دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان :

طراحی، مدل سازی و پیاده سازی کد کننده های توربوی بلوک های استاندارد ۸۰۲.۱۶ و IEEE 802.22

استاد راهنما: دکترآذرپیوند

نگارش: زهرا غیاثوندمحمدخانی

شهریور۸۹

تشکر و قدردانی

بدون راهنمایی استاد ارجمند آقای دکتر آذرپیوند، انجام این پروژه غیر ممکن بود. بدین وسیله از زحمات ایشان تشکر می‌کنم.

طراحی، مدل‌سازی و پیاده‌سازی کدکننده‌ی توربوی بلوکی استانداردهای IEEE 802.16 و IEEE 802.22

چکیده

در دهه‌ی اخیر ارتباطات بی‌سیم باند پهن گسترش چشمگیری یافته است. به منظور استفاده‌ی بهینه و جهانی از ارتباط بی‌سیم موسسه‌ی IEEE استانداردهای متعددی از جمله IEEE 802.16e و IEEE 802.22 را تدوین نموده است. استاندارد IEEE 802.16e برای مناطق شهری و استاندارد IEEE 802.22 برای مناطق شهری و روستایی معرفی شده است.

این استانداردها دارای لایه‌های مختلفی از جمله لایه‌ی فیزیکی می‌باشند. در لایه‌ی فیزیکی این استانداردها از کدینگ‌های مختلفی استفاده شده است. یکی از کدینگ‌های اختیاری این استانداردها کدکننده‌ی توربوی بلوکی می باشد.

کدکننده‌ی توربوی بلوکی یکی از کارآمدترین کدکننده‌های اطلاعات در محیط‌های پر اغتشاش و فضای باز می‌باشد. این کدینگ دارای قابلیت تشخیص و تصحیح خطا است. به طوری که اطلاعات در مقصد با ضریب بالایی قابل بازیابی هستند.

کدکننده‌ی توربوی بلوکی و یا BTC در هر دو استاندارد با نامی مشترک، ولی الگوریتم‌هایی متفاوت تعریف شده است. در این میان الگوریتم کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 دارای برتری ویژه‌ای است. در این الگوریتم علاوه بر کدکردن داده, مکان بیت‌های اطلاعات جابه‌جا می‌شود. همین امر باعث بازیابی اطلاعات در محیط‌هایی با خطای فورانی می‌شود.

در این پایان‌نامه کدکننده‌ی توربوی بلوکی استانداردهای IEEE 802.16e و IEEE 802.22 در نرم‌افزار Matlab مدل‌سازی و شبیه‌سازی شده و سپس با استفاده از زبان توصیف سخت‌افزاری Verilog HDL در نرم‌افزار ModelSim پیاده‌سازی سخت‌افزاری شده است.

کلمات کلیدی: کدکننده‌ی توربوی بلوکی، بیت توازن زوج، کد همینگ، تشخیص و تصحیح خطا.

فهرست مطالب

۱. مقدمه ۱

۲. نظریه‌ی اطلاعات و مفاهیم اولیه ٤

۱.۲. تاریخچه ٤

۲.۲. کدگذاری منبع و کدگذاری کانال ٦

۱.۲.۲. کدگذاری منبع (فشرده سازی داده‌ها) ٦

۲.۲.۳. کدگذاری مسیر انتقال (تصحیح خطای انتقال) ٦

۳.۲.۲. انواع تکنیک‌های کدینگ بر مبنای روش‌های کدگذاری ۷

٤.۲.۲. کدگذاری جبری ۷

۱.٤.۲.۲. روش تشخیص خطا و تصحیح خطا ۸

۲.٤.۲.۲. تعاریف و اصطلاحات کدگذاری ۱۰

۳. مروری بر ارتباطات بی‌سیم ۱۳

۱.۳. استاندارد IEEE 802.16e ۱٤

۲.۳. استاندارد IEEE 802.22 ..... ۱٦

٤. کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.16e ۱۷

۱.٤. بررسی ساختار کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.16e ۱۷

۱.۱.٤. کد همینگ توسعه‌یافته در یک بعد ۱۸

۲.۱.۱.٤. کد توازن زوج ۲۰

۲.۱.٤. روش کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.16e ۲۱

۳.۱.٤. کدکننده‌ی توربوی بلوکی کوتاه شده در استاندارد IEEE 802.16e ۲۲

۲.٤. مدل‌سازی کدکننده‌ی توربوی بلوکی در نرم‌افزار Matlab ۲٦

۱.۲.٤. معرفی بلوک‌های Matlab ۲٦

۲.۲.٤. مدل‌سازی و شبیه‌سازی کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.16e ۲۸

۳.٤. پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.16e..۳۵

۱.۳.٤. انواع روش‌های پیاده‌سازی سخت‌افزاری ۳۵

۱.۱.۳.۴. روش اول پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی ۳۶

۲.۱.۱.٤. روش دوم پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی ۳۷

۳.۱.۱.٤. روش سوم پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی ۳۸

۲.۳.٤. اجرای پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی ۳۹

۱.۲.۳.٤. پیاده‌سازی سخت‌افزاری QPSK با code rate (3/4) ٤۰

۲.۲.۳.٤. پیاده‌سازی سخت‌افزاری 16_QAM با code rate (3/5) ٤۱

۱.۲.۲.۳.٤. روش اول پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی برای مدولاسیون 16_QAM ٤١

۲.۲.۲.۳.٤. روش دوم پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی برای مدولاسیون 16_QAM ٤٢

۵. کدکننده ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٤٤

۱.۵. بررسی ساختار کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٤٤

۱.۱.۵. کد همینگ توسعه‌یافته در یک بعد ٤٥

۱.۱.۱.۵. شرح روش کد همینگ ٤٦

۲.۱.۵. کد بیت توازن زوج ٤٧

۳.۱.۵. روش کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٤٨

٤.۱.۵. کدکننده‌ی توربوی بلوکی کوتاه شده در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٤٩

۲.۵. مدل‌سازی کدکننده‌ی توربوی بلوکی در محیط سیمولینک نرم افزار Matlab ۵۳

۱.۲.۵. مدل‌سازی و شبیه‌سازی کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 ..... ۵۳

۱.۱.۲.۵. شرح بلوک کد همینگ با مشخصات (۵۷,٦۳) در کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 ..... ۵٤

۲.۱.۲.۵. شرح اجرای شبیه‌سازی کدکننده‌ی توربوی بلوکی با مدولاسیون QPSK در استاندارد IEEE 802.22 ..... ۵۵

۳.۵. پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 ..... ۵۸

۱.۳.۵. اجرای پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی با مدولاسیون QPSK..... ۵۹

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۶۰

ضمیمه‌ی الف ۶۲

مراجع ۷۷

فهرست شکل‌ها

شکل ۲_۱: تغییر بیت‌ها در کدهای تشخیص و تصحیح خطا ۱۰

شکل۳_۱: محدوده‌ی و نحوه‌ی ارتباطی استاندارد IEEE 802.16e ۱۵

شکل ۳ ۲: مقایسه‌ای بین مشخصات استانداردهای IEEE 802 ..... ۱۶

شکل ٤_۱: مدار کد همینگ توسعه‌یافته در یک بعد با مشخصه‌ی (۱۵,۱۱) ۱۹

شکل ٤_۲: ساختار کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.16e ۲۲

شکل ٤_۳: کدکننده‌ی توربوی بلوکی کوتاه شده در استاندارد IEEE 802.16e ۲۳

شکل ٤ ٤: مدل طراحی شده برای کد کننده توربوی بلوکی برای نرخ کد 1/2و مدولاسیون QPSK ۳۰

شکل ٤ ٥: مدل طراحی شده برای کد کننده توربوی بلوکی برای نرخ کد 3/4 و مدولاسیون QPSK ۳۱

شکل ٤ ٦: مدل طراحی شده برای کد کننده توربوی بلوکی برای نرخ کد 3/5 و مدولاسیون 16_QAM ۳۲

شکل ٤ ۷: مدل طراحی شده برای کد کننده توربوی بلوکی برای نرخ کد 4/5 و مدولاسیون 16_QAM ۳۳

فهرست شکل‌ها و جدول‌ها

شکل ٤ ٨: مدل طراحی شده برای کد کننده توربوی بلوکی برای نرخ کد 2/3 و مدولاسیون 64_QAM ٣٤

شکل ٤_٩: ساختار پیشنهادی برای پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی به روش اول ٣٦

شکل ٤ _١٠:ساختار پیشنهادی برای پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی به روش دوم.. ٣٧

شکل ٤_١١:ساختار پیشنهادی برای پیاده‌سازی سخت‌افزاری کدکننده‌ی توربوی بلوکی به روش سوم.. ٣٨

شکل ٥_١: ساختار کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٤٩

شکل ٥_٢: کدکننده‌ی توربوی بلوکی کوتاه شده، SBTC در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٥٠

شکل ٥_٣: شماتیکی از بلوک همینگ کد در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٥٤

شکل٥_٤: مدل طراحی شده برای کد همینگ با مشخصات (٦٣،٥٧)در کدکننده‌ی توربوی بلوکی برای نرخ کد 3/4 و مدولاسیون QPSK ٥٦

شکل٥_٥: شکل ٥ ٥: مدل طراحی شده برای کد کننده توربوی بلوکی برای نرخ کد 3/4 و مدولاسیون QPSK ٥٧

فهرست جدول‌ها

جدول ٤_١: کدهای مجاز کد همینگ توسعه یافته در یک بعد در استانداردIEEE 802.16e ١٨

جدول ٤_٢: چند جمله‌ای های تولیدکننده‌ی کد همینگ توسعه‌یافته در یک بعد در استاندارد IEEE 802.16e ١٩

جدول ٤_٣: کد توازن زوج در استاندارد IEEE 802.16e ٢٠

جدول٤_٤: مشخصات کد BTC در هر مدولاسیون ٢٤

جدول ٤_٥: کد BTC با subchannelization ٢٥

جدول ٤_٦: مشخصات کد کننده توربوی بلوکی برای مدولاسیون 16_QAM در استاندارد IEEE 802.16e ٢٨

جدول ٤_٧: مشخصات مدولاسیون QPSK در استاندارد IEEE 802.16e ٤٠

جدول ٥_١: ماتریس تولید کد همینگ توسعه‌یافته در یک بعد در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٤٥

جدول ٥_٢: بهترین بازده یک یا چند subchannel ٥١

جدول ٥_٣: پارامتر اجزای کدها برای بازده‌های مختلف ٥٢

جدول ٥_٤: مشخصات مدولاسیون QPSK در استاندارد IEEE 802.22 ..... ٥٥

۱. مقدمه

امروزه نیاز عمومی برای دسترسی به اینترنت پرسرعت افزایش چشمگیری یافته است. از سوی دیگر، هزینه‌های بالای کشیدن کابل‌های فیبر نوری و کابل‌های کواکسیال یا سیم‌های زوجی، تا درب خانه‌ها و محل‌های کار به مسئله‌ای اساسی برای شرکت‌های مخابراتی تبدیل شده است. برای پاسخ به نیاز روزافزون دسترسی به اینترنت با قیمتی مناسب از شبکه‌های بی‌سیم باند گسترده(BWA)[1] استفاده می‌شود.

نکته قابل توجه این است که برای برقراری ارتباط میان تجهیزات شرکت‌های مخابراتی نیازمند یک استاندارد هستیم. فقدان یک استاندارد به این معناست که نمی‌توان سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مربوطه را به طور انبوه تولید کرد و استقبال عمومی کم خواهد بود. نهایتا بسیاری از دست‌اندرکاران صنعت به این نتیجه رسیدند که داشتن یک استاندارد برای " شبکه ی بی سیم باند گسترده " یکی از مولفه‌های اصلی می‌باشد.

بدین منظور موسسات مختلفی نظیر IEEE شروع به تدوین استانداردهایی برای ارتباطات بی‌سیم نمودند. یکی از معروف‌ترین استانداردهای بی‌سیم تدوین شده استاندارد IEEE 802.11 با نام تجاری Wi-Fi می‌باشد، که امروزه بسیاری از کامپیوترهای شخصی از این طریق به اینترنت متصل می‌شوند. محدوده این استاندارد شبکه‌های محلی می‌باشد. در سال ۲۰۰۲ موسسه‌ی IEEE استاندارد دیگری با عنوان IEEE 802.16، برای شبکه‌های شهری (WMAN[2]) معرفی کرد. نام تجاری استاندارد WiMAX[3] انتخاب شد. در سال‌های بعد برای محدوده های بزرگتر نیز استانداردهایی تدوین شد. یکی از جدیدترین استانداردهای

[1] Broadband Wireless Access.

[2] Wireless Metropolitan Area Network.

[3] Worldwide Interoperability for Microwave Access.

در حال تدوین، استاندارد IEEE 802.22 (WRAN[۴]) می‌باشد که امکان دسترسی بی‌سیم به اینترنت را برای مناطق روستایی فراهم می‌کند.

هر استاندارد از چندین لایه تشکیل می‌شود که هر لایه بخشی از ارتباط بی‌سیم را انجام می‌دهد. پایین‌ترین لایه، لایه‌ی فیزیکی است که وظیفه ارسال و دریافت اطلاعات را برعهده دارد. در لایه فیزیکی برای سهولت در بازیابی اطلاعات از کدکننده‌های مختلفی استفاده می‌شود که مبنای کار برخی از آنها بر اساس کدهای همینگ[۵] می‌باشد. با استفاده از کدهای همینگ می‌توان هر دو عملیات تشخیص و تصحیح خطا را در لایه‌ی فیزیکی انجام داد. لازم به ذکر است چنانچه به کدهای تشخیص خطا بسنده شود هرگاه فریم اطلاعات دریافتی دارای خطا باشد ارسال مجدد صورت می‌گیرد، ولی از آن‌جایی که در محیط‌های باز و در نرخ انتقال بالا احتمال بروز خطا در حین انتقال خیلی بیشتر است. علاوه بر عملیات تشخیص خطا، عملیات تصحیح خطا نیز در لایه فیزیکی باید صورت گیرد. با استفاده از عملیات تصحیح خطا می‌توان آسیب‌های ایجاد شده توسط کانال را بیشتر جبران نمود.

کدکننده توربوی بلوکی (BTC)[۶] یکی از روش‌های تشخیص و تصحیح خطا می‌باشد که در لایه فیزیکی بسیاری از استانداردهای باند وسیع بی‌سیم استفاده می‌شود. در این روش کدکردن از دو عملیات کدینگ " کد همینگ " و " کد بیت توازن " در یک ماتریس دو بعدی استفاده می‌شود که این کار باعث تصحیح خطای ایجاد شده بر روی اطلاعات دریافتی می‌گردد. با این وجود این روش تاخیر قابل توجهی در عملیات کدکردن ایجاد می‌کند. بنابراین برای افزایش سرعت به سخت‌افزار بیشتری نیاز است. در نتیجه باید مصالحه‌ای میان سرعت انجام کدینگ و میزان افزایش تجهیزات سخت‌افزاری برقرار نمود.

هدف از انجام این پروژه مدل‌سازی و پیاده‌سازی سخت‌افزاری، کدکننده توربوی بلوکی به عنوان یکی از کد کننده‌های اختیاری در لایه فیزیکی استانداردهای IEEE 802.16e و IEEE 802.22 می‌باشد.

---

[۴] Wireless Regional Area Network.

[۵] Hamming Code.

[۶] Block Turbo Coding.

ساختار بقیه پایان‌نامه بصورت زیر می‌باشد. در فصل دوم توضیحاتی راجع به روش‌های کدینگ اطلاعات و اصطلاحات مربوط به عملیات کدکردن ارائه می‌شود. در ادامه در فصل سوم مشخصات استانداردهای IEEE 802.16e و IEEE 802.22 بیان می‌گردد. فصل چهارم به طراحی، شبیه‌سازی و پیاده‌سازی سخت افزاری کدکننده توربوی بلوکی برای استاندارد IEEE 802.16 ارائه می‌شود. فصل پنجم به طراحی، شبیه‌سازی و پیاده‌سازی سخت‌افزاری کد توربوی بلوکی برای استاندارد IEEE 802.22 اختصاص دارد. فصل ششم شامل نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای کارهای آینده می‌باشد.

فصل دوم

نظریه‌ی اطلاعات و مفاهیم اولیه

نظریه‌ی اطلاعات شاخه‌ای از ریاضی کاربردی و مهندسی برق است که بر کمی‌سازی اطلاعات مبتنی است. این نظریه در سال ۱۹۴۸ میلادی توسط کلاود شانون مطرح شد. نظریه‌ی اطلاعات برای یافتن حد نهایی فشرده‌سازی داده‌های مخابراتی،به‌گونه‌ای که قابل اعتماد باشند،ایجاد شده‌است و به موضوعاتی مانند ارسال، دریافت و ذخیره‌سازی بهینه‌ی اطلاعات می‌پردازد.

این نظریه اکنون تا آن‌جا گسترش یافته است که در زمینه‌های دیگری مانند استنباط آماری، پردازش زبان طبیعی، رمزنگاری، دانش عصب‌شناسی، محاسبات کوانتومی، آشکارکردن سرقت‌های علمی و ادبی و ... به کار گرفته می‌شود.

کاربردهای موضوعات اصلی نظریه‌ی اطلاعات شامل موارد زیر است: ۱) متراکم‌سازی داده‌ها. ۲) چگونگی بازسازی اطلاعات بدون از دست رفتن آن‌ها (به عنوان مثال در فایل‌های فشرده‌سازی شده). ۳) کدگذاری کانال (به عنوان مثال در خطوط DSL[1]).

۱.۲. تاریخچه

نظریه‌ی اطلاعات در سال ۱۹۴۸ میلادی با مقاله « نظریه ریاضی مخابرات » توسط کلاود شانون مطرح شد. یکی از مسائل اصلی مقاله شانون توجه به این نکته بود که بررسی سیگنال‌های مخابراتی باید از بررسی پیام‌هایی که آن سیگنال‌ها حمل می‌کنند جدا شود. پیش از شانون اطلاعات موجود در یک

[1] Digital Subscriber line.

سیگنال الکتریکی از پیغامی که آن سیگنال منتقل می‌کند جدا در نظر گرفته نمی‌شد. او همچنین به این نکته توجه کرد که طول یک سیگنال همیشه متناسب با میزان اطلاعات آن نیست.

در ادامه کلاود شانون به مدل‌سازی مسئله‌ی ارسال اطلاعات در یک کانال مخابراتی پرداخت و مدل کاملی برای مدل‌سازی ریاضی منبع اطلاعات، کانال ارسال اطلاعات و بازیابی آن معرفی نمود.

شانون پس از ارائه تعریفی ریاضی از کانال مخابراتی، ظرفیتی به کانال مخابراتی نسبت داد که بیانگر میزان حداکثر اطلاعاتی است که می‌توان روی کانال مخابره کرد. فرمول ظرفیت کانال او نه تنها به کانال‌های بدون اغتشاش (بدون نویز)، بلکه حتی به کانال‌های با اغتشاش واقعی نیز قابل اعمال است. او همچنین فرمولی برای محاسبه‌ی میزان تاثیر پهنای باند کانال و نسبت توان سیگنال ارسالی به اغتشاش (نسبت داده به نویز) بر روی ظرفیت کانال ارائه کرد.

شانون مساله‌ی ارسال اطلاعات از مبدا به مقصد را به کمک علم احتمالات بررسی و تحلیل نمود و دو نتیجه‌ی مهم، معروف به نام قضیه‌های شانون را اثبات نمود.

۱_ حداکثر میزان نرخ فشرده کردن اطلاعات یک منبع تصادفی اطلاعات برابر با آنتروپی آن منبع است؛ به عبارت دیگر نمی‌توان دنباله خروجی از یک منبع اطلاعات را با آنتروپی کمتر از آنتروپی آن منبع ارسال نمود.

۲_ حداکثر میزان نرخ اطلاعاتی که می‌توان بر روی یک کانال مخابراتی ارسال نمود، مقداری ثابت و وابسته به مشخصات کانال است که به آن ظرفیت کانال گفته می‌شود. این میزان اطلاعات ارسالی باید در مقصد قابل آشکارسازی باشد و احتمال خطا در حد قابل قبول باشد. ارسال با نرخی بیشتر از ظرفیت یک کانال روی آن منجر به خطا می‌شود.

این زمینه از علم مخابرات، به زیربخش‌های کدگذاری منبع و کدگذاری کانال تقسیم می‌شود.

۲.۲. کدگذاری منبع و کدگذاری کانال

نظریه کدگذاری توسط ریچارد همینگ پایه‌ریزی شد. این نظریه به بررسی روش‌های کدگذاری اطلاعات می‌پردازد. به این ترتیب می‌توان روش‌های مطمئنی برای انتقال اطلاعات طراحی کرد به طوری که تکرارهای بی‌مورد کم و خطا کاهش یابد نظریه کدگذاری دارای حجم قابل توجهی از ریاضیات می‌باشد. اگر چه برخی از کدگذاری‌ها به دلیل سادگی نیاز زیادی به ریاضیات ندارند، با این حال ویژگی کدگذاری از دستاوردهای ریاضیات است. دو دسته کدگذاری موجود عبارت‌اند از:

۱. کدگذاری منبع (فشرده‌سازی داده‌ها).

۲. کدگذاری مسیر انتقال (تصحیح خطای انتقال).

۱.۲.۲. کدگذاری منبع (فشرده‌سازی داده‌ها)

کدگذاری منبع تلاشی برای انتقال موثر اطلاعات از طریق فشرده‌سازی و کاهش حجم داده می‌باشد. در این روش تکرارهای بی‌مورد کم می‌شوند تا با بیت‌های کمتر اطلاعات بیشتری منتقل شوند. فشرده‌سازی داده باعث کاهش متوسط طول پیام ارسالی بر اساس یک مدل احتمالاتی فرضی و ویژه می‌شود. تکنیک‌های متعدد فشرده‌سازی اطلاعات در تلا شند که آنتروپی منبع و آنتروپی فایل پس از پردازش برابر گردد. در نتیجه ترافیک شبکه کاهش می‌یابد.

۲.۲.۲. کدگذاری مسیر انتقال (تصحیح خطای انتقال)

در این دسته از کدگذاری، بیت‌های اضافی به اطلاعات مورد انتقال اضافه می‌شود. در نتیجه اطلاعات بعد از عبور از اختلالات موجود در مسیر انتقال، در مقصد سالم بازیابی می‌شوند. برای نمونه روش کدگذاری در یک CD معمولی کدینگ رید_سالامون[۲] می‌باشد که برای تصحیح خطای ناشی از خراش و غبار

[۲] Read_solomon.

استفاده می‌شود. گوشی‌های همراه نیز از نوعی کدگذاری برای تصحیح خطای ناشی از محوشدگی سیگنال و مخابره‌ی رادیویی با فرکانس بالا، بهره می‌برند. کدکننده‌ی توربوی بلوکی که در این پایان نامه مدل‌سازی و پیاده‌سازی شده است از نوع کدگذاری مسیر انتقال می‌باشد.

۳.۲.۲. انواع تکنیک‌های کدینگ بر مبنای روش‌های کدگذاری

انتخاب و کارایی روش‌های کدگذاری در سیستم‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد. به طور مثال در ارسال اطلاعات در یک شبکه‌ی کامپیوتری یا انتقال اطلاعات بین اجزای مختلف یک سیستم کامپیوتری به علت امواج الکترومغناطیسی و دلایل دیگر احتمال تخریب اطلاعات در میانه‌ی راه وجود دارد. در واقع خصوصیات خطا به منبع آن بستگی دارد. برای نمونه در مورد سی‌دی های معمولی خطاهای رایج، خراش‌ها و گرد و غبار هستند. بنابراین داده‌ها بر روی سطح دیسک توزیع می‌شوند. ابتدا داده‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند، سپس در یک حلقه بیت اول از دسته‌ی اول، بیت اول از دسته‌ی دوم و ... را می‌ فرستیم. این کار تا ارسال آخرین بیت تکرار می‌شود. در نتیجه داده بر روی سطح دیسک توزیع می‌شود. تکنیک کدگذاری جبری نیز زیر مجموعه‌ای از نظریه‌ی کدگذاری می‌باشد.

٤.۲.۲. کدگذاری جبری

ویژگی‌های کدگذاری جبری با عبارات جبری بیان می‌شود. کدگذاری جبری اساسا به دو دسته تقسیم می‌شود:

الف) کد با بلوک‌های خطی

ب) کد پیچشی (کانولوشن)

در این کدگذاری سه ویژگی زیر بررسی می شود:

الف) طول کد واژه‌ها

ب) تعداد کل کد واژه‌های قابل قبول

ج) حداقل فاصله‌ی میان دو کد واژه‌ی قابل قبول که بیشتر با استفاده از روش فاصله‌ی همینگ می‌باشد.

کدکننده‌ی توربوی بلوکی که در این پایان‌نامه مدل‌سازی و پیاده‌سازی شده است زیرمجموعه‌ی نوع اول کدگذاری جبری (کد با بلوک خطی) می‌باشد. یک سیستم با کدگذاری جبری دارای قابلیت تشخیص و تصحیح خطا می‌باشد.

۱.٤.۲.۲. روش تشخیص[۳] و تصحیح خطا[٤]

امروزه از قابلیت تشخیص و تصحیح خطا به روش کدگذاری جبری در طراحی سیستم‌های مختلف استفاده می‌شود. به عنوان نمونه یک سیستم ارسال ماهواره‌ای را در نظر بگیرید که در آن اطلاعات از طریق یک ماهواره به یک گیرنده روی زمین ارسال می‌شود. به علت وجود فاصله‌ی زیاد، از زمان ارسال یک بسته داده تا رسیدن آن بدست گیرنده مدت زمان زیادی (در حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی ثانیه) طول می‌کشد. همین مقدار زمان هم لازم است تا گیرنده وجود خطای احتمالی در بسته‌ی دریافتی را به فرستنده اطلاع دهد. در این صورت فرستنده باید بسته های فرستاده شده را تا زمان رسیدن پیام تایید برای هر کدام در بافر خود نگه‌داری کند تا در صورت نیاز بتواند بسته‌های قبلی را دوباره ارسال نماید. به علت طولانی بودن زمان ارسال تا دریافت پیام تایید، در ارسال های سریع بافر بسیار بزرگی لازم است. در چنین مواردی استفاده از کدهای تصحیح خطا مقرون به صرفه‌تر است و معمولا نیاز به ارسال مجدد را مرتفع می‌سازد.

---

[۳] Error_Detecting.

[٤] Error_Correcting.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

یکی از فاکتورهای اساسی انتخاب نوع برقراری ارتباطات مخابراتی، عبور صحیح داده از مسیر کانال و سرعت برقراری ارتباط است. فضای باز یکی از پراغتشاش‌ترین کانال‌های ارتباطی است که مشخصات آن با تغییرات آب‌وهوایی دچار تغییر می‌شود. بنابراین بروز خطا در مسیر انتقال، در ارتباطات بی‌سیم امری اجتناب‌ناپذیر است. برای رفع این مشکل اطلاعات قبل از ارسال به نحوی کد می‌شوند، که در مقصد قابل بازیابی باشند.

کدکننده‌ی توربوی بلوکی از جمله کدکننده‌هایی است که اخیرا در استانداردهای ارتباط بی‌سیم باند گسترده، IEEE 802.16 و IEEE 802.22 استفاده می‌شود. در کدکننده‌ی توربوی بلوکی، از کد همینگ که دارای قابلیت تشخیص و تصحیح خطا است، استفاده شده است. علاوه بر این، روش به کار گیری کد همینگ در کدکننده‌ی توربوی بلوکی حائز اهمیت است. در واقع اطلاعات در یک ماتریس دو بعدی، توسط کد همینگ به صورت سطری و ستونی کد می‌شوند که این عمل باعث چندبرابر شدن Hamming distance و در نتیجه افزایش چشمگیر توانایی بازیابی اطلاعات می‌شود. علاوه بر این اطلاعات در کدکننده‌ی توربوی بلوکی در استاندارد IEEE 802.22 در سطح یک ماتریس توزیع می‌شود، همین امر باعث کاهش تاثیر خطای فورانی کانال می‌شود و توانایی بازیابی اطلاعات در مقصد را افزایش می‌دهد.

از کدکننده‌ی توربوی بلوکی علاوه بر کانال‌های پراغتشاش در کانال‌های با نویز کمتر نیز می‌توان استفاده کرد. استفاده از این کدینگ در در کانال‌هایی با اغتشاش کمتر نیاز به ارسال مجدد اطلاعات را کاهش می‌دهد. در نتیجه موجب افزایش سرعت ارتباط و کاهش توان تلف شده می‌شود.

در استانداردهای IEEE 802.16 و IEEE 802.22 کدکننده‌های اختیاری دیگری به منظور بازیابی اطلاعات و بهبود عملکرد تدوین شده‌اند، که می‌توان به کدکننده‌های LDPC[1] و CTC[2] اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود در پروژه‌های دیگر این کدکننده‌ها پیاده‌سازی شوند و تاثیر آن‌ها در بهبود عملکرد سیستم بررسی و مطالعه شود.

[1] Low Density Parity Checks

[2] Convolutional Turbo Codes

مراجع

[1] 802.16 IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16 Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems Revision of 802.16-2001.

[2] 802.22 IEEE standard for Wireless RANs, structure and concatenation rule for sBTC.2007.

[3] David chase," A Class of Algorithms for Decoding Block Codes With Channel Measurement Information".