مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
دانشگاه شیراز

بسم ا... الرحمن الرحیم

۱۳۸۰ /۸/ ۳۰

تخمین وجبران‌سازی فرکانس داپلر در ایستگاههای زمینی ماهواره‌های LEO

بوسیله

حسین کیانی

پایان نامه

ارائه شده به دانشکده تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیتهای
تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشتهٔ
مهندسی برق- مخابرات
از
دانشگاه شیراز
شیراز، ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی
امضاء اعضاء کمیته پایان نامه:

دکتر محمد علی مسندی شیرازی، دانشیار مهندسی برق (رئیس کمیته)

دکتر عباس شیخی، استادیار مهندسی برق (رئیس کمیته)

دکتر حبیب‌اله عبیری، دانشیار مهندسی برق

مرداد ماه ۱۳۸۰

۳۹۶۶۲

تقدیم به خانواده‌ام

۳۹۶۶۲

سپاسگزاری

خدای را سپاس می‌گویم که این پایان‌نامه را پس از تلاش پی‌گیر به نتایجی روشن و رضایت بخش رسانید، و از آنجا که تشکر از بندگان او در بجای آوردن سپاسش شرط است، لازم می‌دانم که از استاد عزیز خود جناب آقای دکتر محمد علی مسندی شیرازی که در حمایت و راهنمایی اینجانب برای انجام پایان‌نامه از هیچ کوششی دریغ نفرمودند بسیار تشکر کنم. تشکر ویژه و مخصوصی از جناب آقای دکتر عباس شیخی دارم که حقیقتاً بدون راهنماییهای ارزنده ایشان انجام این پایان‌نامه به سختی پیش می رفت. همچنین از زحمات استاد گرامی جناب آقای دکتر حبیب‌اله عبیری صمیمانه تشکر می کنم. در آخر از تمام کسانیکه به هر نحوی با اینجانب همکاری لازم را مبذول داشته‌اند، تشکر می‌کنم.

چکیده

تخمین و جبران سازی فرکانس داپلر در ایستگاههای زمینی ماهواره‌های LEO

توسط

حسین کیانی

در این پایان‌نامه تکنیکهای متداول و چند تکنیک پیشنهادی جهت تخمین داپلر برای سیستمهایCDMA موبایل ماهواره ای LEO در شرایط کانال واقعی و شرایط کانال گوسی بررسی و بوسیلهٔ شبیه‌سازی کامپیوتری پیاده‌سازی و مقایسه می شوند. تکنیکهای یاد شده برای جبران سازی داپلر سیگنالهای دریافتی به کار برده می شود. این روشها از یک حامل پیلوت CW استفاده می‌نمایند، که در اولین صفر طیف CDMA سیگنال ارسالی قرار دارد. نتایج نشان می دهند که تخمین و جبران سازی داپلر با دقت ۲۵۰Hz ± امکان پذیر است. تکنیکهای متداول تخمین داپلر از FFT و یک متوسط گیر به عنوان پس‌پردازشگر استفاده می شود و در روش پیشنهادی از روشهای تخمین طیف پریودوگرام[1]، کورلوگرام[2] و روش مبتنی بر مدل AR جهت تخمین داپلراستفاده می‌گردد.نتایج حاکی از بهتر بودن روش FFT با پردازشگر متوسطگیر در کانال گوسی و روش پریودوگرام با پردازشگر متوسطگیر در کانال واقعی می‌باشد.

---

[1]Periodogram
[2]Correlogram

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فهرست جداول ط
فهرست اشکال ی
فهرست علائم اختصاری م
فصل ۱: **مقدمه** ۱
۱-۱- مروری بر تحقیقات گذشته ۲
۱-۲- مراحل تحقیق ٦
فصل ۲: **سیستم های طیف گسترده** ۷
۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- دسترسی چند گانه با استفاده از طیف گسترده ۷
۲-۳- کاربرد DS- CDMA در موبایل ۱۲
۲-٤- انتشار رادیویی ۱٦
۲-٤-۱- آنالیزلینک ارتباطی ۱٦
۲-٤-۲- تضعیف انتشار ۱۷
۲-٤-۲-۱- مدل فضای آزاد ۱۸
۲-٤-۲-۲- مدل لی ۱۹
۲-٤-۲-۳- مدل هیت ۲۰
۲-٥- سایه افکنی ۲۱
۲-٦- فیدینگ ریلی چند مسیری ۲۲

۲-۷- کدهای عمود برهم مورد استفاده دردسترسی چند گانه ۲٤

۲-۷-۱- کد Walsh ۲٦

۲-۷-۱-۱- تولید کد Walsh ۲٦

۲-۷-۱-۲- ارسال اطلاعات با استفاده از کد Walsh ۲۸

۲-۷-۲- کد PN ۲۸

۲-۷-۲-۱- تولید کد PN ۲۹

۲-۷-۲-۲- جداسازی اطلاعات ارسالی بوسیلهٔ کد PN ۳۱

۲-۷-۲-۳- سنکرونیزاسیون R.L ۳٤

فصل ۳: **تخمین طیف** ۳۸

۳-۱- مقدمه ۳۸

۳-۲- یادآوری ۳۸

۳-۳- تعاریف اولیه ٤۰

۳-٤- تخمین خودهمبستگی ٤۱

۳-٥- روش‌های کلاسیک تخمین طیف ٤۳

۳-٥-۱- روش پریودوگرام ٤۳

۳-٥-۱-۱- پریودوگرام Daniell ٤۳

۳-٥-۱-۲- پریودوگرام Bartlett ٤۳

۳-٥-۱-۳- پریودوگرام Welch ٤٤

۳-٥-۲- روش کورلوگرام ٤٤

۳-٦- روشهای پارامتریک تخمین طیف ٤٥

۳-٦-۱- مدل AR ٤٥

۳-٦-۲- مدل MA ٤٦

۳-٦-۳- مدل ARMA ٤۷

۳-٦-٤- رابطهٔ پارامترهای AR، MA و ARMA ٤٨

۳-٦-٥- رابطهٔ پارامترهای AR، MA و ARMA با تابع خودهمبستگی ٤٩

فصل ٤: **مدل کانال** ٥٢

٤-١- مقدمه ٥٢

٤-٢- کانال روستایی ٥٥

٤-٣- کانال شهری ٥٧

٤-٤- مدل Clark برای Flat Fading ٥٩

٤-٤-١- شکل طیف ناشی از داپلر در مدل کلارک ٦٢

٤-٥- بررسی و مطالعهٔ کانال روستایی ٦٦

٤-٥-١- تحلیل مدل کانال و خواص آماری آن ٦٧

٤-٥-٢- توابع چگالی طیف توان داپلر ٦٩

٤-٦- روش انتخابی در این پایان‌نامه ٧٣

فصل٥: **شبیه‌سازی روشهای تخمین و جبران سازی فرکانس داپلر و بررسی نتایج آن** ٧٥

٥-١-مقدمه ٧٥

٥-٢- مدل باند پایهٔ شبیه سازی سیستم برای تخمین فرکانس داپلر ٧٦

٥-٣- نتایج شبیه سازی روش تخمین فرکانس داپلر با استفاده‌از تکنیک FFT ٧٩

٥-٣-١- شبیه‌سازی کانال نویز گوسی سفید ٨٠

٥-٣-٢- شبیه سازی کانال واقعی ٨٠

۵-٤- شبیه‌سازی روشهای پیشنهادی تخمین ۸٦
فرکانس داپلر با استفاده از تکنیکهای تخمین طیف
۵-٤-۱- شبیه سازی کانال نویز سفید گوسی ۸۷
٤-٤-۲- نتایج شبیه‌سازی کانال واقعی ۹۳
۵-۵- نتیجه‌گیری ۹۹
فصل ٦: **نتایج و پیشنهادات** ۱۰۰
٦-۱- تحقیقات انجام شده ۱۰۰
٦-۲- پیشنهادات ۱۰۱
فهرست مراجع ۱۰۲
چکیده و عنوان به زبان انگلیسی

فهرست جداول

جدول | صفحه

جدول ۲-۱- خروجی وحالت رجیسترها ۳۰

جدول ۲-۲- محاسبه Auto correlation کد P_0 ۳۵

جدول ۵-۱- پارامترهای ماهوارهٔ LEO ۷۹

جدول ۵-۲- پارامترهای شبیه سازی ۷۹

جدول ۵-۳- پارامترهای شبیه سازی کانال واقعی ۸۱

جدول ۵-٤- پارامترهای بخش MP قسمت زمینی ۸۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- پیلوت CW در اولین صفر طیف CDMA ۳

شکل ۱-۲- بلوک دیاگرام عمومی گیرندهٔ ماهوارهٔ CDMA ۳

شکل ۱-۳- مدل شبیه‌سازی *سازی سیستم برای تخمین فرکانس* داپلر ٤

شکل ۲-۱- اساس CDMA ۱۰

شکل ۲-۲- شکل موج و طیف فرکانسی پیامهای باند پایه طیف گسترده و کدهای عمود بر هم ۱۱

شکل ۲-۳- شکل موجها در نقاط مختلف گیرنده ۱۳

شکل ۲-٤- شکل موج خروجی انتگراالگیر و مقایسه‌گر ۱٤

شکل ۲-٥- استفاده مجدد از فرکانس ها در سلولهای مجاور ۱٥

شکل ۲-٦- مدلهای دسترسی چند گانه ۲٥

شکل ۲-۷- مثالی از شیفت رجیستر همراه با فید بک برای تولید کد PN ۲۹

شکل ۲-۸- خودهمبستگی دنبالهٔ P_0 از کدهای PN تولیدی ۳٥

شکل ۲-۹- خودهمبستگی دنباله W_1 از کدهای والش تولیدی ۳٦

شکل ۳-۱- فیلتر AR ٤٦

شکل ۳-۲- فیلتر MA ٤۷

شکل ۳-۳- فیلتر ARMA ٤۸

شکل ٤-۱- زاویهٔ دید α_i ٥۳

شکل ٤-٢- بلوک دیاگرام کلی مدل کانال ٥٤
شکل ٤-٣- بلوک دیاگرام قسمت زمینی ٥٥
شکل ٤-٤- مدل کانال روستایی لو ٥٧
شکل ٤-٥- مدل کانال شهری لوتز ٥٨
شکل ٤-٦- جبهه موجهای دریافتی با زاویه‌های اتفاقی ٦٠
شکل٤-٧- طیف توان داپلر برای یک حامل مدوله نشدهٔ CW ٦٥
شکل٤-٨- مدل باند پایهٔ مختلط کانال موبایل ماهواره‌ای زمینی ٦٨
شکل ٥-١- (الف)- سیگنال طیف گسترده (ب)- سیگنال طیف گسترده همراه با پیلوت CW در اولین صفر طیف ٧٧
شکل٥-٢- روش مورد استفاده برای Prenotching سیگنال ارسالی ٧٧
شکل ٥-٣-مدل سبیه‌سازی سیستم برای تخمین فرکانس داپلر ٧٨
شکل ٥-٤- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک FFT بدون پس پردازشگردر کانال نویز گوسی سفید ٨٢
شکل ٥-٥- شبیه‌سازی مقایسهٔ میان سایز نقاط FFT ٨٣
شکل ٥-٦- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک FFT با پس پردازشگردر کانال نویز گوسی سفید ٨٤
شکل ٥-٧- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک FFT بدون پس پردازشگردر کانال واقعی ٨٥
شکل ٥-٨- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک FFT با پس پردازشگردر کانال واقعی ٨٦

شکل ۵-۹- مدل شبیه سازی سیستم برای تخمین فرکانس داپلر با استفاده از روشهای تخمین طیف ۸۷
شکل ۵-۱۰- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک پریودوگرام بدون پس پردازشگردر کانال نویز گوسی سفید ۸۸
شکل ۵-۱۱- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک پریودوگرام با پس پردازشگر متوسط‌گیردر کانال نویز گوسی سفید ۸۹
شکل ۵-۱۲- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک کورلوگرام در کانال نویز گوسی سفید ۹۰
شکل ۵-۱۳- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک AR در کانال نویز گوسی سفید ۹۱
شکل ۵-۱٤- نتیجهٔ شبیه‌سازی با روشهای تخمین طیف و FFT در کانال نویز گوسی سفید ۹۲
شکل ۵-۱۵- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک پریودوگرام بدون پس پردازشگر متوسط‌گیردر کانال واقعی ۹٤
شکل ۵-۱٦- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک پریودوگرام با پس پردازشگر متوسط‌گیردر کانال نویز گوسی سفید ۹۵
شکل ۵-۱۷- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک کورلوگرام در کانال واقعی ۹٦
شکل ۵-۱۸- نتیجهٔ شبیه‌سازی با تکنیک AR در کانال واقعی ۹۷
شکل ۵-۱۹- نتیجهٔ شبیه‌سازی با روشهای تخمین طیف و FFT در کانال واقعی ۹۸

فهرست علائم اختصاری

AR	Auto Regressive
CDMA	Code division multiple access
CW	Continuous wave
FDMA	Frequency division multiple access
FEER	Frequency error estimation rate
FFT	Fast Fourier transform
FL	Forward link
LEO	Low earth orbit
LMS	Least mean square error
MS	Mobile station
PDF	Probability density function
PSD	Power spectral density
RL	Reverse link
TDMA	Time division multiple access
PCS	Personal communication system
DS-SS	Direct sequence-Spread Spectrum
B.S	Base station
M.S	Mobile satation
WSS	Wide sense stationary

فصل اول

مقدمه

در سالهای اخیر ماهواره‌های مدار پایین LEO که در ارتفاع ۱۵۰۰-۱۵۰ Km از سطح زمین قرار دارند، برای ارتباطات در سیستمهای مخابرات ماهواره‌ای جهانی مانند سیستمهای Ico، Iridium و Globalstar بکار می‌روند. این ماهواره‌ها بدلیل ارتفاع کم، نسبت به ماهواره‌های Geostationary دارای مزایای زیر هستند[۱و۲]:

۱-تضعیف فضای آزاد کمتر، که به همین دلیل ارتباط مستقیم از موبایل به ماهواره امکان‌پذیر می‌شود.

۲- تأخیر انتشار کمتر برای عملکرد بهتر در صحبت، دیتا و سرویسهای دیگر.

۳- هزینهٔ پرتاب کمتر.

البته ماهواره‌های LEO دارای معایبی نیز می‌باشند، که عبارتند از[۱]:

۱-به تعداد زیادی ماهواره در مدار نیاز دارند، بطور مثال سیستم Globalstar از ٤٨ ماهواره در مدار خود استفاده می‌کند.

۲-فرکانس داپلر بالا (حدود چند ده کیلوهرتز)، که به دلایل زیر بوجود می‌آید:

۱-ماهواره‌ها با سرعت دهها کیلومتر در ثانیه نسبت به زمین در حال حرکت هستند.

۲- تغییرات هندسی مدار ماهواره.[۱]

---

[۱] Variety of orbit geometries

عدم تصحیح شیفت فرکانسی داپلر قبل از دمدولاسیون می تواند باعث خرابی جدی در عملکرد دمدولاسیون شود، بنابراین برای حذف شیفت فرکانسی داپلر کارهای پردازشی انجام شده است، که در بخش بعدی به شرح آنها می پردازیم و همچنین پیشنهاداتی برای جبران‌سازی و تخمین فرکانس داپلر در فصلهای بعد ارائه می‌کنیم.

۱-۱- مروری بر تحقیقات گذشته

با توجه به مشکلات گفته شده در مورد فرکانس داپلر روشهایی برای جبران‌سازی و تخمین آن ارائه شده است.همانطوریکه می‌دانیم در مبحث تخمین کانال، دامنه و فاز کانال تخمین زده می‌شود، که در تخمین فاز، فرکانس داپلر نیز جبران‌سازی می‌شود. ولی این برای زمانی است که فرکانس داپلر کم باشد. در مخابرات موبایل زمینی چون فرکانس داپلر کم است، در هنگام تخمین کانال فرکانس داپلر هم جبران‌سازی می‌شود. ولی در ماهواره‌های LEO به دلیل سرعت بالا فرکانس داپلر دارای رنج تغییرات Khz ۳۹/۳...۴۰/۱- می‌باشد. به همین دلیل در گیرندهٔ ماهوارهٔ LEO باید ابتدا فرکانس داپلر جبران سازی شود.

در سال ۱۹۹۶، Talvitie برای جبران‌سازی و تخمین فرکانس داپلر روشی بیان کرده است[۳و۴]. در این روش برای حذف فرکانس داپلر، بطوریکه در شکل (۱-۱) دیده می‌شود، یک پیلوت CW میان دو لوب طیف سیگنال CDMA، در اولین صفر طیف قرار داده می شود.
ساختار گیرندهٔ ماهواره در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. بطوریکه عملکرد گیرنده بصورت زیرمی‌باشد: