دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک گروه مخابرات

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق گرایش مخابرات – سیستم

کاهش پیچیدگی روش‌های آشکارسازی بهینه در سیستم‌ها MIMO-OFDM به کمک الگوریتم کوانتومی بهینه سازی جمعیت ذرات

نگارش:

رضا فلاح پور لله وجه سری

اساتید راهنما:

دکتر محسن اسلامی

دکتر محمد جواد دهقانی

اسفندماه ۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

کاهش پیچیدگی روش‌های آشکارسازی بهینه در سیستم‌های MIMO-OFDM به کمک الگوریتم کوانتومی بهینه سازی جمعیت ذرات

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی

نگارش:

رضا فلاح پور لله وجه سری

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه مخابرات دانشکده مهندسی برق و الکترونیک
دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه: بسیار خوب

دکتر محسن اسلامی استادیار در رشته مهندسی برق- مخابرات(استاد راهنما)

دکتر محمدجواد دهقانی دانشیار در رشته مهندسی برق- مخابرات(استاد راهنما)

دکتر محمدصادق هل فروش دانشیار در رشته مهندسی برق- مخابرات(داور)

دکتر جواد حقیقت استادیار در رشته مهندسی برق- مخابرات(داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

اینجانب **رضا فلاح پور** دانشجوی رشته **مخابرات سیستم** مقطع تحصیلی **کارشناسی ارشد** به شماره دانشجویی **۹۰۱۱۴۰۱۹** تأیید می نماید کلیه نتایج این پایان نامه/رساله، بدون هیچگونه دخل و تصرف ، حاصل مستقیم پژوهش صورت گرفته توسط اینجانب است. در مورد اقتباس مستقیم و غیر مستقیم از سایر آثار علمی، اعم از کتاب، مقاله، پایان نامه با رعایت امانت و اخلاق علمی، مشخصات کامل منبع مذکور درج شده است. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص مقامات ذی صلاح دانشگاه صنعتی شیراز، مطابق قوانین و مقررات مربوط و آئین نامه های آموزشی، پژوهشی و انضباطی عمل خواهد شد و اینجانب حق هرگونه اعتراض و تجدیدنظر را، نسبت به رأی صادره، از خود ساقط می کند. همچنین، هرگونه مسئولیت ناشی از تخلف نسبت به صحت و اصالت نتایج مندرج در پایان نامه/رساله در برابر اشخاص ذی نفع (اعم از حقیقی و حقوقی) و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) متوجه اینجانب خواهد بود و دانشگاه صنعتی شیراز هیچ گونه مسئولیتی دراین زمینه نخواهند داشت.

تبصره ۱- کلیه حقوق مادی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تبصره ۲- اینجانب تعهد می نماید بدون اخذ مجوز از دانشگاه صنعتی شیراز دستاوردهای این پایان نامه/ رساله را منتشر نکند و یا در اختیار دیگران قرار ندهد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: رضا فلاح پور

لله وجه سری

تاریخ و امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج پایان نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما به شرح زیر، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام اساتید راهنما: دکتر محسن اسلامی

دکتر محمد جواد دهقانی

تاریخ:

امضا:

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم...

تشکر و قدردانی:

سپاس **خدای** را که هرچه هست از اوست و مرا یاری نمود تا بتوانم این درجه از درجات علمی را با موفقیت پشت سر گزارم.

اکنون که این رساله به پایان رسیده بر خود لازم می دانم که از اساتید گرانقدر:

دکتر محسن اسلامی و دکتر محمد جواد دهقانی

که افتخار شاگردی ایشان را داشتم و در تمام مدت این پژوهش همواره راهنما و مشوق اینجانب بوده اند کمال تشکر را بنمایم.

و سایر اساتید محترم گروه مخابرات سیستم دانشگاه صنعتی شیراز

چکیده

کاهش پیچیدگی روشهای آشکارسازی بهینه در سیستم‌های MIMO-OFDM به کمک الگوریتم کوانتومی بهینه سازی جمعیت ذرات

نگارش :
رضا فلاح پور لله وجه سری

امروزه با توجه به رشد استفاده از سیستم های مخابرات بیسیم، نیاز به افزایش نرخ اطلاعات و کاهش پیچیدگی درگیرنده اهمیت بیشتری یافته است. سیستم های MIMO-OFDM برای ارسال اطلاعات با نرخ بسیار بالا پیشنهاد شده اند. عمده تحقیقات در این زمینه، بهبود عملکرد یا کاهش پیچیدگی سیستم هایی می‌باشد که مبتنی بر ساختار MIMO-OFDM کار می کنند. دراین پایان-نامه مسأله آشکارسازی سیگنال‌های MIMO-OFDM به کمک روش کوانتومی ذرات مورد بررسی قرار گرفته است که بر اساس نظریه بهینه سازی جمعیت ذرات، مبتنی بر مفاهیم کوانتومی می باشد. الگوریتم کوانتومی مطرح شده در مبحث الگوریتم‌های بهینه سازی ابتکاری کوانتومی با الگوبرداری از فیزیک کوانتوم مطرح گردید. به منظور بررسی کارآیی الگوریتم کوانتومی بهینه سازی جمعیت ذرات در یک سیستم MIMO-OFDM یک سیستم متشکل از تعداد ۴ آنتن فرستنده و ۴ آنتن گیرنده و با چینش های متفاوت در نظر گرفته شد. در مسئله فوق کارایی گیرنده با الگوریتمهای ML و QPSO درشرایط یکسان مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا با تغییرات پارامترهای سیستم از جمله بکارگیری آنها در چینش های مختلف ،کارایی الگوریتم ها با معیارهای سرعت همگرایی وپیچیدگی مقایسه گردید. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که الگوریتم QPSO پیشنهادی از سرعت قابل قبول و دقت خوبی برای بهبود عملکرد آشکارساز MLازنظر کاهش پیچیدگی برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی، الگوریتم کوانتومی بهینه سازی جمعیت ذرات ، مکانیک کوانتومی، آشکارسازML ، QPSO

فهرست مطالب

۱.فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- تحول نسل‌های مخابراتی ۳

۱-۳- مخابرات نسل چهارم(4G) ۵

۱-۴- انواع کانال ۷

۱-۵- پدیده‌ی محوشدگی در کانال‌های مخابراتی بیسیم ۹

۱-۶- چالش‌های مخابرات بیسیم ۹

۱-۷- راه‌حل چالش‌ها ۱۰

۱-۷-۱- چندگانگی ۱۰

۱-۸- کدگذاری فضا- زمان ۱۱

۱-۹- کدگذاری فضا-زمان-فرکانس ۱۳

۱-۱۰- بیان کلیات مساله ۱۴

۱-۱۱- بخش‌های پایان نامه ۱۴

۲.فصل دوم:سیستم MIMO-OFDM ۱

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲- معرفی سیستم MIMO ۱۶

۲-۳- ظرفیت کانال MIMO ۱۸

۲-۳-۱-Water-filling ۱۸

۲-۳-۲- کانال MIMO ۲۰

۲-۴- دسترسی چندگانه مبتنی بر زیرحامل‌های عمود بر هم ۲۲

۲-۵- MIMO-OFDM ۲۴

۲-۶- نتیجه گیری ۲۴

۳.فصل سوم: آشکارسازهای سیستم‌های MIMO و MIMO-OFDM ۲۶

۳-۱- مقدمه ۲۷

۳-۲- مدل سیستم و مدل کانال معادل ۲۸

۳-۳- گیرنده‌ی بهینه‌ی بیشترین شباهت(ML) ۳۱

۳-۳-۲- پیچیدگی کدگشایی گیرنده‌ی ML ۳۱

۳-۴- آشکارساز MMSE ۳۲

۳-۵- آشکارساز ZF ۳۲
۳-۶- الگوریتم آشکارساز کروی (SDA)..... ۳۳
۳-۷- بهبود عملکرد آشکارساز ML به کمک الگوریتم جستجوی تصادفی..... ۳۴
۳-۷-۱- مقدمه ای بر الگوریتم های جستجوی تصادفی..... ۳۵
۳-۷-۲- مروری بر کارهای قبلی بهبود عملکرد آشکارساز ML به کمک الگوریتم اکتشافی ۳۷

٤.فصل چهارم: روشهای آشکارسازی مبتنی بر ذرات کوانتومی ۳۸

۴-۱- مقدمه..... ۳۹
۴-۲- الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات..... ۳۹
۴-۳- الگوریتم بهینهسازی جمعیت ذرات کوانتومی(QPSO) ۴۱
۴-۴- استفاده از الگوریتم QGA به منظور بهینه یابی تابع شایستگی معرفی شده در گیرنده ML ۴۳
۴-۴-۱- الگوریتم ژنتیک کوانتومی QGA..... ۴۵
۴-۴-۲- آشکارساز طراحی شده بر اساس QGA..... ۴۸
۴-۵- نتیجه گیری..... ۴۹

٥.فصل پنجم: روش پیشنهادی و نتایج شبیه سازی ۵۰

۵-۱-مقدمه..... ۵۱
۵-۲- روش پیشنهادی برای کاهش پیچیدگی گیرنده ML به کمک الگوریتم بهینه ساز جمعیت ذرات کوانتومی ۵۱
۵-۲-۱- الگوریتم پیشنهادی DQPSO..... ۵۱
۵-۳- تنظیم و کنترل پارامترها..... ۵۴
۵-۴- بررسی عملکرد آشکارساز پیشنهادی برای چینش BPSK..... ۵۷
۵-۵- بررسی عملکرد آشکارساز پیشنهادی برای چینش 4QAM..... ۵۹
۵-۶- بررسی عملکرد آشکارساز پیشنهادی برای چینش 16QAM..... ۶۲
۵-۷- ارزیابی تئوری پیچیدگی محاسباتی..... ۶۳
۵-۸- موازنه عملکرد و پیچیدگی..... ۶۴
۵-۹- بررسی عملکرد آشکارساز پیشنهادی برای حالت بدون محدودیت تکرار..... ۶۵
۵-۱۰- بررسی و مقایسه روش ها..... ۶۸
۵-۱۱- نتیجه گیری..... ۶۸

٦.فصل ششم: جمع‌بندی و پیشنهادها ٦٩

۶-۱- جمع بندی..... ۷۰

مراجع ۷۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ : چگونگی پیشرفت سیستم‌های مخابراتی نسل امروز و آینده[۶]..... ۴
شکل ۱-۲ : قابلیت‌های مورد نیاز برای سیستم نسل آینده[۶]..... ۶
شکل ۱-۳ : شبکه یکپارچه آینده، دربر گیرنده سیستم‌های گوناگون[۶]..... ۷
شکل ۱-۴ : طرح کانال انتخاب گر و غیر انتخابگر فرکانسی..... ۸
شکل ۲-۱ : توزیع توان به طور water-filling بین N_n زیرحامل..... ۲۰
شکل ۲-۲ : تبدیل یک کانال MIMO به چندین کانال موازی به طریق تبدیل SVD..... ۲۱
شکل ۲-۳ : اجزای یک سیستم OFDM در فرستنده[۴۰]..... ۲۳
شکل ۲-۴ :سیستم MIMO-OFDM..... ۲۴
شکل ۳-۱ : نمایش ۲ بعدی از روش SDA..... ۳۴
شکل ۴-۱ : نحوه عملکرد گیت چرخشی کوانتومی..... ۴۶
شکل ۴-۲ : نحوه عملکرد آشکارساز طراحی شده بر اساس QGA..... ۴۸
شکل ۵-۱ : تغییرات نرخ همگرایی الگوریتم برای چینش BPSK ، هنگامی که β بین ۰.۰۱ تا ۲.۵ تغییر میکند..... ۵۵
شکل ۵-۲ : تغییرات نرخ همگرایی الگوریتم برای چینش 4QAM، هنگامی که β بین ۰.۰۱ تا ۲.۵ تغییر میکند..... ۵۵
شکل ۵-۳ : متوسط تغییرات تابع شایستگی برحسب تکرار به ازای نسبت سیگنال به نویز۴dB..... ۵۸
شکل ۵-۴ : متوسط تغییرات تابع شایستگی برحسب تکرار به ازای نسبت سیگنال به نویز۱۰dB..... ۵۸
شکل ۵-۵ : متوسط تغییرات تابع شایستگی برحسب تکرار به ازای نسبت سیگنال به نویز۴..... ۶۰
شکل ۵-۶ : متوسط تغییرات تابع شایستگی برحسب تکرار به ازای نسبت سیگنال به نویز۱۰..... ۶۰
شکل ۵-۷ : نرخ خطای بیت به ازای نسبت سیگنال به نویزهای مختلف،4QAM ۶۱
شکل ۵-۸ : متوسط تغییرات تابع شایستگی برحسب تکرار به ازای نسبت سیگنال به نویز۱۰..... ۶۲
شکل ۵-۹ : متوسط تغییرات تابع شایستگی برحسب تکرار به ازای نسبت سیگنال به نویز۴..... ۶۵
شکل ۵-۱۰ : متوسط تغییرات تابع شایستگی برحسب تکرار به ازای نسبت سیگنال به نویز۱۰..... ۶۶
شکل ۵-۱۱ : نرخ خطای بیت به ازای نسبت سیگنال به نویزهای مختلف،4QAM ۶۷

فهرست جدول‌ها

جدول ۴-۱ : محاسبه مقدار $\Delta\theta$.....۴۷
جدول ۵-۱ :مقایسه پیچیدگی آشکارساز ML با QPSO.....۶۴

فهرست نشانه‌های اختصاری

چندگانگی	A_d
بعد	d
تابع چگالی احتمال	Q
جرم ذره	m
احتمال خطا	P_e
عملگر همیلتونی	H(r)
توزیع پتانسیل انرژی	V(r)
ثابت پلانک	$\hbar$
تابع موج	ψ
ضریب کاوش-بهره‌گیری	β
واریانس	σ^2

فهرست کلمات اختصاری

DQPSO	Discrete Quantum Particle Swarm Optimization
FFT	Fast Fourier Transform
GMS	Global System for Mobile
IFFT	Inverse FFT
MIMO	Multi Input Multi Output
ML	Maximum Likelihood
MMSE	Minimum Mean Square Error
OAC	Overlapped Alamouti Codes
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PDC	Personal Digital Cellular
QGA	Quantum Genetic Algorithm
QPSO	Quantum Particle Swarm Optimization
VBLAST	Vertical Bell Laboratory Space Time
ZF	Zero Forcing

فصل اول: مقدمه

۱-۱-پیشگفتار

پیشرفت‌های اخیردر سیستم های مخابرات بیسیم، عملکرد کانال های بیسیم و شبکه‌ها را توسعه داده است. همچنین، قابلیت اطمینان مخابرات بیسیم افزایش یافته است. در نتیجه، استفاده از سیستم های بیسیم غیر نظامی بیشترشده است. مزایای اصلی در مخابرات بیسیم، قابل حمل بودن[۱]، قابلیت نقل مکان[۲] و دستیابی پذیری[۳] این سیستم هاست. اگر چه مخابرات سیمی، پایداری، عملکرد بهتر و قابلیت اطمینان بالاتری دارد، اما محدود به مکان های خاص یا محیط های محدود است.

سیستم های زیادی وجود دارند که مخابرات بیسیم در آن ها کاربرد دارد. پخش رادیویی[۴] یکی از اولین کاربردهای رایج است. پخش تلویزیونی[۵] و مخابرات ماهواره ای[۶] از مثال های مهم دیگر هستند. نسل اول تلفن های سلولی[۷] مربوط به اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ است. نسل اول سیستم‌های موبایل بصورت آنالوگ بود. نسل دوم سیستم‌های مخابرات سلولی با استفاده از مخابرات دیجیتال در دهه‌ی ۱۹۹۰ معرفی شد. هر دو این سیستم‌ها در اصل برای ارسال صحبت طراحی شده بودند.

موفقیت سیستم های موبایل سلولی و جاذبه‌ی آن‌ها برای عموم سبب جلب توجه صنعت و دانشگاه به این تکنولوژی شد. تحقیقات زیادی روی بهبود عملکرد سیستم های مخابرات بیسیم و توسعه‌ی آن برای مبادله اطلاعات دیگر همچون تصویر، ویدئو و داده منجر شد. در صنعت استانداردهای جدیدی طراحی و کاربردهای جدیدی متولد شد. همچنین عملکرد کاربردهای قبلی بهبود یافت. PDC[۸]، GSM[۹]، IS-54، IS-95 و IS-136 تعدادی از مثال های اولیه از این استانداردها هستند، آن ها با نرخ ارسال در حدود 9.6 Kbits/s اساساً برای صحبت طراحی شده اند. سرویس های پیشرفته تر تا حدود $100\ kbits/s$ ارسال داده از این استانداردها را شامل می شود و نسل 2.5 نامیده می شود. نسل سوم سیستم های موبایل برای

[1] Mobility
[2] Portability
[3] Accessibility
[4] Radio broadcasting
[5] Television broadcasting
[6] Satellite communications
[7] Cellular phones
[8] Personal digital cellular
[9] Global system for mobile

سرویس های با نرخ بالا در نظر گرفته شده‌اند. در سیستم‌های نسل ۳ هدف ارسال ۱۴۴ تا ۳۸۴ کیلوبیت بر ثانیه برای کاربران متحرک و در حدود ۲/۰۴۸ مگا بیت بر ثانیه برای کاربران ساکن می باشد [۱]. امروزه همچنان نیاز به نرخ ارسال اطلاعات بالاتر احساس می شود. در نسل چهارم به دنبال نرخ ارسالی در حدود ۲۰ تا ۴۰ مگا بیت بر ثانیه هستند [۲].

۱-۲-تحول نسل‌های مخابراتی

طی چند دهه اخیر، هر ۱۰ سال جهشی در تکنولوژی مخابرات اتفاق افتاده است. اولین نسل سیستم‌های مخابراتی (1G) بر اساس تکنولوژی آنالوگ در دهه ۱۹۸۰ به‌وجود آمدند، در دهه ۱۹۹۰، نسل بعدی (2G) مطرح شد که شامل استانداردهای دیجیتال مانند GSM[1] [۳]، PDC[2] [۴] و IS-95[3] [۵] بوده و جهت انتقال ترافیک‌های صحبت مورد استفاده قرار می‌گرفته است. سیستم‌های مخابراتی نسل سوم (3G) در اکتبر ۲۰۰۱ برای اولین بار در کشور ژاپن معرفی شدند [۶]. در این نسل از مخابرات، بر اساس تکنولوژی دیجیتال، ترافیک صدا، داده و سرویس‌های چندرسانه‌ای در شبکه‌های ترکیبی circuit-switched و packet-switched به کار برده می‌شوند [۷و۸]. همانطور که در شکل ۱-۱ملاحظه می‌کنید، نسل‌های جدید می‌توانند نرخ انتقال داده بیشتری را برای کاربران با تحرک بیشتر تامین نمایند، همچنین نرخ انتقال داده با افزایش سرعت موبایل کاهش می‌یابد.

[1] Global System for Mobile Telecommunications

[2] Personal Digital Cellular

[3] Interim Standard