

به نام خدا



دانشگاه شیراز

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
بخش مهندسی مخابرات و الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مخابرات سیستم

طراحی و پیاده سازی سیستم انتقال صدای دیجیتال،
برای وسایل نقلیه زیر آبی در حال حرکت، مبتنی بر
OFDM

توسط:

سید محمود جعفری صادقی

اساتید راهنما:

دکتر مصطفی درختیان

دکتر محمدعلی مسندی شیرازی

اسفند ماه ۱۳۹۰

الله أكبر
الله أكبر
الله أكبر
الله أكبر

اظهارنامه

اینجانب سید محمود جعفری صادقی (۸۸۸۵۶۶) دانشجوی رشته ی مهندسی برق گرایش مخابرات سیستم دانشکده ی مهندسی برق و کامپیوتر اظهار می کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام. همچنین اظهار می کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: سید محمود جعفری صادقی

تاریخ و امضا ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

تقدیم به

مادرم، پدرم

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانم که از کلیه افرادی که به نحوی مرا در انجام این پایان نامه یاری رساندند، تشکر و قدردانی نمایم. به خصوص اساتید گرامی، جناب آقای دکتر مصطفی درختیان که در تمامی مراحل انجام این پروژه به اینجانب یاری رساندند و جناب آقای دکتر محمد علی مسندی شیرازی که همانند پدری دلسوز با کمکها و راهنمایی های بی دریغ خود، مرا در انجام این پایان نامه همراهی کردند؛ و همچنین آقایان دکتر عزیزالله جمشیدی و دکتر محمود کریمی که همواره راهنما و مشوق من بوده اند؛ و در نهایت تمامی دوستانی که در طول انجام این پایان نامه همراه و راهنمای من بوده اند.

چکیده

طراحی و پیاده سازی سیستم انتقال صحبت دیجیتال، برای وسایل نقلیه زیر آبی در حال حرکت، مبتنی بر OFDM

توسط

سید محمود جعفری صادقی

به دلیل وجود نمک و املاح بسیار در آب دریا ها، امکان انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط زیر آب، وجود ندارد. به همین دلیل، سال هاست که مخابرات دریایی مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. منظور از مخابرات دریایی، ارسال اطلاعات، با استفاده از امواج صوتی می باشد. سال ها، ارتباط زیر دریایی ها با سطح آب، از طریق سیستم های آنالوگ انجام می گرفته است. از مهمترین معایب سیستم های آنالوگ می توان کیفیت و امنیت پایین این سیستم ها را نام برد. در این پایان نامه، روند طراحی یک سیستم تمام دیجیتال، برای برقراری ارتباط صوتی امن در محیط دریاها، بررسی گردیده و در نهایت سیستم پیاده سازی شده است. شبیه سازی هایی برای تعیین مدل کانال آکوستیکی خلیج فارس انجام شده و سیستم بر اساس این پارامترها، طراحی و ساخته شده است. برای مقابله با پدیده چند مسیریگی کانال های آکوستیکی زیر آبی، از تکنیک OFDM بهره برده ایم. روش های کاهش نسبت توان ماکزیمم به توان متوسط در سیستم های OFDM را مورد مطالعه قرار داده ایم. این سیستم بر خلاف سایر سیستم های موجود، قابلیت استفاده در حین حرکت را نیز داراست. روش های مقابله با پدیده مقیاس داپلر که در اثر حرکت نسبی میان فرستنده و گیرنده به وجود می آید، بررسی شده و روش مناسب پیاده سازی شده است. روش جدیدی برای تخمین آفست فرکانس حامل، با استفاده از زیر حامل های مجازی نیز ارائه شده است. روش های تخمین کانال به صورت همدوس و ناهمدوس نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین، روش های حذف ICI ناشی از پخش داپلر در سیستم های OFDM، مورد بررسی قرار گرفته و روشی ابتکاری برای پیاده سازی آنها ارائه داده ایم. سیستم به دو صورت مبتنی بر PC و مبتنی بر DSP پیاده سازی شده است. سیستم مبتنی بر PC در واقع، تنها یک نرم افزار می باشد که می توان آن را بر روی هر کامپیوتر یا لپ تاپی نصب کرد و این برنامه با استفاده از کارت صوتی دستگاه اقدام به دریافت و ارسال سیگنال می کند. سیستم مبتنی بر DSP بر روی برد پردازشی DSK6713 پیاده سازی گردیده است. با توجه به شبیه سازی ها، پیش بینی می شود که سیستم بردی معادل حداقل ۶ کیلومتر را دارا بوده و حداکثر سرعت مجاز برای استفاده از این سیستم، ۱۵ متر بر ثانیه خواهد بود.

فهرست مطالب

۱	فصل اول: مقدمه
۱-۱	اهداف این پایان نامه
۲-۱	مروری بر فعالیت های گذشته
۳-۱	روش و مراحل انجام پروژه
۹	فصل دوم: کانال آکوستیکی زیر آب
۱-۲	مقدمه
۲-۲	تضعیف و نویز
۳-۲	چند مسیره بودن
۴-۲	تغییر پذیری با زمان
۵-۲	اثر داپلر
۶-۲	مدل نهایی کانال
۳۲	فصل سوم: مقدمه ای بر OFDM
۱-۳	مفاهیم پایه ای
۲-۳	پیاده سازی با استفاده از FFT
۳-۳	بیان برداری مدلاسیون OFDM
۴-۳	مزایا و معایب سیستم های OFDM
۴۱	فصل چهارم: طراحی سیستمی فرستنده
۱-۴	محدودیت های سخت افزاری
۲-۴	ساختار فرستنده
۳-۴	فشرده سازی صوت
۴-۴	رمزنگاری HC-128
۵-۴	کدینگ کانال و مدلاسیون
۶-۴	کاهش PAPR
۱-۶-۴	قطع و فیلتر کردن سیگنال
۲-۶-۴	وارد کردن تن های خارج از باند (OTI)
۷-۴	مقایسه روش های مقابله با IBI
۸-۴	ساختار سمبل های OFDM و فریم بندی اطلاعات
۹-۴	انتخاب پارامترهای سیستم
۱۰-۴	انتقال به باند میانی
۷۳	فصل پنجم: طراحی سیستمی گیرنده

۷۴	۱-۵- ساختار گیرنده
۷۶	۲-۵- انتقال به باند پایه
۷۷	۳-۵- آشکارسازی فریم و همزمان سازی زمانی
۸۶	۴-۵- تخمین و جبران مقیاس داپلر
۸۹	۵-۵- گیرنده OLA
۹۰	۱-۵-۵- روش MMSE برای تخمین سمیل ها
۹۰	۲-۵-۵- روش زیر بهینه OLA
۹۲	۶-۵- تخمین و جبران آفست فرکانس حامل
۹۷	۷-۵- تخمین کانال و حذف ICI
۹۸	۱-۷-۵- روش کمترین مربعات (LS)
۱۰۳	۲-۷-۵- تخمین کانال با روش درون یابی خطی
۱۰۶	۳-۷-۵- تخمین کانال در حضور پخش داپلر
۱۱۰	۴-۷-۵- تخمین ماتریس CSI به کمک الگوریتم گرادیان
۱۱۲	۵-۷-۵- روش اکولایزر حوزه فرکانس برای جبران ICI
۱۱۵	۸-۵- دمدلاسیون و دکدینگ کانال
۱۱۵	۱-۸-۵- روش تصمیم گیری سخت
۱۱۶	۲-۸-۵- روش تصمیم گیری نرم
۱۱۸	۹-۵- شبیه سازی کل سیستم
۱۲۲	فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۲۳	۱-۶- مقدمه
۱۲۳	۲-۶- پیاده سازی به صورت نرم افزاری، مبتنی بر PC
۱۲۵	۳-۶- نتایج آزمایش های هوایی
۱۲۶	۱-۳-۶- بررسی پاسخ کانال در هوا
۱۲۹	۲-۳-۶- بررسی سیگنال دریافت شده در هوا
۱۳۲	۴-۶- نتایج آزمایش های دریایی
۱۳۵	۵-۶- پیاده سازی سخت افزاری بر روی برد DSK6713
۱۳۶	۶-۶- پیشنهادات
۱۳۸	منابع و مرجع

فهرست جداول

- جدول (۱-۲) مسیرهای در نظر گرفته شده برای کانال تاخیر و دامنه نسبی هریک..... ۳۱
- جدول (۱-۴) پارامترهای سیستم..... ۷۰
- جدول (۱-۶) شرایط محیطی در آزمایش دریایی..... ۱۳۳

فهرست شکل ها

- شکل (۱-۱) بلوک دیاگرام کلان پروژه ۷
- شکل (۱-۲) ضریب جذب، $10\log(a(f))$ بر حسب dB/Km [۱] ۱۲
- شکل (۲-۲) چگالی طیفی توان نویز محیطی ۱۳
- شکل (۳-۲) وابستگی نسبت سیگنال به نویز در یک کانال آکوستیکی به فرکانس و فاصله [۱] ۱۴
- شکل (۴-۲) شکل گیری چند مسیره ای در آب های کم عمق و عمیق. در پایین سرعت صوت بر حسب عمق آب، نمایش داده شده است [۱] ۱۶
- شکل (۵-۲) پاسخ کانال آکوستیک نوعی [۱] ۱۸
- شکل (۶-۲) نقشه عمق آب های خلیج فارس [۳۸] ۲۰
- شکل (۷-۲) نقشه سرعت صوت در آب های خلیج فارس، کلیه اعداد با 1500 m/s جمع گردد [۳۸]. ۲۱
- شکل (۸-۲) سیگنال های دریافتی در گیرنده، تاخیر و دامنه هریک (عمق کانال : ۳۰ متر) ۲۲
- شکل (۹-۲) نمایش هندسی مسیر پرتو ها (عمق کانال : ۳۰ متر) ۲۳
- شکل (۱۰-۲) سیگنال های دریافتی در گیرنده، تاخیر و دامنه هریک (عمق کانال : ۵۰ متر) ۲۳
- شکل (۱۱-۲) نمایش هندسی مسیر پرتو ها (عمق کانال : ۵۰ متر) ۲۴
- شکل (۱۲-۲) سیگنال های دریافتی در گیرنده، تاخیر و دامنه هریک (عمق کانال : ۷۰ متر) ۲۴
- شکل (۱۳-۲) نمایش هندسی مسیر پرتو ها (عمق کانال : ۷۰ متر) ۲۵
- شکل (۱۴-۲) پروفایل شدت چند مسیره ای، تغییرات زمانی دامنه و هیستوگرام مسیرهای دریافتی a,b,c,d [۱] ۲۷
- شکل (۱۵-۲) مدل نهایی کانال ۳۰
- شکل (۱-۳) بلوک دیاگرام فرستنده OFDM ۳۵
- شکل (۲-۳) بلوک دیاگرام گیرنده OFDM [۳۶] ۳۵
- شکل (۳-۳) استفاده از پیشوند پرخشی برای جلوگیری از ISI بین سمبل های OFDM [۳۶] ۳۶
- شکل (۴-۳) چگالی طیفی توان $s(t)$ [۳۶] ۳۶
- شکل (۱-۴) پاسخ فرکانسی مبدل آکوستیکی مورد استفاده در پروژه ۴۲
- شکل (۲-۴) ساختار کلی فرستنده ۴۳
- شکل (۳-۴) بلوک دیاگرام فشرده ساز صوتی MELPe [۳۷] ۴۶
- شکل (۴-۴) رمز نگاری رشته ای (Scrambling) ۴۸
- شکل (۵-۴) بلوک دیاگرام کدر کانال ۵۰
- شکل (۶-۴) صورت فلکی مدلاسیون QPSK با کدینگ گری ۵۱
- شکل (۷-۴) بهره بهینه برای قطع سیگنال ($N = 256$) ۵۴
- شکل (۸-۴) بهره بهینه برای قطع سیگنال ($N = 512$) ۵۴
- شکل (۹-۴) بهره بهینه به ازاء مقادیر مختلف وایانس نویز ۵۶
- شکل (۱۰-۴) توان ICI به ازاء مقادیر مختلف آستانه ۵۶

شکل (۱۱-۴) توان ICI در زیرحامل های مختلف	۵۷
شکل (۱۲-۴) مقایسه روش های کاهش PAPR	۵۹
شکل (۱۳-۴) سیگنال های کلیپ شده، کلیپ نشده و سیگنال OTI در حوزه زمان	۶۰
شکل (۱۴-۴) چگالی طیفی توان سیگنال های شکل (۴-۱۳)	۶۱
شکل (۱۵-۴) نرخ خطا بر بیت با استفاده از روش های مختلف کاهش PAPR	۶۱
شکل (۱۶-۴) نحوه تخصیص زیرحامل های OFDM	۶۴
شکل (۱۷-۴) ساختار فریم در این پروژه	۶۴
شکل (۱۸-۴) فرکانس لحظه ای سیگنال HFM با حضور و بدون حضور مقیاس داپلر [۴۵]	۶۷
شکل (۱۹-۴) فرکانس لحظه ای HFM ترکیبی [۴۵]	۶۷
شکل (۲۰-۴) نمایش حوزه زمان سیگنال های مشخص کننده فریم	۶۸
شکل (۲۱-۴) چگالی طیفی توان سیگنال های مشخص کننده فریم	۶۹
شکل (۲۲-۴) تابع خود همبستگی سیگنال های مشخص کننده فریم	۷۰
شکل (۲۳-۴) انتقال سیگنال باند پایه به باند میانی	۷۱
شکل (۱-۵) ساختار کلی گیرنده	۷۴
شکل (۲-۵) پاسخ فرکانسی فیلتر میان گذر مورد استفاده	۷۵
شکل (۳-۵) انتقال سیگنال به باند پایه	۷۶
شکل (۴-۵) پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر بخش انتقال به باند پایه	۷۷
شکل (۵-۵) احتمال هشدار کاذب بر حسب واریانس نویز گیرنده	۷۹
شکل (۶-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای سیگنال LFM	۸۰
شکل (۷-۵) احتمال آشکارسازی بر حسب SNR برای سیگنال LFM	۸۰
شکل (۸-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای سیگنال HFM	۸۱
شکل (۹-۵) احتمال آشکارسازی بر حسب SNR برای سیگنال HFM	۸۱
شکل (۱۰-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای سیگنال HFM ترکیبی	۸۲
شکل (۱۱-۵) احتمال آشکارسازی بر حسب SNR برای سیگنال HFM ترکیبی	۸۲
شکل (۱۲-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای چرپ های مختلف با طول زمانی ۱۶ میلی ثانیه	۸۳
شکل (۱۳-۵) احتمال آشکارسازی بر حسب SNR برای چرپ های مختلف با طول زمانی ۱۶ میلی ثانیه	۸۳
شکل (۱۴-۵) منحنی ROC برای چرپ HFM با طول ۴ میلی ثانیه	۸۴
شکل (۱۵-۵) منحنی ROC برای چرپ HFM با طول ۸ میلی ثانیه	۸۵
شکل (۱۶-۵) منحنی ROC برای چرپ HFM با طول ۱۶ میلی ثانیه	۸۵
شکل (۱۷-۵) میانگین مربعات خطا برای تخمین گر مقیاس داپلر	۸۷
شکل (۱۸-۵) مقایسه روش های تخمین و جبران مقیاس داپلر	۸۹
شکل (۱۹-۵) مقایسه روش های آشکارسازی سمبل های OFDM	۹۲

- شکل (۲۰-۵) میانگین مربعات خطا برای تخمین آفست فرکانس بر حسب SNR ۹۶
- شکل (۲۱-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR در حضور آفست فرکانس ۹۷
- شکل (۲۲-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR برای $N = 256$ برای روش LS ۱۰۰
- شکل (۲۳-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای $N = 256$ برای روش LS ۱۰۰
- شکل (۲۴-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR برای $N = 512$ برای روش LS ۱۰۱
- شکل (۲۵-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای $N = 512$ برای روش LS ۱۰۱
- شکل (۲۶-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR برای روش LS به ازاء N_p های مختلف ۱۰۲
- شکل (۲۷-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای روش LS به ازاء N_p های مختلف ۱۰۲
- شکل (۲۸-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR برای $N = 256$ برای روش درون یابی خطی ۱۰۴
- شکل (۲۹-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای $N = 256$ برای روش درون یابی خطی ۱۰۴
- شکل (۳۰-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR برای $N = 512$ برای روش درون یابی خطی ۱۰۵
- شکل (۳۱-۵) میانگین مربعات خطا بر حسب SNR برای $N = 512$ برای روش درون یابی خطی ۱۰۵
- شکل (۳۲-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR با استفاده از روش های مختلف تخمین کانال ۱۰۶
- شکل (۳۳-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب ماکزیمم پخش داپلر برای روش LS ۱۰۷
- شکل (۳۴-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب ماکزیمم پخش داپلر برای روش درون یابی خطی ۱۰۷
- شکل (۳۵-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب ماکزیمم پخش داپلر برای مدلاسیون تفاضلی ۱۰۸
- شکل (۳۶-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب ماکزیمم پخش داپلر برای کلیه روش ها ۱۰۸
- شکل (۳۷-۵) بلوک دیاگرام روش FD-RLS-DFE برای حذف ICI [۵۲] ۱۱۲
- شکل (۳۸-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR با کمک و بدون کمک جبران سازهای ICI ۱۱۳
- شکل (۳۹-۵) مقایسه اثر تعداد قطرهای ماتریس C بر کیفیت جبران ICI ۱۱۴
- شکل (۴۰-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب ضرائب همگرایی γ ۱۱۴
- شکل (۴۱-۵) مقایسه روش های مختلف دکدینگ، احتمال خطا بر حسب SNR ۱۱۷
- شکل (۴۲-۵) استفاده از LLR تقریبی بدون دانستن مقدار σ^2 ۱۱۸
- شکل (۴۳-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR در شرایط ساکن ۱۱۹
- شکل (۴۴-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR برای سرعت های مختلف ۱۱۹
- شکل (۴۵-۵) احتمال خطا در هر فریم ارسالی برای کانال رایس و سرعت نسبی 5 m/s ۱۲۰
- شکل (۴۶-۵) احتمال $BER > 0.05$ بر حسب SNR ۱۲۰
- شکل (۴۷-۵) احتمال خطا بر بیت بر حسب SNR به ازاء مقادیر مختلف K-Factor در شرایط ساکن ۱۲۱
- شکل (۱-۶) نمایشی از GUI برنامه طراحی شده ۱۲۴
- شکل (۲-۶) نمایشی از آزمایش نرم افزار به کمک دو لپ تاپ ۱۲۶
- شکل (۳-۶) سیگنال کاوشگر کانال ۱۲۷
- شکل (۴-۶) سیگنال کاوشگر دریافتی در گیرنده ۱۲۸
- شکل (۵-۶) خروجی فیلتر منطبق برسیگنال کاوشگر ارسالی ۱۲۸

- شکل (۶-۶) پاسخ ضربه کانال آکوستیکی هوا..... ۱۲۹
- شکل (۷-۶) یک فریم از سیگنال ارسالی حاوی داده..... ۱۳۰
- شکل (۸-۶) طیف سیگنال ارسالی حاوی داده..... ۱۳۰
- شکل (۹-۶) سیگنال حاوی داده دریافتی در گیرنده..... ۱۳۱
- شکل (۱۰-۶) طیف سیگنال حاوی داده دریافتی در گیرنده..... ۱۳۱
- شکل (۱۱-۶) صورتی فلکی سمبل های دریافتی در هوا..... ۱۳۲
- شکل (۱۲-۶) موقعیت فرستنده و گیرنده بر روی نقشه گوگل..... ۱۳۳
- شکل (۱۳-۶) صورت فلکی سمبل های دریافتی در آزمایش دریایی..... ۱۳۴
- شکل (۱۴-۶) پاسخ ضربه کانال در آزمایش دریایی..... ۱۳۴
- شکل (۱۵-۶) بورد DSK-6713 به همراه فشرده ساز صوتی سخت افزاری..... ۱۳۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱- اهداف این پایان نامه

می توان گفت که اقیانوس ها در بردارنده بخش عظیمی از منابع تحت اختیار انسان، در کره زمین می باشند. منابع عظیم نفت و گاز، منابع غنی غذایی و دارویی در آب های کره خاکی یافت می شوند. همچنین، اهمیت دریا ها، جهت حمل و نقل بر کسی پوشده نیست. در هنگام جنگ نیز، دریا ها از نقاط استراتژیک جنگی به حساب می آیند.

به دلیل وجود نمک و املاح بسیار در آب دریا ها، امکان انتشار امواج الکترومغناطیسی در زیر آب، وجود ندارد. به همین دلیل، سال هاست که مخابرات دریایی مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. منظور از مخابرات دریایی، ارسال اطلاعات، با استفاده از امواج صوتی^۱ می باشد. مخابرات دریایی آنالوگ، قدمتی بسیار طولانی دارد. سال ها، ارتباط زیر دریایی ها با سطح آب، از طریق سیستم های آنالوگ انجام می گرفته است.

در ۳۰ سال گذشته، تکنیک های مخابرات دیجیتال، جایگاه ویژه ای در دنیای مخابرات ماهواره ای، شبکه های موبایل سلولی و همچنین جایگاه ویژه ای در مخابرات زیر آب، پیدا کرده است. کیفیت بالای سیستم های دیجیتال و امکان رمز گذاری، از مزایای چنین سیستم هایی هستند.

در این پایان نامه، هدف ما ساخت یک بیسیم دریایی دیجیتال^۲ برای شناور های در حال حرکت می باشد، که در کشور ما ایران، اولین نمونه به حساب می آید. برخی کاربردهای این بیسیم دریایی به شرح زیر است :

- ارتباط صوتی بین دو زیر دریایی
- ارتباط صوتی بین یک زیر دریایی با یک کشتی در سطح آب
- ارتباط بین غواص با زیردریایی ها یا کشتی های روی سطح آب

¹ Acoustic Waves

² Walkie-Talkie

- ارتباط بین دو کشتی روی آب، زمانی که دلایل امنیتی و یا وجود پارازیت در محیط، امکان استفاده از بیسیم هوایی وجود نداشته باشد.

متأسفانه در کشور عزیز ما ایران، همچنان از نسل اول بیسیم های دریایی آنالوگ استفاده می شود. از آنجایی که، در این سیستم ها یا بدون رمزنگاری و یا با رمزنگاری های بسیار ساده اقدام به ارسال سیگنال می کنند، امکان شنود اطلاعات برای دشمن به سادگی امکان پذیر است. سیستم های مخابراتی دیجیتال از مزایای بسیاری نسبت به سیستم های مخابراتی آنالوگ برخوردارند. از جمله این مزایا می توان موارد ذیل را نام برد:

- امکان استفاده از الگوریتم های رمزنگاری^۱ پیشرفته، جهت مخفی نگه داشتن اطلاعات

- استفاده از روش های کدینگ کانال^۲ برای کاهش خطا و بهبود کیفیت

- کیفیت ایده آل تا حد مشخصی از نسبت سیگنال به نویز^۳ (SNR)

- امکان استفاده برای شناورهای در حال حرکت

- امکان ارسال و دریافت فایل های داده، نظیر عکس، فیلم و ...

این پایان نامه شامل کلیه مراحل طراحی و پیاده سازی سیستم فوق ذکر می باشد و خروجی آن دستگاه بیسیم دیجیتال دریایی خواهد بود. با توجه به شرایط حساس کشورمان، این سیستم جهت استفاده در مناطق جنوبی کشور از جمله خلیج فارس، تنگه هرمز و دریای عمان طراحی و ساخته شده است. امیدواریم توانسته باشیم با انجام این پروژه، قدم کوچکی در جهت خدمت به میهن عزیزمان برداریم.

¹ Encryption

² Channel Coding

³ Signal-to-Noise Ratio

۱-۲- مروری بر فعالیت های گذشته

همانطور که ذکر شد، استفاده از بیسیم های زیرآبی سابقه ای بسیار طولانی دارد. سال های پس از جنگ جهانی دوم، مخابرات دریایی مورد تحقیق و توجه ویژه دانشمندان قرار گرفت. در سال های اولیه پس از جنگ از جنگ جهانی دوم، روش های مدلاسیون آنالوگ نظیر مدلاسیون دامنه^۱ (AM) و مدلاسیون تک-باند^۲ (SSB) در مخابرات آکوستیکی زیر آب، به کار گرفته شد. مدلاسیون فرکانسی^۳ (FM) به دلیل محدود بودن پهنای باند کانال آکوستیکی زیر آب^۴ (UWA) مورد توجه قرار نگرفت.

با پیشرفت تکنولوژی ساخت قطعات الکترونیکی و ظهور پردازنده های سریع در دهه ۱۹۸۰ میلادی، امکان استفاده از مدلاسیون های دیجیتال در مخابرات زیر آب فراهم گردید. در این ده از مدلاسیون های ناهمدوس^۵ نظیر کلید زنی شیفت فرکانسی^۶ (FSK) و کلید زنی شیفت فاز تفاضلی^۷ (DPSK) برای ارسال داده های دیجیتال استفاده می شد [۲۶-۲۹]. به دلیل پایین بودن راندمان پهنای باند^۸ در چنین مدلاسیون هایی، نرخ داده بسیار محدود بوده و معمولاً حتی از یک کیلوبیت بر ثانیه تجاوز نمی کرد. به دلیل چرخش های سریع فاز در کانال های آکوستیکی زیر آب، امکان استفاده از مدلاسیون های همدوس تک حامل (هم-فاز^۹) تا سال ۱۹۹۴ میسر نگردید. در [۳۰] روشی برای ترکیب حلقه قفل فاز^{۱۰} (PLL) با همسان ساز^{۱۱} ارائه گردیده که امکان استفاده از مدلاسیون های همدوس، نظیر کلید زنی شیفت فاز^{۱۲} (PSK) و

^۱ Amplitude Modulation

^۲ Single-Side Band Modulation

^۳ Frequency Modulation

^۴ Underwater Acoustic Channel

^۵ Non-Coherent

^۶ Frequency Shift Keying

^۷ Differentially Phase Shift Keying

^۸ Bandwidth Efficiency

^۹ Phase Coherent Single-Carrier Modulations

^{۱۰} Phase Locked Loop

^{۱۱} Equalizer

^{۱۲} Phase Shift Keying

مدلاسیون متعامد دامنه^۱ (QAM) را امکان پذیر می سازد. در [۳۱] سیستمی با استفاده از این تکنیک ساخته شده است.

در صنایع دریایی کشورمان، نمونه هایی وارداتی از سیستم های مخابراتی دیجیتال همدوس وجود دارد که نرخ ارسال داده در آنها حتی کمتر از ۲ کیلو بیت بر ثانیه است و امکان استفاده از این سیستم ها برای ارسال و دریافت صدای دیجیتال وجود ندارد. تنها نمونه بیسیم دیجیتال موجود در کشور تا پایان سال ۱۳۹۰ شمسی، توسط اینجانب در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز تحت نظر استاد محترم جناب آقای دکتر عزیزا... جمشیدی طراحی و ساخته شده است و به عنوان طرح جایگزین خدمت سربازی به صنایع الکترونیک شیراز (صنعت دریایی) ارائه گردیده است.

پس از آن که تکنیک مالتی پلکس تقسیم فرکانسی متعامد^۲ (OFDM) در مخابرات بیسیم مورد استفاده قرار گرفت (در ساخت سیستم های امروزی نظیر^۳ ADSL و WiMax از این تکنیک بهره می گیرند)، محققین به فکر استفاده از این تکنیک در مخابرات آکوستیکی زیرآب افتادند. استفاده از این تکنیک در ده گذشته بسیار فراگیر شده و همچنان ادامه دارد [۱۳]. نسل چهارم تلفن های همراه نیز مبتنی بر تکنیک OFDM می باشند. در [۳۳-۳۵] نمونه های از استفاده از تکنیک OFDM در مخابرات آکوستیکی زیر آب یافت می شود. از آنجایی که پدیده چند مسیریگی^۴ از مشکلات اساسی کانال های آکوستیکی زیرآب به شمار می آید، برآن شدیم تا در این پایان نامه بر خلاف سیستم تک حاملی که در گذشته طراحی کرده بودیم، از تکنیک OFDM برای مقابله با چند مسیریگی کانال استفاده کنیم. در فصول بعد اطلاعات بیشتری راجع به مزایای تکنیک OFDM ارائه خواهیم کرد.

۱-۳- روش و مراحل انجام پروژه

¹ Quadrature Amplitude Modulation

² Orthogonal Frequency Division Multiplexing

³ Asymmetric Digital Subscribers Line

⁴ Multipath Phenomenon

در این پایان نامه، سیستم بیسیم زیرآبی دیجیتال را با استفاده از تکنیک های رادیوی نرم افزاری^۱ (SDR) پیاده سازی می کنیم. تکنیک SDR بدین شکل است که تمامی الگوریتم های پردازشی سیستم به صورت نرم افزاری درون یک پردازنده (PC^۲ یا DSP^۳) پیاده سازی شده و تنها قطعات خارجی مورد نیاز، مبدل های آکوستیکی^۴ و تقویت کننده های مورد نیاز می باشد. خروجی این پایان نامه به دو صورت زیر خواهد بود:

- یک نرم افزار که بر روی PC یا Laptop نصب می شود و کلیه عملیات ارسال و دریافت صدای دیجیتال را به صورت Real-Time انجام می دهد.
 - سیستم سخت افزاری ساخته شده با استفاده از پردازنده TMS320C6713 ساخت شرکت Texas Instrument که مستقل از کامپیوتر می تواند به صورت زمان-واقعی^۵ عملیات دریافت و ارسال صدا را انجام دهد.
- در شکل (۱-۱)، نمای کلی پروژه را مشاهده می کنید. برد مورد نظر در این پروژه ۳ کیلومتر می باشد و انتظار می رود سیستم بتواند تا سرعت های نسبی ۱۵ متر بر ثانیه را پشتیبانی کند.

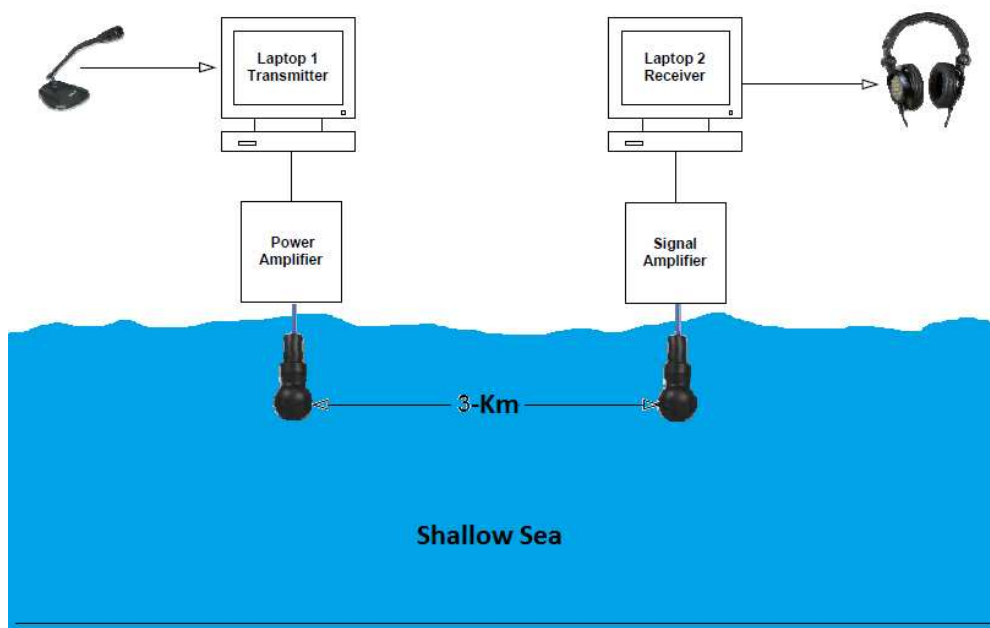
¹ Software-Defined Radio

² Personal Computer

³ Digital Signal Processor

⁴ Acoustic Transducers

⁵ Real Time



شکل (۱-۱) بلوک دیاگرام کلان پروژه

این سیستم برای استفاده در آب های بسیار کم عمق^۱ خلیج فارس (عمق کمتر از ۵۰ متر) طراحی شده که نسبت به آب های عمیق تر دارای چند مسیریگی بیشتر می باشند. بنابراین انتظار می رود که سیستم در آبهای عمیق^۲ نظیر دریای عمان، عملکرد بسیار بهتری از خود نشان دهد.

مراحل طی شده برای ساخت این سیستم به شرح زیر است:

- مطالعه تئوری و شبیه سازی کانال آکوستیکی خلیج فارس
- طراحی سیستمی فرستنده با توجه به پارامترهای کانال
- طراحی سیستمی گیرنده و شبیه سازی کامپیوتری الگوریتم های پردازشی گیرنده
- مدل سازی فرستنده و گیرنده به کمک نرم افزار MATLAB Simulink
- تبدیل مدل فرستنده و گیرنده به کد برنامه نویسی C توسط نرم افزار Real-Time Workshop^۳ و بهینه سازی کد به صورت دستی
- کامپایل کد C برای اجرا بر روی PC/Laptop

^۱ Very shallow waters

^۲ Deep waters

^۳ این نرم افزار بخشی از نرم افزار MATLAB Simulink می باشد.