشته است بر آن شدیم تا بخش‌هایی از آن را با تغییراتی ارائه نماییم و همچنین روی کاربردهای آن تأکید بیشتری داشته باشیم. بنابراین در یک فصل مجزا نیز به ارائه سامانه مخابرات نور مرئی مبتنی بر حسگر تصویربرداری پرداخته‌ایم. فصل‌های ابتدایی این کتاب ضمن ارائه مقدمه‌ای از موضوع، به پیشرفت‌های جدید در حوزه مخابرات بی‌سیم نوری می‌پردازد. مباحث واحد پردازش غیرخطی و طرح‌های مدولاسیون دیجیتال نیز در فصل‌های سوم و چهارم مورد بررسی قرار گرفته‌اند. فصل

پنجم به موضوع نرخ انتقال داده و بازدهی طیفی اختصاص داده شده است و محدودیت‌های نرخ انتقال اطلاعات در مخابرات بی‌سیم نوری در آن بررسی می‌شود. انتقال چند ورودی - چند خروجی و مدل سامانه مخابرات بی‌سیم نوری نیز در فصل ششم آمده است. عملکرد شبکه‌های سلولی مخابرات بی‌سیم نوری در فصل هفتم و همان‌طور که اشاره شد موضوع سامانه مخابرات نور مرئی مبتنی بر حسگر تصویربرداری در فصل هشتم بیان شده است.

در این کتاب به منظور سهولت دسترسی خوانندگان محترم به معادل کلمه‌ها، علاوه بر قراردادن زیرنویس‌ها، در انتهای کتاب، دو واژه‌نامه فارسی به انگلیسی و انگلیسی به فارسی آورده شده است تا ضمن ایجاد متنی روان و با واژه‌های اصیل فارسی، امکان دسترسی سریع به اصل واژه نیز فراهم گردد. نمایه انتهای کتاب نیز سریع‌ترین راه برای دستیابی به مفاهیم، بدون صرف وقت زیاد برای جستجو در متن کتاب، است.

در پایان به خود لازم می‌دانیم که از کلیه عزیزانی که در ترجمه و تدوین این کتاب ما را یاری رسانده‌اند تشکر کنیم. نخست، از داوران گرامی که این کتاب را بازبینی و با ارائه نکات و پیشنهادهای ارزنده، ما را در جهت بهبود نگارش علمی و محتوایی یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌نماییم. با توجه به موضوعات تخصصی این کتاب، برای غنای بیشتر علمی و روانی مطالب، از تجربه و تخصص اساتید برجسته و فرهیخته آقای دکتر شهریار شیروانی‌مقدم بهره بردیم که به این وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را تقدیم ایشان می‌داریم. از همکار عزیز، آقای مهندس محمد مشتاقی سپاس‌گزاریم که زیبایی طرح جلد این کتاب مدیون زحمات ایشان است. ویرایش ادبی این کتاب نیز بر عهده سرکار خانم عاطفه نجیبی بود که لازم است از صبر و حوصله و دقت نظر ایشان نیز تشکر کنیم. به مانند هر کتاب دیگری، متن این کتاب نیز خالی از اشکال نیست هرچند که سعی شده است متن آن را روان‌تر و آراسته‌تر و بنا بر این دریافت بعدی خواهد شد. امیدواریم خوانندگان فرهیخته با ارسال نظرات و نکات اصلاحی خود به نشانی s_olyaee@srttu.edu ما را در این مهم یاری‌گر باشند.

سعید علیائی و فرزانه ابراهیمی

زمستان ۱۳۹۶

فهرست مطالب

فصل نخست: مقدمه

۲	۱-۱- تاریخچه مخابرات بی سیم نوری
۶	۲-۱- پیشرفت‌های مخابرات بی سیم نوری
۸	۳-۱- حوزه‌های کاربرد
۱۰	۴-۱- Li-Fi
۱۰	۱-۴-۱- مدولاسیون
۱۲	۲-۴-۱- دسترسی به داده
۱۴	۳-۴-۱- پیونده فرازمین (فضا به بالا)
۱۵	۴-۴-۱- آتوسل

فصل دوم: کلیات سامانه مخابرات بی سیم نوری

۱۸	۱-۲- مقدمه
۲۰	۲-۲- راه‌اندازی سامانه
۲۲	۳-۲- سناریوهای ارتباطی
۲۳	۱-۳-۲- ارتباطات خط دید مستقیم
۲۳	۲-۳-۱- ارتباطات خط دید غیرمستقیم
۲۴	۴-۲- واحدهای پردازشی نوری
۲۴	۱-۴-۲- فرستنده
۲۹	۲-۴-۲- گیرنده
۳۲	۵-۲- کانال نوری بی سیم
۳۳	۱-۵-۲- مدل کانال
۳۴	۲-۵-۲- تلفات مسیر
۴۳	۳-۵-۲- گسترش تأخیر و پهنای باند همدوسی
۴۵	۴-۵-۲- متعادل‌ساز کانال
۵۰	۶-۲- خلاصه

فصل سوم: واحد پردازش غیر خطی

۵۴	۱-۳- مقدمه
۵۵	۲-۳- تابع انتقال غیر خطی تعمیم یافته
۵۷	۳-۳- پیش اعوجاج
۶۰	۴-۳- اعوجاج غیر خطی سیگنال های گوسی
۶۱	۱-۴-۳- تحلیل اعوجاج غیر خطی تعمیم یافته
۶۷	۲-۴-۳- تحلیل اعوجاج برش دوطرفه سیگنال
۷۴	۳-۵- خلاصه

فصل چهارم: طرح های مدولاسیون دیجیتال

۷۸	۱-۴- مقدمه
۷۸	۲-۴- سیگنال های نوری
۸۶	۳-۴- مدولاسیون سیگنال حاملی
۸۷	۱-۳-۴- مدولاسیون موقعیتی پالس: M-PPM
۹۱	۲-۳-۴- مدولاسیون دامنه پالس: M-P. M
۹۳	۳-۳-۴- عملکرد BER با پیش اعوجاج در AWGN
۹۶	۴-۴- مدولاسیون چند حاملی
۹۷	۱-۴-۴- OFDM نوری با ACO-OFDM, M-QAM, DCO-OFDM
۱۰۵	۲-۴-۴- عملکرد BER با اعوجاج غیر خطی تعمیم یافته در AWGN
۱۰۷	۳-۴-۴- عملکرد BER با پیش اعوجاج در AWGN

فصل پنجم: نرخ انتقال داده و بازدهی طیف

۱۱۲	۱-۵- مقدمه
۱۱۴	۲-۵- محدودیت های نرخ اطلاعات در مخابرات بی سیم نوری
۱۱۵	۱-۲-۵- اختلالات پیونده
۱۱۷	۲-۲-۵- بهینه سازی نرخ اطلاعات
۱۲۰	۳-۵- طرح های مدولاسیون در کانال محوشوندگی تخت با AWGN
۱۲۱	۱-۳-۵- بهینه سازی بایاس سیگنال های گوسی

۱۲۵	۵-۳-۲- بیشینه بازدهی طیفی بدون محدودیت متوسط توان نوری
۱۲۹	۵-۳-۳- بازدهی طیفی با متوسط محدودیت توان نوری
۱۳۵	۵-۴-۴- نرخ اطلاعات مدولاسیون مبتنی بر OFDM با اعوجاج غیرخطی
۱۳۵	۵-۴-۱- بهینه‌سازی بایاس سیگنال‌های گوسی
۱۳۹	۵-۴-۲- بیشینه نرخ اطلاعات بدون متوسط محدودیت توان نوری
۱۴۲	۵-۴-۳- نرخ اطلاعات با محدودیت متوسط توان نوری
۱۴۷	۵-۵-۵- طرح‌ها و مدولاسیون در کانال پاشنده با AWGN
۱۴۸	۵-۵-۱- بهینه‌سازی بایاس سیگنال‌های گوسی
۱۵۱	۵-۵-۲- توان بایاس
۱۵۲	۵-۵-۳- توان متغیر
۱۵۴	۵-۵-۴- بیشینه بازدهی طیفی بدون محدودیت متوسط توان نوری
۱۵۷	۵-۶- خلاصه

فصل ششم: انتقال محدود روئی - چند خروجی

۱۶۲	۶-۱- مقدمه
۱۶۴	۶-۲- مدل سامانه
۱۶۸	۶-۳- روش‌های MIMO
۱۶۸	۶-۳-۱- کدگذاری تکراری
۱۷۱	۶-۳-۲- ماتری پلکس فضایی
۱۷۳	۶-۳-۳- مدولاسیون فضایی
۱۷۶	۶-۳-۴- پیچیدگی محاسباتی
۱۷۸	۶-۴- عملکرد نرخ خطای بیت
۱۷۸	۶-۴-۱- تغییر فاصله بین فرستنده‌ها
۱۸۵	۶-۴-۲- تغییر موقعیت گیرنده‌ها
۱۸۷	۶-۴-۳- عدم توازن توان بین فرستنده‌ها
۱۹۰	۶-۴-۴- انسداد پیونده
۱۹۲	۶-۵- خلاصه

فصل هفتم: عملکرد شبکه‌های سلولی مخابرات بی سیم نوری

۱۹۶	۱-۷- مقدمه
۱۹۸	۲-۷- عملکرد سامانه با استفاده از بخش‌بندی منابع ایستا
۲۰۰	۱-۲-۷- مدل‌سازی نسبت سیگنال به تداخل به اضافه نویز
۲۰۵	۲-۲-۷- مدولاسیون وقفی و کدگذاری
۲۰۸	۳-۲-۷- عملکرد سامانه OFDM نوری در اتاقک هواپیما
۲۱۰	۳-۷- هماهنگ‌سازی تداخل در سلول‌های نوری با استفاده از سیگنال‌دهی پیام اشغال
۲۱۲	۱-۳-۷- مدل سامانه
۲۱۴	۲-۳-۷- هماهنگ‌سازی تداخل در سلول‌های نوری
۲۱۷	۳-۳-۷- اصل پیام اشغال
۲۲۰	۴-۳-۷- اجتناب از مغایرت بین سلول‌های همسایه
۲۲۳	۵-۳-۷- زمان‌بندی کاربر سازوکار ذخیره‌سازی منصفانه
۲۲۷	۶-۳-۷- تطبیق پیونده
۲۲۹	۷-۳-۷- عملکرد سامانه با سیگنال‌دهی پیام اشغال
۲۳۹	۸-۳-۷- عملکرد سامانه با سیگنال‌دهی پیام اشغال و سازوکار ذخیره‌سازی منصفانه
۲۴۳	۴-۷- خلاصه

فصل هشتم: سامانه مخابرات نور مرئی مبتنی بر حسگر تصویربرداری

۲۴۶	۱-۸- مقدمه
۲۴۷	۲-۸- حسگرهای تصویربرداری
۲۴۸	۱-۲-۸- حسگر تصویربرداری CCD
۲۴۹	۲-۲-۸- حسگر تصویربرداری CMOS
۲۵۰	۳-۲-۸- مقایسه حسگرهای تصویربرداری CCD، CMOS و آشکارسازهای نوری
۲۵۲	۳-۸- حسگر تصویربرداری به عنوان گیرنده مخابرات بی سیم نور مرئی
۲۵۳	۱-۳-۸- نمونه‌برداری موقت

۲۵۵	۸-۳-۲- نمونه برداری فضایی
۲۵۶	۸-۳-۳- بیشینه نرخ داده قابل دستیابی
۲۵۷	۸-۴- طراحی یک سامانه مخابرات بی سیم نور مرئی مبتنی بر حسگر تصویربرداری
۲۵۷	۸-۴-۱- فرستنده
۲۵۹	۸-۴-۲- گیرنده
۲۶۰	۸-۴-۳- کانال
۲۶۱	۸-۴-۴- میدان دید
۲۶۲	۸-۴-۵- اثر فاصله ارتباطی و ترکانس فضایی
۲۶۴	۸-۵- ارسال نور مرئی کلاس لایه
۲۶۴	۸-۵-۱- مفهوم
۲۶۶	۸-۵-۲- معماری سامانه
۲۶۸	۸-۵-۳- ایجاد پیونده
۲۶۹	۸-۵-۴- نمونه اولیه سامانه ارسال داده کلاس لایه
۲۷۰	۸-۶- برآورد وضعیت حسگر دقیق
۲۷۰	۸-۶-۱- مقدمه
۲۷۰	۸-۶-۲- هندسه دید منفرد
۲۷۳	۸-۶-۳- برآورد وضعیت با استفاده از نور
۲۷۵	۸-۶-۴- استخراج نور
۲۷۶	۸-۶-۴-۱- محاسبه آستانه
۲۷۶	۸-۶-۴-۲- استخراج گزینه های نوری
۲۷۶	۸-۶-۴-۳- بررسی خطا
۲۷۷	۸-۷- کاربردهای مخابرات مبتنی بر حسگر نوری
۲۷۷	۸-۷-۱- مخابرات سیگنال ترافیک
۲۷۹	۸-۷-۲- اندازه گیری مکان در مهندسی عمران
۲۷۹	۸-۷-۲-۱- اساس مثلث سازی
۲۸۰	۸-۷-۲-۲- مثلث سازی با مخابرات بی سیم نور مرئی مبتنی بر حسگر

۲۸۱	۸-۷-۲-۳- کاربرد در نظارت بر شکل پل	تصویربرداری
۲۸۲	۸-۸- خلاصه	

پیوست‌ها

۲۸۳	سرواژه‌ها
۲۸۹	مراجع
۳۰۹	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۳۱۷	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۳۲۵	نمای