

تئوری و طراحی عملی سیستم‌های طیف گسترده همراه با شبیه‌سازی در MATLAB

تألیف:

فرید صمصامی خداداد، سید نصراله حسینی

دانشگاه جامع امام حسین (علیه‌السلام)
مؤسسه چاپ و انتشارات

سری: مهندسی سیستم‌ها - ۶

• عنوان: تئوری و طراحی عملی سیستم‌های طیف گسترده همراه با شبیه‌سازی در Matlab

• تألیف: فرید صمصامی خداداد، سید نصراله حسینی

• ویراستار فنی: مجید اخوت

• ویراستار ادبی: معصومه کریمی‌بخش

• صفحه آناه: آقامیرزایی

• طراحی جلد: حمید حسینی

• نوبت چاپ: اول (تابستان ۱۳۹۴)

• شمارگان: ۲۰۰ نسخه

• قیمت: ۱۵۰،۰۰۰ ریال

• مؤسسه چاپ و انتشارات: تهران، زرگران، شهید بابایی، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، معاونت پژوهش

• تلفن: ۷۷۱۰۵۷۵۹-۶۰ ، ۷۷۱۰۵۷۰۳ ، ۰۹۱۲۴۸۷۰۰۱۷ ، اه: ۰۹۱۲۴۸۷۰۰۱۷

• فروشنده و نمایشگاه: تهران، میدان فردوسی، بلع شمال شرقی، پست ایستگاه مترو.

• تلفن: ۸۸۸۳۹۲۹۷ ، اه: ۰۹۱۰۱۰۲۶۲۲۴

• کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و سایر حقوق برای دانشگاه جامع امام حسین(ع) محفوظ است.

سرشناسه	: صمصامی خداداد، فرید، ۱۳۶۰ -
عنوان و پدیدآور	: تئوری و طراحی عملی سیستم‌های طیف گسترده همراه با شبیه‌سازی در Matlab
تألیف: فرید صمصامی خداداد، سید نصراله حسینی، ویراستار فنی: مجید اخوت، ویراستار ادبی: معصومه کریمی‌بخش	
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه جامع امام حسین(ع) - مؤسسه چاپ و انتشارات، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۰ ص: مصور
فروست	: دانشگاه جامع امام حسین(ع)، مؤسسه چاپ و انتشارات: ۱۳۹۴
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۵۲-۴۹۳-۶
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
موضوع	: : متلب
موضوع	: ارتباطات طیف گسترده
موضوع	: مخابرات نظامی
شناسه افزوده	: حسینی، نصراله، ۱۳۵۸ -
شناسه افزوده	: دانشکده و پژوهشکده جنگ الکترونیک و دفاع سایبری دانشگاه جامع امام حسین(ع)
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۴ ت ۸ ص/۵/۴۵ TK ۵۱۰۳
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۱۷۷۲۰۲

بسم الله الرحمن الرحيم

«يرفع الله الذين امنوا منكم والذين او توالعلم درجات»

خدا - مقام اهل ایمان و دانشمندان عالم را (در دو جهان) رفیع می گرداند.
(سوره مبارکه مجادله - آیه ۱۱)

ارزش و جایگاه علم و دانش اندوزی در اسلام تا آن پایه است که خداوند کریم در قرآن مجید، ابلاغ رسالت، سر خود را برای هدایت بشریت، به اقرار آغاز نمود. هدایت بشر، تکامل، سعادت و قرب به ذات اقدس الهی در گرو کسب معرفت و تحصیل علم و دانش است، علمی که به تعبیر استاد شهید مطهری، زیبایی عقل است و انسان خداجوی، معبود خود را در آن می بیند. یکی از مسئولیت های مهم هر دانشگاه در کنار تعلیم و تربیت، نشر کتب و آثار علمی است. معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام) نیز به منظور مشارکت فعال در بالندگی و رشد فرهنگی و علمی جامعه، دست یابی به مرجعیت علمی در حوزه های مأموریتی و ایفای رسالت خطیر خود در تولید دانش و انتشار یافته های علمی، افتخار و تلاش دارد تا زمینه و بستر لازم را جهت تشویق پژوهشگران و اساتید محترم در عرصه تولید علم، فراهم و تسهیل نماید.

امید است در سایه الطاف بیکران الهی و با گسترش فعالیت‌های انتشاراتی مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)، این رسالت خطیر تحقیق یابد.

در پایان بر روح تابناک امام راحل (ره) و شهدای گرانقدر انقلاب اسلامی و دفاع مقدس در می‌فرستیم و با آرزوی توفیقات هر چه بیشتر مقام معظم رهبری و خدمتگزاران اسلام - کشور، از اساتید، فرهیختگان و اهل نقد و نظر تقاضا داریم با ارائه نظرات و پیشنهادها خود ما را یاری فرمایند.

و من الله التوفیق و علیه التکلان
معاونت پژوهش و فناوری
دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

پیشگفتار مؤلفان..... پانزده

فصل ۱..... ۱

مقدمه‌ای به سیستم‌های طیف گسترده و کاربردهای آن..... ۱

۱-۱- مقدمه..... ۱

۲-۱- معرفی سیستم طیف گسترده..... ۲

۳-۱- ویژگی‌ها و مزایای ارسال سیگنال طیف گسترده..... ۵

۴-۱- ویژگی آماری سیستم طیف گسترده: بهره پردازش، توابع همبستگی و همبستگی متقابل..... ۷

۱-۴-۱- بهره پردازش..... ۷

۲-۴-۱- توابع همبستگی و همبستگی متقابل..... ۹

۵-۱- کاربردهای عملی سیستم‌های طیف گسترده..... ۱۴

۶-۱- مراجع..... ۱۶

فصل ۲..... ۱۷

کدهای گسترش دهنده طیف فرکانسی..... ۱۷

۱-۲- مقدمه..... ۱۷

۲-۲- نحوه ساخت کدهای گسترش دهنده طیف فرکانسی..... ۱۸

۱-۲-۲- تعریف چندجمله‌ای اولیه..... ۲۰

۲-۲-۲- ساختار شیفت رجیسترها..... ۲۱

۱-۲-۲-۲- ساختار گالوا..... ۲۱

۲-۲-۲-۲- ساختار فیبوناچی..... ۲۲

۳-۲- انواع کدهای خطی گسترش دهنده طیف..... ۲۳

۱-۳-۲- کدهای ماکزیمال..... ۲۳

۲۶	۱-۱-۳-۲- خواص دنباله‌های ماکزیمال
۲۷	۲-۱-۳-۲- تابع خود همبستگی یک دنباله ماکزیمال
۲۸	۲-۳-۲- کدهای گلد
۲۹	۳-۳-۲- دنباله‌های کازامی
۳۰	۴-۳-۲- دنباله هادامارد-والش
۳۲	۵-۳-۲- دنباله سیستم دینامیکی آشوبناک
۳۳	۱-۵-۳-۲- اختار ولید دنباله‌های باینری از سیستم‌های دینامیکی آشوبناک
۳۴	۱-۵-۳-۲- ریای ساختار دینامیکی دنباله‌های آشوبناک
۳۷	۳-۵-۳-۲- توابع همبستگی دنباله‌های دینامیکی آشوبناک
۳۸	۶-۳-۲- مولدهای کد بیرخوام
۴۰	۴-۲- مراجع
۴۱	فصل ۳
۴۱	سیستم‌های طیف‌گسترده پرش فرکانسی
۴۱	۱-۳- مقدمه
۴۲	۲-۳- پارامترهای سیستم طیف‌گسترده FH
۴۳	۳-۳- انواع سیستم‌های پرش فرکانسی
۴۴	۱-۳-۳- سیستم طیف‌گسترده پرش فرکانسی تند
۴۵	۲-۳-۳- سیستم طیف‌گسترده پرش فرکانسی کند
۴۶	۴-۳- بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده پرش فرکانسی
۴۸	۵-۳- بهره پردازش سیستم‌های طیف‌گسترده پرش فرکانسی
۴۹	۶-۳- سیستم‌های طیف‌گسترده پرش فرکانسی خاص
۵۰	۷-۳- سیستم‌های ارتباطی طیف‌گسترده پرش فرکانسی
۵۰	مشخصات فنی Bluetooth
۵۱	۲) سیستم ART-2000
۵۱	۳) سیستم Aselsan

۹-۳- مراجع ۵۲

فصل ۴ ۵۳

سیستم‌های طیف‌گسترده دنباله مستقیم ۵۳

۴-۱- مقدمه ۵۳

۴-۲- انواع سیستم‌های طیف‌گسترده دنباله مستقیم ۵۳

۴-۲-۱- سیستم‌های طیف‌گسترده دنباله مستقیم با کد کوتاه ۵۴

۴-۲-۲- سیستم‌های طیف‌گسترده دنباله مستقیم با کد بلند ۵۴

۴-۲-۳- سیگنال طیف‌گسترده دنباله مستقیم ۵۵

۴-۳- نمودار بلوک فرستنده و گیرنده سیستم‌های طیف‌گسترده دنباله مستقیم ۵۷

۴-۴- بهره پردازشی در فرستنده گسترده دنباله مستقیم ۵۸

۴-۵- نمونه سیستم‌های ارتباطی طیف‌گسترده دنباله مستقیم ۵۹

مودم ارتباطی Utilicom ۵۹

بی‌سیم ارتباطی DSR1 ۶۱

۶-۴ سیستم‌های دسترسی چندگانه با تقسیم کد دنباله مستقیم ۶۱

۶-۶- مراجع ۷۰

فصل ۵ ۷۱

سیستم‌های طیف‌گسترده هایبرید ۷۱

۵-۱- مقدمه ۷۱

۵-۲- سیستم‌های طیف‌گسترده پرش زمانی ۷۱

۵-۳- سیستم ترکیبی دنباله مستقیم/ پرش فرکانسی (DS/FH) ۷۳

۵-۳-۱- پارامترهای سیستم ترکیبی طیف گسترده DS/FH ۷۶

۵-۳-۲- ارتباط بین سرعت ارسال داده با بهره پردازش و سطوح مدولاسیون در سیستم FH/DS ۷۸

۵-۳-۳- ارتباط بین NFD, NDS در سیستم DS-FH ۷۹

۸۰	۵-۳-۴- نوع مدولاسیون در سیستم FH/DS
۸۱	۵-۳-۵- احتمال خطای بیت در سیستم ترکیبی DS/FH
۸۲	۵-۳-۶- مزایا و معایب سیستم ترکیبی FH/DS
۸۳	۵-۴- بهره پردازشی فن طیف گسترده هایبرید
۸۳	۵-۵- کاربرد نظامی فن طیف گسترده هایبرید
۹۲	۵-۶- سیستم ترکیبی پرش زمانی - فرکانسی (TFH)
۹۲	۵-۷- سیستم ترکیبی پرش زمانی - دنباله مستقیم (TH/DS)
۹۳	۵-۸- سیستم ترکیبی TFH/DS
۹۳	۵-۹- سیستم دلف گسترده چروپ فرکانسی (Chirp)
۹۴	۵-۶- مراجع
۹۵	فصل ۶
۹۵	آشکارسازی سیگنال های طیف گسترده
۹۵	۶-۱- مقدمه
۹۹	۶-۲- مقدمه ای بر آشکارسازی داده ها
۹۹	۶-۲-۱- مسئله بهینه سازی آماری
۱۰۰	۶-۲-۲- آزمون فرض دوتایی
۱۰۲	۶-۲-۳- معیارهای بهینگی در آزمون فرض دوتایی
۱۰۳	۶-۲-۳-۱- معیار نیم پیرسون
۱۰۴	۶-۲-۴- معیار حداکثر انحراف
۱۰۵	۶-۳- آشکارسازی و تشخیص حضور سیگنال های طیف گسترده
۱۰۶	(۱) پوشش سیگنال هدف (C)
۱۰۶	(۲) آشکارسازی سیگنال (D)
۱۰۷	(۳) شناسایی سیگنال (I)
۱۰۷	(۴) بهره برداری از سیگنال (E)

- ۳-۶- آشکارسازی سیگنال‌های طیف‌گسترده دنباله مستقیم ۱۰۸
- ۳-۶-۱- روش‌های کلاسیک آشکارسازی ۱۰۹
- ۳-۶-۲- روش ممان آماری مرتبه دوم ۱۱۰
- ۳-۶-۳- روش کامپولنت دوری ۱۱۱
- ۳-۶-۴- روش تبدیل فوریه کوتاه زمانی ۱۱۲
- ۳-۶-۵- روش‌های آمارگان مراتب بالا ۱۱۳
- ۴-۶- آشکارسازی سیگنال‌های طیف‌گسترده پرش فرکانسی ۱۱۵
- ۴-۶-۱- آشکارسازی به روش رادیومتر کانالیزه ۱۱۶
- ۴-۶-۲- آشکارسازی به کمک تابع خودبستگی ۱۱۷
- ۴-۶-۳- آشکارسازی روش‌های متوسط درست‌نمایی و حداکثر درست‌نمایی (ML) ۱۱۹
- ۴-۶-۴- آشکارسازی و تخمین سیگنال پرش فرکانسی براساس روش ترکیبی موجک-همبستگی ۱۲۰
- ۵-۶- سنکرون‌سازی و تخمین نرخ پرش ۱۲۷
- ۵-۶-۱- تخمین زمان پرش به روش پیمایش پستگی ۱۲۹
- ۵-۶-۲- تخمین زمان پرش به کمک گیرنده‌های نانالیزه ۱۳۰
- ۵-۶-۳- تخمین زمان پرش به کمک تبدیل موجک ۱۳۳
- ۶-۶- آشکارسازی داده‌ها در سیستم‌های طیف‌گسترده چند کاربره دنباله مستقیم ۱۳۶
- ۶-۶-۱- آشکارسازی کور داده‌ها در سیستم‌های طیف‌گسترده چند کاربره ۱۳۷
- ۶-۶-۲- آشکارسازی داده در گیرنده‌های غیر مخاطب چندکاربره ۱۴۰
- ۶-۶-۱-۲- روش تحلیل ویژه در آشکارسازی سیگنال‌های طیف‌گسترده دنباله مستقیم چندکاربره ۱۴۲
- ۷-۶- مراجع ۱۴۷

فصل ۷ ۱۵۱

- پیاده‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های طیف‌گسترده به کمک نرم‌افزار مطلب ۱۵۱
- ۷-۱- مقدمه ۱۵۱
- ۷-۲- تولید رشته‌های PN ۱۵۱

۱۵۵	۳-۷- شبیه‌سازی سیستم طیف‌گسترده پرش فرکانسی
۱۶۶	۴-۷- شبیه‌سازی سیستم طیف‌گسترده دنباله مستقیم
۱۶۶	۴-۷-۱- مدولاسیون‌های PSK
۱۶۷	۴-۷-۲- مدولاسیون OQPSK
۱۶۸	۴-۷-۳- مدولاسیون DPSK
۱۶۹	۴-۷-۴- مدولاسیون $\pi/4$ -QPSK
۱۶۹	۴-۷-۵- بخش گسترش طیف
۱۷۲	۷-۵- مراجع
۱۷۳	واژه‌نامه
۱۷۳	فارسی - انگلیسی
۱۷۹	انگلیسی - فارسی

پیشگفتار مؤلفان

پیشرفت جوامع بشری و نیاز به ارتباط سریع و آسان همراه با امنیت و کیفیت مناسب سبب شده است که طراحان سیستم‌های مخابراتی در پی روش‌هایی نوین برای مخابره اطلاعات به صورت داده‌های دیجیتال، که دربرگیرنده افزایش حجم تقاضا و از سوی دیگر پاسخگوی سرویس‌های جدید با پهنای باند زیاد باشند. یکی از پرتقاضا ترین انواع مخابره اطلاعات، مخابرات بیسیم سیار است. با توجه به رشد روز افزون مشترکین آن، نیاز به سرویس‌های پیشرفته صوتی، تصویری و دسترسی کاربران از طریق گوشی به اینترنت موجب گردیده است که تکنیک‌های مرسوم مخابراتی نتوانند پاسخگوی نیاز کاربران چنین حوزه‌ها باشند. برای پاسخگویی به این نیازها، نسل سوم مخابرات سیار سلولی که بر اساس مخابرات طیف گسترده پایه‌ریزی شده مطرح گردید تا علاوه بر افزایش ظرفیت تعداد کاربران بتواند پاسخگویی نیاز سرویس‌های جدید مخابراتی که به نرخ داده بالاتری نیاز دارند، باشد.

تکنیک طیف گسترده، روشی برای ارسال داده‌ها در مخابرات دیجیتال است که در آن عرض باند سیگنال ارسالی خیلی وسیع‌تر از عرض باند سیگنال پیام می‌باشد. علاوه بر آن مخابرات طیف گسترده یکی از روش‌های مخابرات امن به‌شمار می‌آید. این شیوه از حدود سال ۱۹۵۰ در کاربردهای نظامی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. دو خاصیت مهم این سیستم‌ها، یعنی مخفی بودن سیگنال در نویز مقاومت در مقابل تداخل عمدی و غیر عمدی، از مهم‌ترین شاخص‌های مخابرات امن به‌شمار می‌رود. از مزایای دیگر سیستم‌های طیف گسترده ارسال اطلاعات با نرخ بالا و توان کم برای محیط‌های شهری با انباشتگی طیفی بالا و مقاومت در مقابل پدیده محوشدگی می‌باشد. سیرۀ است. این عوامل باعث گسترش روز افزون استفاده از این سیستم در حوزه مخابرات تجاری شده است. بر این اساس، تکنیک طیف گسترده از سال ۱۹۸۰ به بعد در مخابرات سیار نسل سوم مورد استفاده قرار گرفت و حالت‌های توسعه یافته آن نیز که در مقابل تداخل باند باریک مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد، برای استفاده در مخابرات نسل چهارم مطرح می‌باشند. علاوه بر آنچه که ذکر شد از دیگر کاربردهای این سیستم می‌توان به فاصله یابی دقیق، زمان سنجی دقیق، هدایت و کنترل اشاره کرد.

از این رو آشنایی مهندسان مخابرات با سیستم‌های مخابراتی طیف‌گسترده امری ضروری به نظر می‌رسد. امروزه مبحث مخابرات طیف‌گسترده در برخی از دانشگاه‌های کشور و آن هم به صورت محدود در دوره کارشناسی ارشد تدریس می‌شود که بیشتر مبتنی بر فصولی از کتاب‌های مختلف و مقالات علمی است. پیچیدگی بیان مقالات و نداشتن پیش‌نیاز قبلی موجب گردیده است تا دانشجویان کارشناسی و مهندسين و تکنسین‌های سامانه‌های مخابراتی طیف‌گسترده، در آشنایی با مفاهیم پایه‌ای و کاربردی طیف‌گسترده، کمبود منابع، به ویژه منابع فارسی، مواجه شوند.

هدف از تألیف این کتاب پاسخگویی به بخشی از این نیازها است. در این کتاب سعی شده با بیانی ساده و به‌رمیز از اضافه‌گویی و حذف روابط و فرمول‌های ریاضی پیچیده مفاهیم تئوری و کاربردی مخابرات طیف‌گسترده به خواننده علاقمند منتقل شود. از آنجا که نویسندگان کتاب در حوزه‌های مختلف سیستم‌های مخابرات طیف‌گسترده به تحقیق، پژوهش و سیمانتیک پرداختند کتاب مذکور با رویکردی عملی و کاربردی نوشته شده است. برای افزایش جنبه کاربردی مطالب ارائه شده، شرح شبیه‌سازی بخش عمده‌ای از تئوری‌های مطرح شده با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ارائه شده است که ویژگی منحصر به فرد کتاب حاضر است. از این رو این کتاب می‌تواند به عنوان یک شروع خوب برای دانشجویان کارشناسی ارشد که علاقمند هستند بخش تحقیقاتی دوران تحصیل خود را در این حوزه بپردازند، محسوب گردد. علاوه بر آنکه به محققان و کاربران سیستم‌های مخابراتی طیف‌گسترده کمک شایانی خواهد کرد. امید است این کتاب در پیشبرد دانش علمی و فنی مهندسان صنعت مخابرات کشور کمکی هر چند کوچک نماید.

فرید صمصامی خداداد / سید نصراله حسینی

بهار ۱۳۹۵