

سیستم‌های
مخابرات لیزری
در
فضای باز

نویسنده:
مهندس شهریار پاسیار

انتشارات نوید شیراز



سرشناسه : پاسپار، شهریار، ۱۳۴۶ -
عنوان و نام پدید آور : سیستم‌های مخابرات لیزری در فضای باز / نویسنده
شهریار پاسپار.
مشخصات نشر : شیراز: نوید شیراز، ۱۳۸۶
مشخصات ظاهری : ۱۶۶ ص.، مصور، جدول.
شابک : ISBN: 978-964-358-558-7
وضعیت فهرست نویسی : فیبا
یادداشت : واژه‌نامه
موضوع : اتصالاتی میان‌ی نوری در فضای باز.
موضوع : مخابرات لیزری.
رده‌بندی کنگره : TK5۱۰۳/۶ س ۹۱۳۸۶ :
رده‌بندی دیویی : ۶۲۱/۳۸۲۷ :
شماره کتابشناسی ملی : ۱۰۶۱۰۵۴ :



سیستم‌های مخابرات لیزری در فضای باز

نویسنده: مهندس شهریار پاسپار

صفحه آراء: فروغ حسینی‌پور □ گرافیک: کانون تبلیغات کلید □ لیتوگرافی: واصف

□ چاپ: ستاره □ تیراژ: ۳۰۰۰ جلد

□ چاپ اول: ۱۳۸۶ □ حق چاپ محفوظ

ناشر: انتشارات نوید شیراز

دفتر شیراز - تلفن ۶۲-۲۲۲۶۶۶۱ نمابر ۰۷۱۱-۲۲۲۹۶۷۶ □ ص.ب. ۷۱۲۶۵/۶۶۶

دفتر تهران - تلفن ۸۸۹۰۵۹۳۵ نمابر ۰۲۱-۸۸۹۲۱۵۲۲

پست الکترونیکی: navidshiraz@navidshiraz-pub.com

وب سایت: www.navidshiraz-pub.com

ISBN: 978-964-358-558-7

شابک: ۷-۵۵۸-۳۵۸-۹۶۴-۹۷۸

فهرست

صفحه	عنوان
۱۳	فصل اول: سیستمهای مخابرات نوری در فضای باز
۱۶	مزایای استفاده از نور برای ارتباطات
۱۸	اختراع لیزر
۲۰	خواص نور لیزر
۲۴	دیودهای لیزری
۲۷	سیستم FSO
۲۹	بعضی از محدودیت‌های امواج رادیویی در مخابرات
۳۳	تأثیرپذیری از تداخل‌های طبیعی و مصنوعی و نویز
۳۶	لینک‌های لیزری (Laser Links)
۳۲	کاربردهای سیستم ارتباط لیزری
۵۱	فصل دوم: آشنائی با مبانی نور و انتشار لیزر در هوا
۵۲	شکست نور
۵۶	عدسی‌ها و لیزر
۶۳	رابطه بین قطر عدسی در گیرنده و جمع‌آوری اشعه
۶۴	افزایش توان لیزر

افزایش قطر عدسی و یا آینه جمع کننده نور در واحد گیرنده.....	۶۵
افزایش میزان حساسیت مدارهای گیرنده.....	۶۶
روش ترکیبی.....	۶۷
مبانی سیستم‌های FSO و چگونگی انتشار نور لیزر در هوا.....	۶۷
نمونه‌ای از یک سیستم FSO	۶۹
منابع نور لیزر.....	۷۰
پراکندگی‌های Mie Scatter.....	۷۴
خطای آشکاراها و نرخ خطای بیت (bit-error).....	۷۷
واگرایی اشعه نور و تنظیم عدسی‌ها.....	۸۰
معادله برد سیستم FSO.....	۸۰
آشفته‌گی و اغتشاش ناشی از پدیده شکست.....	۸۲
طراحی و تنظیم‌های تلسکوپ.....	۸۳
محافظت از چشم در برابر اشعه لیزر.....	۸۶
فصل سوم: طراحی و ساخت یک سیستم عملی نوع FSO	۸۹
مدولاسیون - Modulation	۸۹
مدولاسیون دامنه و مدولاسیون درختندگی.....	۹۰
مدولاسیون پهنای پالس - Pulse Width Modulation (PWM)	۹۱
مدولاسیون فرکانس - Frequency Modulation(FM).....	۹۲
مدولاسیون شیفت فرکانس - Frequency Shift Keying(FSK)	۹۳
پروژه طراحی و ساخت یک سیستم مخابراتی FSO.....	۹۳
از کجا شروع کنیم؟.....	۹۴
مشخصات پروژه پیشنهادی برای ساخت لینک لیزری.....	۹۴
انتخاب مدولاسیون.....	۹۹

شروع کار.....	۱۰۰
مدار فرستنده.....	۱۰۰
نتایج آزمایش.....	۱۰۵
پروژه لینک مخابرات لیزری.....	۱۰۶
طراحی و ساخت تلسکوپ گیرنده.....	۱۰۸
تشریح مدارهای الکترونیکی.....	۱۳۰
تشریح مدار.....	۱۳۰
تشریح بخش فرستنده.....	۱۳۲
تشریح بخش گیرنده.....	۱۳۴
تشریح مراحل ساخت.....	۱۳۷
چند توصیه.....	۱۴۲
تنظیم لیزر و دوربین یابنده.....	۱۴۲
لیست قطعات الکترونیکی پروژه لینک مخابرات لیزری.....	۱۴۹

فصل چهارم: معرفی انواع دیگری از سیستمهای FSO.....

سایر کاربردهای سیستمهای FSO.....	۱۵۱
منعکس کننده‌های لیزر-Laser Reflectors.....	۱۵۲
فاصله‌یاب‌های لیزری-Laser Distance Measurement.....	۱۵۶
میکروفون‌های لیزری-Laser Microphone.....	۱۵۸
رادارهای لیزری.....	۱۶۲
سیستمهای FSO شخصی و کوچک.....	۱۶۴

جوینده دانش، مورد لطف و عنایت خداوند است.
رسول اکرم(ص)

تقدیم به پویندگان راه علم

پیش گفتار

Laser Communication

By: Shahryar Pasyar

اگر تاکنون تنها تصویری که از مخابرات نوری و لیزر داشته اید منحصر به فیبر نوری بوده است و یا اگر علاقمند به یکی از کاربردهای مهم نور شکفت انگیز لیزر می‌باشید یعنی مخابره Data-Video-Voice و اگر مایل به کسب تجربه برای ساخت یک سیستم لیزری می‌باشید خواندن این کتاب را به شما توصیه می‌کنیم. این کتاب اولین منبع به زبان فارسی می‌باشد که به مقوله کاربردهای لیزر در فضای باز یا مخابرات نوری خارج از محیط فیبر می‌پردازد. نویسنده تلاش کرده است تا با نثری روان و به دور از پیچیدگی‌ها و دشواری‌های مرسوم در کتابهای مهندسی برق یکی از مطرح‌ترین سیستمهای مخابرات نوری را که در کاربردهای نظامی و غیر نظامی بسیار فراگیر می‌باشد تشریح کند. پس از مطالعه این کتاب با بسیاری از مفاهیم انتشار لیزر در آتمسفر و تاثیر عوامل بازدارنده‌ای همچون جذب و پراکندگی آشنا شده و تصویری فراتر از سیستمهای متعارف ارتباطی را بدست خواهید آورد. مطالعه این کتاب را به دانشجویان مهندسی الکترونیک و مخابرات و البته کلیه علاقمندان سیستمهای مخابرات بر مبنای لیزر توصیه می‌کنیم.

به نام آفریننده دانائی

اکنون که موفق به نگارش دومین کتاب خود شده ام، خدای متعال را سپاسگذاری کرده آرزو می‌کنم همچون کتاب قبلی مورد توجه و استفاده خوانندگان گرامی قرار گیرد. این کتاب به مقوله‌ای مهم یعنی مخابرات نوری در فضای باز (Free Space Optic) می‌پردازد. حجم قابل ملاحظه‌ای از مطالبی که در دانشگاه‌ها و مراکز تخصصی پیرامون مخابرات نوری وجود دارد منحصر به فیبر نوری بوده و کمتر به استفاده از نور یا در واقع پرتو لیزر برای انتشار در فضای آزاد و مخابره پیام پرداخته می‌شود. از آنجا که سیستم‌های FSO کاربردهای زیاد و مهمی در مخابرات امن (Secure Communication) در ارتباط‌های نظامی و غیر نظامی داشته و می‌تواند مشکلات ناشی از ایجاد مسیرهای فیبر نوری را حداقل در برد کوتاه حل کند و همچنین با عنایت به اینکه لینک‌های لیزری در بسیاری از موارد جانشین خوبی برای لینک‌های رادیویی ماکروویو می‌باشند، مطالعه این کتاب برای علاقمندان فن آوری مخابرات خصوصا دانشجویان رشته‌های مهندسی الکترونیک و مخابرات می‌تواند مفید واقع شود. تلاش اینجانب به عنوان نگارنده بر آن بوده است تا با روانی و به دور از اصطلاحات و فرمول‌های بغرنج ریاضی و همچنین بهره‌گیری از تصاویر و شکل‌های راهنما خواننده گرامی را در تفهیم هر چه بهتر مطالب یاری دهم. در

فصل اول کتاب تاریخچه سیستم‌های FSO را مرور کرده و به معرفی و مقایسه آنها با سایر سیستم‌های متعارف ارتباطی پرداخته می‌شود. فصل دوم کتاب به مبانی انتشار نور و لیزر در فضای باز پرداخته و آن بخش از فیزیک اپتیک که در بر گیرنده این اصول می‌باشد، به دور از مباحث سنگین ریاضی، چگونگی انتشار و نحوه برخورد آتمسفر را تشریح می‌کند. در این فصل با نحوه انتشار لیزر بعنوان یک حامل مخابراتی در فضای باز و عوامل تأثیر گذار آشنا شده و خواننده گرمای در پایان تصویری کامل از نحوه و چگونگی کارکرد سیستم‌های FSO بدست می‌آورد. فصل سوم کتاب برای کسانی که علاقمند کارهای عملی در مهندسی الکترونیک و مخابرات می‌باشند خصوصاً دانشجویان این رشته‌ها که مایل به کار بر روی پایان نامه‌های خود در این زمینه‌ها هستند خواندنی خواهد بود. در این فصل با توجه به آنچه که در فصول پیشین گفته شده است مرحله به مرحله و با ذکر جزئیات یک سیستم صد درصد عملی نوع FSO که توسط نگارنده طراحی و ساخته شده است همراه با تصاویر راهنما تقدیم خوانندگان می‌گردد. و سرانجام در فصل چهارم نگاهی اجمالی به سایر سیستم‌های FSO خواهیم کرد. در پایان از کلیه کسانی که مشوق من در نوشتن این کتاب بوده اند کمال تشکر و قدردانی داشته و خصوصاً از جناب آقای مهندس امیری مدیریت محترم عامل شرکت مخابرات استان فارس به دلیل حمایت‌های بی‌دریغ ایشان از فعالیت‌های پژوهشی اینجانب سپاسگذاری و قدردانی می‌نمایم.

شهریار پاسیار

کارشناس شرکت مخابرات استان فارس

فروردین ماه ۱۳۸۶ - شیراز

از همین نویسنده

کتاب سیستم موقعیت
یاب جهانی (GPS) تالیف
آقای مهندس شهریار پاسیار
اولین کتاب مشروح و جامع
به زبان فارسی می باشد که
با نثری روان و بهره گیری
از شکلهای فراوان سیستم
ناوبری جهانی را برای
خوانندگان موشکافی کرده
و اطلاعات کاملی از ایسن
سامانه مهم ناوبری که هر
روز در جهان و نیز در کشور
ما گسترش زیادی می یابد



در اختیار قرار می دهد. در فصل اول این کتاب تاریخچه ناوبری و ابزارهای
ساخته شده بشر برای راه یابی در زمین و آسمان مورد بررسی قرار گرفته و
سیر تکاملی پیشرفت انسان در این زمینه مرحله به مرحله تشریح می گردد. در

فصل دوم سیستم موقعیت یاب جهانی بر اساس فن آوری رادیو و ماهواره مورد بحث قرار گرفته و تکنولوژی نهفته در پشت آن برای خواننده کنجکاو کالبد شکافی می‌گردد. در این فصل اصول و مبانی سیستم GPS که توسط وزارت دفاع آمریکا راه اندازی شده به دقت تشریح گردیده و خواننده آماده می‌گردد تا در فصل بعدی با این مفاهیم مستقیماً درگیر شود. در فصل سوم به دستگاه های گیرنده GPS پرداخته شده و روش کار با آنها تشریح می‌گردد. انواع امکاناتی را که سیستم موقعیت یاب جهانی در اختیار کاربران قرار می‌دهد از مطالب بحث شده در این فصل از کتاب می‌باشد. مفاهیمی همچون یافتن طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع سنجی، مسیر یابی، اتصال GPS به کامپیوتر از جمله موارد آورده شده در این فصل می‌باشد. همچنین دو پروژه عملی برای ساخت آنتن‌های خارجی GPS نیز برای خوانندگان علاقمند تشریح می‌گردد. نویسنده برای پاسخگویی به سئوالات متعددی که ممکن است در ذهن خوانندگان نقش بسته باشد یک بخش پرسش و پاسخ را نیز به کتاب افزوده است. از نقاط قوت کتاب میتوان به جدول کامل مختصات جغرافیائی شهرهای ایران اشاره کرد که در آن بسیاری از نقاط کشورمان لیست شده و میتواند برای ایران گردان و نیز کاوشگران و البته کلیه کسانی که تمایل به مسافرت در کشور پهناورمان دارند، مورد استفاده قرار گیرد.

این کتاب در اواخر سال ۱۳۸۵ در نوبت چاپ اول از سوی انتشارات نوید شیراز به زیور طبع آراسته شده و تقدیم به جامعه فرهنگی کشور و علاقمندان به دانش و فن آوری گردیده است.