بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان:

تخصیص منابع در سیستمهای MIMO-OFDM

نگارش:

حامد ملکی

استاد راهنما: دکتر سعید نادراصفهانی

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ

مهندسی برق-گرایش مخابرات سیستم

دی ماه ۱۳۸۷

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق (گرایش مخابرات سیستم)

عنوان: تخصیص منابع در سیستمهای MIMO-OFDM

نگارش: حامد ملکی

این پایان‌نامه در تاریخ ۱۳۸۷/۱۰/۱ در مقابل هیأت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی پردیس دانشکده‌های فنی: دکتر جواد فیض

رئیس دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر: دکتر پرویز جبه‌دار مارالانی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر: دکتر سعید نادراصفهانی

استاد راهنما: دکتر سعید نادراصفهانی

عضو هیأت داوران: دکتر وحید طباطباوکیلی

عضو هیأت داوران: دکتر علی الفت

عضو هیأت داوران: دکتر علیرضا نصیری اوانکی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب حامد ملکی تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده‌است، طبق مقررات ارجاع گردیده‌است. این پایان‌نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده‌است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: حامد ملکی

امضای دانشجو:

تقدیم به پدر گرانقدرم، او که چون کوه ایستاد تا استوار گردم و پرنده خیالم در سایه پشتیبانیش به اوج قله‌های رفیع موفقیت و کامیابی پرواز کرد.

تقدیم به مادر مهربانم که پلکهایش روی هم قرار نگرفت تا آرام بخوابم، عزیزی که آسمان محبتش را انتهایی نیست.

مهرشان در قلبم جاودانه است به امید آنکه گوشه ای از الطاف بی‌دریغشان را جبران کنم.

تقدیم به خواهر عزیز و برادران مهربانم که همواره حامی و مشوق من بوده‌اند.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر نادراصفهانی که شاگردی ایشان برای من افتخار بزرگی بود و به خاطر تمام راهنماییها و زحماتشان تشکر و قدردانی می‌کنم. انجام دادن این پایان‌نامه در محضر ایشان فرصت مغتنمی بود تا علاوه بر بهره‌مندی از علم و معرفت آن استاد بزرگوار، از فضایل اخلاقی ایشان نیز سرمشق بگیرم.
همچنین لازم می دانم مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به جناب آقای دکتر الفت و مرحوم دکتر شیوا به سبب مناعت طبع و عشقشان به تدریس ابراز دارم.
از پدر و مادر عزیزم که فداکاری، صبر و همراهی مشفقانه‌شان از ابتدای عمر همراه من بوده و در هر حالت و به هر شکل پشتیبان من بوده‌اند سپاسگزارم. همین‌طور از کلیه اعضای خانواده‌ام که مشوق و همدم من بودند قدردانی می‌کنم.
همچنین از کمکها و حمایتهایی که توسط مرکز تحقیقات مخابرات ایران از این پروژه انجام گرفت تشکر می‌کنم.

چکیده

درسیستم MIMO-OFDM استفاده از اطلاعات حالت کانال در فرستنده می‌تواند باعث بهبود کارایی سیستم شود. از نقطه نظر عملی الگوریتمهایی که نیاز به ارسال فیدبک محدودی از گیرنده به فرستنده دارند و نیز الگوریتمهایی که در آن عواملی مانند وجود خطا در تخمین حالت کانال در نظر گرفته شده باشد بسیار مورد توجه هستند.

در کانالهای با همبستگی فضایی یکی از روشهای استفاده از چنین فیدبک محدودی شکل‌دهی پرتو بر پایه‌ی مقادیر ویژه (EBF) آماری است. در این پایان نامه ما یک رابطه‌ای بسته و دقیق برای ظرفیت سیستم MIMO-OFDM که از EBF آماری استفاده می کند محاسبه می‌کنیم. یک روش دیگر برای استفاده از اطلاعات حالت کانال ، توزیع توان در زیرحاملهای OFDM است. ترکیب توزیع توان و EBF آماری در MIMO-OFDM موضوع دیگری است که بررسی شده است. برای اینکه توزیع توان مطلوب با فیدبک محدودی به فرستنده اطلاع داده شود، می‌توان یک مجموعه محدود از بردارهای توزیع توان را به صورتی غیر بلادرنگ طراحی و از قبل در اختیار فرستنده و گیرنده قرار داد تا گیرنده تنها اندیس بردار مطلوب را برای فرستنده ارسال دارد.

در این پایان نامه اثر خطای تخمین کانال را براحتمال خطای سمبل OSTBC-OFDM بررسی کرده و در این شرایط توزیع بهینه توان برای کمینه کردن احتمال خطای سمبل را استخراج می کنیم. یک الگوریتم با پیچیدگی کم نیز برای افزایش ظرفیت از طریق سوییچ کردن از مالتی پلکس فضایی به EBF آماری پیشنهاد شده است. رابطه بسته‌ای نیز برای آستانه مناسب برای این سوییچ کردن ارائه شده است. همچنین برای سیستمهای MIMO ای که از گیرنده با حذف تداخل متوالی استفاده می‌کنند، با در نظر گرفتن اثر انتشار خطا، رابطه‌ای بسته برای توزیع توان درآنتنهای مختلف به منظور کمینه کردن خطا ارائه شده است.

مسئله دیگری که در این پایان‌نامه مورد بررسی قرار گرفته است زمانبندی دسترسی کاربران در سیستمهای چند کاربره است. برای الگوی زمانبندی بر اساس SNR، با استفاده از قضیه حد نهایی، ما ظرفیت متوسط و مجانبش و مقدار ظرفیت خاموشی را به دست می‌آوریم. سپس دو الگوریتم با فیدبک محدود برای زمانبندی ارائه کرده و ظرفیت آنها را محاسبه می کنیم. در انتها همراه کردن زمانبندی و مدولاسیون و کدینگ وفقی بررسی می شود.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

۱ مقدمه: ۱

۲ سیستمهای MIMO-OFDM و مروری بر کارهای قبلی..... ۷

۲-۱ مقدمه..... ۸

۲-۲ سیستمهای چند ورودی چند خروجی(MIMO)..... ۸

۲-۳ مالتی پلکس با تقسیم فرکانسی متعامد (OFDM)..... ۹

۲-٤ شکل دهی پرتو (BF)..... ۱۰

۲-٥ دایورسیتی فضایی..... ۱٤

۲-٦ مالتی پلکس فضایی (SM)..... ۱۸

۲-۷ دایورسیتی چند کاربره..... ۲۰

۳ توزیع منابع در حالت تک کاربره ۲٥

۳-۱ مقدمه..... ۲٦

۳-۲ مدل سیستم برای MIMO-OFDM در روش EBF..... ۲۸

۳-۳ تحلیل ظرفیت ۳۰

۳-٤ توزیع توان به منظور بیشینه کردن ظرفیت متوسط..... ۳۲

۳-٥ مدل سیستم برای OSTBC-OFDM با وجود خطای تخمین کانال..... ۳۸

۳-٦ تحلیل SER ۳۹

۳-۷ توزیع توان به منظور کمینه کردن SER..... ٤۰

۳-۸ سوییچ کردن بین EBF آماری و SM..... ٤٥

۳-۹ توزیع توان برای کمینه کردن BER با گیرنده خطی..... ٤۸

٤ توزیع منابع در حالت چند کاربره ٥٠

٤-١ مقدمه ٥١

٤-٢ مدل سیستم ٥٣

٤-٣ زمانبندی با فیدبک کامل ٥٤

٤-٣-١ ظرفیت متوسط ٥٤

٤-٣-٢ ظرفیت خاموشی ٥٧

٤-٤ زمانبندی با فیدبک محدود ٥٨

٤-٤-١ زمانبندی به روش MSF ٥٨

٤-٤-٢ زمانبندی براساس SNR کوانتیزه شده ٥٩

٤-٥ همراه کردن زمانبندی با مدولاسیون و کدینگ وفقی ٦١

٤-٦ نتایج شبیه‌سازی ٦٤

٥ نتیجه گیری و پیشنهادها: ٧١

فهرست منابع ٧٥

فهرست شکلها

عنوان ..... صفحه

شکل ۲-۱: (a)شکل سیستم MIMO-OFDM (b) مدولاتور و دمدولاتور هر آنتن..... ۱۰
شکل ۲-۲: مدل کانال MIMO چند کاربره ۲۱
شکل ۳-۱: سیستم MIMO-OFDM با توزیع توان و BF ۲۸
شکل ۳-۲: رابطه بسته و روابط تقریبی برای ظرفیت متوسط بر حسب SNR..... ۳۵
شکل ۳-۳: احتمال خاموشی بر حسب SNR..... ۳٦
شکل ۳-٤: ظرفیت متوسط بر حسب ρ..... ۳٦
شکل ۳-۵: ظرفیت متوسط بر حسب SNR برای مقادیر مختلف K..... ۳۷
شکل ۳-٦: ظرفیت متوسط برحسب SNR برای MIMO-OFDM با EBF آماری و توزیع بهینه توان... ۳۷
شکل ۳-۷: SER در OSTBC-OFDM با مدولاسیون BPSK و $\rho = 0.9$ ٤٤
شکل ۳-۸: BER در OSTBC-OFDM با مدولاسیون BPSK و $\rho = 0.9$ و مقایسه توزیع توان بهینه و مساوی..... ٤٤
شکل ۳-۹: ظرفیت متوسط برای EBF و SM..... ٤۷
شکل ۳-۱۰: نقطه تقاطع منحنیهای ظرفیت بر حسب ضریب همبستگی فضایی..... ٤۷
شکل ۳-۱۱: بررسی اثر توزیع توان در انتشار خطا با گیرنده SIC..... ٤۹
شکل ٤-۱: طراحی بین لایه ای و زمانبندی چند کاربره در MIMO-OFDM فروسو ٦۲
شکل ٤-۲: مقایسه ظرفیت تحلیلی و شبیه سازی و مجانب ظرفیت به صورت تابعی از تعداد کاربران... ٦٦
شکل ٤-۳: بررسی اثر تاخیر بر روی ظرفیت زمانبندی بر اساس SNR..... ٦۷
شکل ٤-٤: میزان فیدبک نرمالیزه شده بر حسب آستانه به ازای تعداد مختلف کاربران..... ٦۷
شکل ٤-۵: ظرفیت متوسط زمانبندی بر اساس کوانتیزه کردن SNR با یک بیت برحسب تعداد کاربران. ٦۸
شکل ٤-٦: ظرفیت متوسط زمانبندی بر اساس کوانتیزه کردن SNR با یک بیت برحسب آستانه ٦۸
شکل ٤-۷: مقایسه ظرفیت متوسط زمانبندی بر اساس کوانتیزه کردن SNR با یک بیت با آستانه ثابت و آستانه وفقی..... ٦۹
شکل ٤-۸: احتمال خاموشی بر حسب SNR برای زمانبندی بر اساسSNR کامل..... ٦۹
شکل ٤-۹: بازده طیفی برای MIMO-OSTBC چند کاربره همراه با طراحی بین لایه ای..... ۷۰

شکل ٤-١٠: PLR واقعی برای MIMO-OSTBC چند کاربره همراه با طراحی بین لایه ای ٧٠

فهرست علائم و اختصارات

AMC	Adaptive Modulation and Coding
ARQ	Automatic Repeat Request
BER	Bit Error Rate
BF	Beamforming
BS	Base Station
CBF	Cyclic Beamforming Filter
CDF	Cumulative Distributed Function
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSI	Channel State Information
EBF	Eigenbeamforming
i.i.d	independent identically distributed
ISI	Inter-Symbol Interference
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
ML	Maximum Likelihood
MRC	Maximum Ratio Combining
MSF	Modified Selected Feedback
MU-MIMO-OFDM	Multiuser MIMO-OFDM
NFL	Normalized Feedback Load
OC	Optimum Combining
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OSIC	Ordered Successive Interference Canceller
OSTBC	Orthogonal Space-Time Block Code
PDF	Probability density function
PER	Packet Error Rate
PLR	Packet Loss Rate
PSC	Packet Scheduler and Cross-layer design
SC	Selection Combining
SER	Symbol Error Rate
SIC	Successive Interference Canceller
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio
SISO	Single Input Single Output
SM	Spatial Multiplexing
SNR	Signal to Noise Ratio
STC	Space Time Coding
STTC	Space Time Trellis Code
ZF	Zero-Forcing

فهرست جدولها

عنوان ..... صفحه

جدول ۲-۱: الگوریتم ترتیب آشکار کردن بر اساس SNR ۲۰

جدول ٤-۱: حالتهای ارسال AMC و مقادیر پارامترهای تقریب PER ٦۳