بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی برق وکامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات

اثر علیت بر مسائل ترکیب توأم منبع و کانال در کدینگ ویدیو در مخابرات بی‌سیم

فرید جعفریان

استاد راهنما:

دکتر حسن فرسی

استاد مشاور:

دکتر حمید فرخی

حامی:

پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

تابستان ۱۳۹۱

حامی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (ITRC)

این پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان "اثر علیت بر مسائل ترکیب توأم منبع و کانال در کدینگ ویدیو در مخابرات بی‌سیم" در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۰۷ به تصویب پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (ITRC) رسید و در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۲۸ به شماره قرارداد ۱۹۲۶۲/۵۰۰/ ت ثبت گردید و مورد حمایت قرار گرفته است.

تقدیم:

به پدرم، مرحوم استاد علی جعفریان، که در زمان حیاتشان از وجود پر برکتشان بهره بـردم و در زمـان فقدان وجودشان، از نام بزرگ و نیک ایشان. امیدوارم فرزند شایسته ایی برای آن استاد فرزانه بوده باشم.

به مادرم، تجلی ایثار و وفاداری و پایداری، تجلی روح صبور خدا، بلند تکیه گاهم، مادری که کلمـات در توصیف بزرگی‌اش ناتوان و قصورند، مادری که مظهر صبر و مهربانی است و هرچه دارم از اوست .

دو وجود مقدسی که توانشان رفت تا من به توانایی رسم و موهایشان سپیدی گرفت تـا مـن سـپیدروی شوم.

به خواهر عزیز و مهربانم فرانک، کسی که همواره دلسوز، حامی و مشوقم بوده‌انـد و پیمـودن روزهـای سخت و آسان زندگی‌ام بدون توجه، تذکر و دعای خیر، و برکت وجودشـان غیـرممکن بـود و تقـدیم بـه فرزندان عزیزش پارمیدا و پادرا.

به برادر عزیزم فرشید که همواره مشاوری بـاهوش، تیـزبین، خـوش فکـر، همکـار و مشـوقم بـوده‌انـد. همچنین از زحماتشان در انجام پایان نامه‌ام کمال تشکر را دارم.

به **داماد** عزیز و بزرگوار خانواده، آقای دکتر حسن علیخانی ، بزرگواری که آرامش، صـبر و بردبـاری را از ایشان آموختم.کسی که همواره حامی و مشوق و الگوی تلاش برایم بوده‌اند، برای ایشان آرزوی سلامتی و پیروزی دارم.

تشکر و قدردانی

ای هستی بخش، وجود مرا بر نعمات بی کرانت توان شکر نیست، ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می‌تپد. الهی مرا مدد کن تا دانشم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه ای برای اسارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از شما و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران.

حال که توفیق تهیه این پایان نامه را یافته‌ام بر خود واجب می‌دانم از تمامی عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از راهنمایی و یاری‌شان بهره‌مند گشته‌ام تشکر و قدردانی کنم.

از استاد راهنمای ارجمندم، دکتر حسن فرسی

که با دلسوزی، ذکاوت، تیزبینی و سعه‌صدر مرا راهنمایی نمودند و با ارائه نظرات سازنده و رهنمودهای بی دریغشان در پیشبرد این پایان نامه سعی مبذول داشتند، کمال تشکر را دارم.

از استاد مشاور ارجمند دکتر حمید فرخی

که در طول این تحقیق با رهنمود های خود مرا مورد لطف خویش قرار دادند، صمیمانه سپاسگزارم.

از استاد بزرگوار، دکتر ناصر ندا

که همواره آموزه‌های ایشان، همواره راهنمای اینجانب بوده است، از ایشان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از استاد بزرگوار، دکتر رضا قاضی زاده

که در طول دوران تحصیل با رهنمودهای خود مرا مورد لطف خویش قرار دادند، و مشوق بنده در امور پژوهشی بوده اند. از ایشان صمیمانه سپاسگزارم.

چکیده

در این پایان نامه اثر علیت بر مسایل ترکیب توام کدینگ منبع و کانال (JSCC) برای ارسال ویدیو در در کانال بی‌سیم بررسی می‌گردد. ابتدا کارایی روش JSCC بر روی کدینگ ویدیو سری H ، H.264 در کانال بی سیم بررسی می‌شود. در این روش، بر اساس نرخ بیت ارسال و همچنین اطلاعات علّی وضعیت کانال در دسترس فرستنده (causal CSIT) که به واسطه فیدبک در دسترس آن قرار می‌گیرد. نرخ بیت بهینه به کدینگ منبع و کانال اختصاص داده می‌شود. نتایج حاصل از شبیه سازی این روش بر روی کدینگ H.264، برای ویدیوهای مختلف PSNR بالاتری را نشان می‌دهد. به تازگی مدل Causal Video Coding (CVC) برای کدینگ ویدیو پیشنهاد شده است و کارایی بالاتر آن نسبت به استانداردهای سری H و MPEG در حوزه تئوری اطلاعات به اثبات رسیده است و انتظار می‌رود در آینده جایگزین استانداردهای جاری شود. در این روش در نظر گرفتن علیت در کدینگ ویدیو سبب کارایی بالاتر CVC نسبت به استانداردهای جاری شده است. در این پایان نامه مدل کدینگ ویدیویی پیشنهاد می‌شود که ساختاری مشابه با CVC دارد با این تفاوت که در آن، کدینگ بر اساس JSCC و با در نظر گرفتن اطلاعات وضعیت کانال انجام می‌شود که آن را Causal JSC Video Coding (CJVC) می‌نامیم. در مدل پیشنهادی از علیت هم در کدینگ ویدیو و هم در استفاده از اطلاعات وضعیت کانال CSI استفاده می‌شود. همچنین نشان می‌دهیم که کارایی چنین مدلی در کانال بی‌سیم بسیار بالاتر از مدل CVC است در محدوده SNR های (dB ۱۵- ۰) برای ویدیوهای مختلف PSNR بالاتری (در حدود dB ۱۲- ۱ بالاتر) را نشان می‌دهد. در ادامه کارایی CJVC با کدینگ H.264 مبتنی برJSCC مقایسه می‌شود که نتایج حاصل کارایی بالاتر CJVC را در کانال بی‌سیم نشان می‌دهد. در ادامه کارایی روش JSCC برای ارسال ویدیو کد شده با کدینگ 3D-DCT که یک نوع ویدیو کدینگ با نرخ بسیار پایین و حساس به خطا است در یک سناریوی مبتنی بر رله برای ارسال ویدیو در کانال بی سیم بررسی می‌شود. سرانجام کارایی روش JSCC در سیستم‌های علّی مبتنی بر DFT-OFDM و DWT-OFDM که از علیت کانال بهره می‌برند، بررسی می‌شود و نشان می‌دهیم کارایی JSCC در DWT-OFDM بالاتر از DFT-OFDM است.

واژگان کلیدی: ترکیب توام کدینگ منبع و کانال، کانال بی‌سیم، کدینگ ویدیو، علیت.

فهرست عناوین

صفحه

۱ مقدمه ۱

۱.۱ پیشگفتار ۱

۲.۱ تاریخچه ۲

۳.۱ اهداف ۳

۲ کدینگ ویدیو ۵

افزونگی کدینگ ۵

افزونگی روان- بصری ۵

افزونگی مکانی ۶

افزونگی زمانی ۸

۱.۲ روش فشرده سازی 3D-DCT ۸

۲.۲ روش فشرده سازی در انکدرهای سری H و MPEG ۱۰

۱.۲.۲ جبران سازی حرکت ۱۱

۲.۲.۲ انواع مختلف فریم ۱۴

فریم درونی I ۱۴

فریم پیشگویی شده P ۱۴

فریم دو طرفه پیشگویی شده B ۱۵

۳.۲ بررسی ساختار و نحوه عملکرد کلی استاندارد سریH و MPEG ۱۷

۴.۲ ویژگی‌های استاندارد ویدیو کدینگ H.264 ..... ۱۹

۳ کدینگ کانال ۲۳

۱.۳ کد های تلفیقی ۲۴

۱.۱.۳ مدارات ترتیبی خطی ۲۴

۲.۱.۳ کدها و انکدرهای تلفیقی ۲۵

۳.۱.۳ محاسبه مرتبه حافظه K ۲۸

۴.۱.۳ شکل‌های نمایش انکدر تلفیقی ۲۸

نمایش اتصالات ۲۸

نمایش نمودار حالت ۲۹

نمایش ترلیز ۲۹

۵.۱.۳ ویژگی فاصله در کد های تلفیقی ۳۱

۶.۱.۳ دیکدینگ کد های تلفیقی به روش الگوریتم ویتربی ۳۱

۷.۱.۳ کدهای RCPC ۳۴

۲.۳ کد هایLDPC ۳۵

۱.۲.۳ شکل‌های سیستماتیک مختلف کدهای بلوکی ۳۶

۲.۲.۳ تعریف کدهای LDPC ۳۷
۳.۲.۳ ساختار کدهای LDPC ۳۸
کدهای LDPC منظم ۳۸
کدهای LDPC نامنظم ۳۹
۳.۳ کانال بی‌سیم ۴۶
۴ اثر علیت در مسایل ترکیب توأم کدینگ منبع و کانال در کانال بی‌سیم ۵۰
۱.۴ ترکیب توأم کدینگ منبع و کانال ۵۰
۱.۱.۴ تئوری نرخ-اعوجاج ۵۰
۲.۱.۴ تئوری نرخ-اعوجاج عملیاتی ۵۳
۳.۱.۴ مفهوم ترکیب توأم کدینگ کانال و منبع ۵۴
۴.۱.۴ تدوین فرمول مسئله ترکیب توأم کدینگ کانال و منبع ۵۸
۵.۱.۴ معیاراختصاص بهینه بیت ۵۸
۶.۱.۴ راه حل مسئله بهینه سازی ۶۰
۷.۱.۴ روش ضرب کننده لاگرانژ ۶۱
۸.۱.۴ روش مشخصه نرخ-اعوجاج کلی ۶۴
۲.۴ اثر علیت در ترکیب توأم کدینگ منبع و کانال در کدینگ ویدیو ۶۶
۱.۲.۴ ویدیو کدینگ علّی ۶۶
تئوری کدینگ بیشتر و کمتر ۶۷
۲.۲.۴ مدل پیشنهادی: کدینگ علّی ترکیب توأم منبع و کانال ویدیو ۶۹
تنظیمات شبیه سازی ۷۲
نتایج شبیه سازی ۷۶
۳.۴ بررسی مسایل مختلف ترکیب توأم کدینگ کانال و منبع ۷۹
۱.۳.۴ بررسی ارسال ویدیو با استفاده از کدینگ JSCC 3D-DCT در کانال ریلی ۷۹
۲.۳.۴ بررسی ارسال ویدیو با استفاده از کدینگ JSCC- 3D-DCT در سناریو مبتنی بر رله در کانال ریلی ۸۱
۳.۳.۴ بررسی کارایی JSCC بر سیستم‌های مبتنی بر DFT-OFDM و DWT-OFDM ۸۴
۴.۳.۴ بررسی ترکیب توأم کدینگ کانال و منبع برای ویدیو کدینگ مقیاس پذیر با استفاده VQ ۸۸
۵ نتیجه‌گیری ۹۰
منابع و مراجع ۹۳
واژه نامه ۹۸

فهرست اشکال

صفحه

شکل ۱.۲ انکدر و دیکدر DPCM [۸]..... ۶
شکل ۲.۲ انکدر و دیکدر ADPCM [۸]..... ۶
شکل ۳.۲ بلوک مکعبی ورودی انکدر 3D-DCT [۲۳]..... ۹
شکل ۴.۲ نحوه جستجو و تعیین بردار جابجایی [۷]..... ۱۳
شکل ۵.۲ بردارهای جابجایی برای دو فریم متوالی ۴۰ و ۴۱ برای ویدیو تنیس روی میز..... ۱۳
شکل ۶.۲ انواع مختلف فریم‌های ویدیو و نحوه قرار گیری آن‌ها در یک دنباله فریم [۲۴]..... ۱۵
شکل ۷.۲ نحوه قرار گیری فریم نوع B و تخمین حرکت دو-جهته [۲۴]..... ۱۶
شکل ۸.۲ ساختار کلی انکدرهای سری H و سری MPEG [۷]..... ۱۷
شکل ۹.۲ ساختار کلی دیکدرهای سری H و MPEG [۷]..... ۱۸
شکل ۱۰.۲ ساختار انکدرهای H.264 [۲۷]..... ۲۰
شکل ۱۱.۲ ساختار انکدرهای H.264 با بلوکهای متغیر [۲۷]..... ۲۱
شکل ۱۲.۲ استفاده از چند فریم مرجع برای تخمین حرکت [۲۷]..... ۲۲
شکل ۱۳.۲ استفاده از چند فریم مرجع برای تخمین حرکت [۲۷]..... ۲۲
شکل ۱.۳ نمونه یک انکدر تلفیقی [۲۰]..... ۲۵
شکل ۲.۳ نمونه یک انکدر تلفیقی سیستماتیک [۲۰]..... ۲۶
شکل ۳.۳ انکدر یک FSSM [۲۰]..... ۲۷
شکل ۴.۳ نمایش نمودار حالت [۲۰]..... ۳۰
شکل ۵.۳ نمایش نمودار ترلیز [۲۰]..... ۳۰
شکل ۶.۳ نحوه محاسبه فاصله کد دریافتی و کد معتبر در هر گذار [۲۰]..... ۳۲
شکل ۷.۳ مسیر های دریافتی هر وضعیت برای کد دریافتی و انکدر مثال [۲۰]..... ۳۳
شکل ۸.۳ نحوه یافتن بهترین مسیر ترلیز برای دیکد کردن کد دریافتی [۲۰]..... ۳۳
شکل ۹.۳ انکدر RCPC [۲۰]..... ۳۴
شکل ۱۰.۳ نمایش نمودار ترلیز یک انکدر RCPC [۲۰]..... ۳۴
شکل ۱۱.۳ نمونه یک گراف تانر [۲۰]..... ۴۱
شکل ۱۲.۳ گره های گراف تانر در حالت ارسال و دریافت [۳۶]..... ۴۳
شکل ۱۳.۳ گراف تانر متناظر پریتی چک مثال [۳۶]..... ۴۴
شکل ۱۴.۳ بیت‌های ارسال و دریافت شده توسط گراف تانر مثال [۳۶]..... ۴۵
شکل ۱۵.۳ تصحیح خطای پیام دریافتی توسط دیکدر LDPC [۳۶]..... ۴۵
شکل ۱۶.۳ a) پاسخ فرکانسی کانال و b) نمودار PDP [۳۷]..... ۴۷
شکل ۱.۴ بلوک دیاگرام یک سیستم مخابراتی [۴۳]..... ۵۱
شکل ۲.۴ نمودار توابع RD و ORD [۴۳]..... ۵۴
شکل ۳.۴ RD حاصل از عبور داده‌های منبع از کانال [۴۳]..... ۵۵

شکل ۴.۴ بلوک دیاگرام ترکیب توأم کدینگ منبع و کانال [۴۳]..... ۵۶
شکل ۵.۴ نقاط مرتبط با در نظر گرفتن توأم پارامترهای کدینگ منبع و کانال در صفحه RD [۴۳]..... ۵۷
شکل ۶.۴ تغییر مکان نقطه بهینه با تغییر میزان خطای کانال [۴۳]..... ۵۸
شکل ۷.۴ عملکرد پارامتر λ [۴۳]..... ۶۳
شکل ۸.۴ یک نمونه از عملکرد تخصیص بهینه نرخ بیت بین کدینگ منبع و کانال..... ۶۴
شکل ۹.۴ نمودارهای مورد استفاده در روش URDC [۵۱]..... ۶۵
شکل ۱۰.۴ مدل کدینگ ویدیو علّی [۱۰]..... ۶۶
شکل ۱۱.۴ کارایی کدینگ ویدیو علّی در a) آکیو و b) فورمن..... ۶۸
شکل ۱۲.۴ کارایی کدینگ ویدیو علّی در a) موبایل و تقویم و b) استفان..... ۶۸
شکل ۱۳.۴ مدل Causal JSC Video Coding..... ۷۰
شکل ۱۴.۴ کارایی JSCC بر کدینگ H.264 در کانال بی‌سیم برای ویدیو تنیس روی میز..... ۷۳
شکل ۱۵.۴ کارایی JSCC بر کدینگ H.264 در کانال بی‌سیم برای ویدیو آکیو..... ۷۴
شکل ۱۶.۴ کارایی JSCC بر کدینگ H.264 در کانال بی‌سیم برای ویدیو موبایل و تقویم..... ۷۴
شکل ۱۷.۴ مقایسه CVC و CJVC در کانال بی‌سیم برای ویدیو آکیو..... ۷۵
شکل ۱۸.۴ مقایسه CVC و CJVC در کانال بی‌سیم برای ویدیو موبایل و تقویم..... ۷۵
شکل ۱۹.۴ اثر علیت: مقایسه CJVC با JSCC-H.264 در کانال بی‌سیم برای ویدیو آکیو..... ۷۸
شکل ۲۰.۴ اثر علیت: مقایسه CJVC با JSCC-H.264 در کانال بی‌سیم برای ویدیو موبایل و تقویم..... ۷۸
شکل ۲۱.۴ نتایج شبیه سازی JSCC 3D-DCT برای دو ویدیو در a) برای ویدیو آکیو و در b) برای ویدیو بانوی آمریکا..... ۸۰
شکل ۲۲.۴ دو سناریو bi-directional relay و Multi-bi-directional relay..... ۸۱
شکل ۲۳.۴ نتایج شبیه سازی سناریو Multi-bi-directional relay..... ۸۲
شکل ۲۴.۴ نتایج شبیه سازی سناریو Multi-bi-directional relay برای دو ویدیو در a) برای ویدیو بانوی آمریکا و در b) برای ویدیو آکیو..... ۸۳
شکل ۲۵.۴ بلوک دیاگرام JSCC based OFDM..... ۸۶
شکل ۲۶.۴ بلوک دیاگرام JSCC based DWT-OFDM..... ۸۶
شکل ۲۷.۴ مقایسه کارایی DFT-OFDM ، DWT-OFDM ، JSCC- DFT-OFDM و JSCC-DWT-OFDM در کانال بیسیم برای کدینگ 3D-DCT SVC بر روی ویدیو آکیو..... ۸۷
شکل ۲۸.۴ مقایسه کارایی DFT-OFDM ، DWT-OFDM ، JSCC- DFT-OFDM و JSCC-DWT-OFDM در کانال بیسیم برای کدینگ 3D-DCT SVC بر روی ویدیو بانوی آمریکا..... ۸۷
شکل ۲۹.۴ توأم کدینگ کانال و منبع برای ویدیو کدینگ مقیاس پذیر با استفاده VQ در a) برای بانوی آمریکا و در b) برای ویدیو آکیو..... ۸۹

فهرست علائم

لاتین

B	فریم دو طرفه پیشگویی شده
B_c	پهنای باند همبستگی
C	ظرفیت
C_{conv}	انکدر تلفیقی
CJVC	کدینگ علّی ترکیب توأم منبع و کانال ویدیو
CVC	ویدیو کدینگ علّی
d_f	حداقل فاصله آزاد
D	اعوجاج
dB	دسی بل
E	میانگین
f_C	فرکانس کریر
f_m	حداکثر شیفت داپلر
G	ماتریس مولد
GF	میدان گالوا
GOP	گروه تصاویر
h	آنتروپی
H	ماتریس پریتی
I	فریم کد شونده بدون پیشگویی
JSCC	ترکیب توأم کدینگ کانال و منبع

K	مرتبه حافظه انکدر تلفیقی
K	تعداد بیت ورودی انکدر کانال
P	فریم پیشگویی شده
R(D)	تابع نرخ اعوجاج
R_c	نرخ کدینگ
R_{budget}	نرخ بیت ارسال
R_s	نرخ بیت منبع
S_k	فریم کد شده
T_c	زمان همیستگی
X_c	سیگنال خروجی انکدر کانال
$\hat{X}_c$	سیگنال ورودی دیکدر
X_s	سیگنال منبع
$\hat{X}_s$	سیگنال بازسازی شده

یونانی

λ	ضرب کننده لاگرانژ

۱ مقدمه

۱.۱ پیشگفتار

رشد روز افزون استفاده از مخابرات بی سیم و سیار و تمایل کاربران به استفاده از دستاوردهای مخابرات مدرن برای ارسال داده های مالتی مدیا بی‌درنگ همچون ویدیو، ضرورت تحقیق و مطالعه در این زمینه را نمایان می‌کند. تاکنون روش‌های مختلف کدینگ ویدیو از قبیل استانداردهای سری H و MPEG ارایه شده است که هدف همه آن‌ها رسیدن به نرخ بیت پایین‌تر و در عین حال کیفیت بالاتر است. در مخابرات بی‌سیم و سیار خطای ناشی از ذات محیط‌های بی‌سیم منجر به کاهش کیفیت ویدیو دریافتی در گیرنده می‌شود. در کانال بی‌سیم عواملی از قبیل انتشار چند مسیره و اثر حرکت موبایل از جمله عوامل تولید خطا محسوب می‌شوند. تا کنون سیستم‌ها و روش‌های بسیاری برای کاهش و حذف خطای ناشی از ارسال ویدیو در محیط‌های بی‌سیم ارایه شده است. یکی از کارامدترین این روش‌ها کدینگ کانال است که برای تشخیص و تصحیح خطا بکار گرفته می‌شود. برای بهبود عملکرد کدینگ کانال تلاش‌های فراوانی صورت گرفته که منجر به ایجاد روش‌های مختلف کدینگ کانال شده است. در سال-های اخیر، روش متنوعی در رابطه با کدینگ کانال ارایه شده است، این روش ترکیب توأم کدینگ منبع و کانال[1] نام گرفته است که هدف آن بهره گیری بیشتر از توانایی کدینگ کانال و کدینگ منبع در وضعیت‌های مختلف کانال، برای رسیدن به اعوجاج سراسری کمتر است. با توجه به نرخ بیت[2] بالایی که برای ارسال داده‌های ویدیو نیاز است و حجم بالای محاسبات و تأخیر ناشی از آن، یکی از کاربردهای مهم این روش به‌کارگیری آن برای ارسال داده‌های ویدیو می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت نحوه عمل این روش، تخصیص بهینه بیت بین منبع و کانال با در نظر گرفتن نرخ بیت در نظر گرفته شده برای ارسال است. با وجود به‌کارگیری روش‌های کارامدی امروزی، همچنان یافتن مدل‌ها، سیستم‌ها و روش-هایی که بتواند داده‌های ویدیو را با کیفیت بالاتری ارسال کند مد نظر محققان قرار گرفته است.

[1] Joint Source and Channel Coding (JSCC)
[2] Bit-rate

۲.۱ تاریخچه

یکی از اهداف مخابرات تلاش برای ارسال بیشترین اطلاعات ممکن در یک کانال معیّن با کمترین خطای ممکن است. قبل از سال ۱۹۴۸ تصور بر این بود که در مخابره اطلاعات در یک کانال نویزی، امکان رسیدن به نرخ خطای به دلخواه کم وجود ندارد. این تصور غلط توسط شانون در مقاله پیشگامانه [۱]، [۲] رد شد. در این مقاله او برای اولین بار مفهوم ظرفیت کانال را ارایه کرد. و ثابت کرد مادامی که نرخ ارسال کمتر از ظرفیت کانال باشد، یک مخابرات قابل اطمینان، با نرخ خطای غیر صفر و تا حد دلخواه کوچک، امکان پذیر است. علاوه بر این تئوری دیگری ارایه که بیان می‌کند یک منبع با آنتروپی h می-تواند به صورت قابل اطمینانی بر روی یک کانال با ظرفیت C ارسال کند اگر $h \le C$ باشد.

بر اساس "تئوری تفکیک[1] " شانون [۳]،[۴] کدینگ منبع اطلاعات و کدینگ کانال می‌تواند به صورت جداگانه انجام شود بدون اینکه بهینه بودن سیستم از دست برود به شرطی که منبع اطلاعات، اطلاعات را با نرخ بیتی ارسال کند که بتواند توسط کانال حمل شود. بر اساس این تئوری، معمولاً در سیستم‌های مخابراتی کدینگ کانال و منبع به صورت جداگانه انجام می‌شود. با این حال این تئوری بر اساس این فرض ارائه شده است که طول کدهای کانال و منبع اطلاعات به اندازه دلخواه بزرگ باشد اما در عمل به دلیل محدودیت‌های توان محاسباتی و تأخیر پردازش این فرض برقرار نمی‌شود، با در نظر گرفتن این قضیه، در صورتی که کدینگ منبع اطلاعات و کدینگ کانال به صورت جداگانه انجام شود بهینه بودن سیستم از دست می‌رود، بنابراین به منظور دستیابی به سیستم ارسال بهینه باید مسایل مربوط به کدینگ کانال و منبع اطلاعات به صورت مشترک در نظر گرفته شوند.

در ارسال ویدیو نیز همواره با تأخیر قطعی مواجه هستیم و همچنین نیاز به محاسبات پیچیده می‌باشد که توان محاسباتی زیادی نیاز دارد، بنابراین در این مورد فرض شانون برقرار نمی‌باشد، در نتیجه بهتر است مسایل مربوط به کدینگ کانال و منبع اطلاعات ویدیو به صورت مشترک در نظر گرفته شوند. با توجه به محدودیت منابع از قبیل توان و زمان، ضرورت استفاده بهینه از منابع آشکار می‌شود لذا طراحی سیستم‌ها به نحوی که استفاده بهینه از منابع را امکان پذیر نمایند ضرورتی اجتناب ناپذیر می‌باشد.

از آنجایی که کدینگ منبع اطلاعات و کانال از بخش‌های مهم سیستم‌های مخابراتی محسوب می‌شوند، در عمل به منظور بهینه شدن این سیستم‌ها باید از ترکیب توأم کدینگ منبع اطلاعات و کدینگ کانال

[1] Separation theorem

استفاده شود که رسیدن به کمترین خطا در ارسال و دریافت اطلاعات، تطبیق پذیری و مقاوم بودن سیستم در راستای این هدف می‌باشند.

۳.۱ اهداف

از آنجایی که هدف روش‌های مختلف کدینگ ویدیو از قبیل استانداردهای سری H و MPEG رسیدن به نرخ بیت پایین‌تر و در عین حال کیفیت بالاتر است [۹- ۶] هر روش کدینگی که بتواند نسبت به روش‌های جاری، نرخ بیت پایین‌تر و کیفیت بالاتری ارایه دهد حائز اهمیت است. تا به امروز در سیستم-های مخابراتی برای ارسال ویدیو از استانداردهای کدینگ ویدیو سری H.26x استفاده می‌شود. در سال ۲۰۱۱ ویدیو کدینگ علّی[1] یا CVC ارایه شد[۱۰]، که در آن از مفهوم علیت در کدینگ ویدیو بهره گرفته شده است. در مقاله [۱۰] کارایی بالاتر این نوع کدینگ ویدیو نسبت به استانداردهای قبلی در حوزه تئوری اطلاعات اثبات شد. با این حال با ارسال ویدیو کد شده در محیط‌های بی‌سیم، به دلیل عواملی همچون انتشار چند مسیره و اثر حرکت موبایل به همراه نویز موجود در محیط، ویدیو کد شده دچار خطا می‌شود[۱۱]، [۱۲]. برای کاهش و حذف خطای ناشی از ارسال ویدیو در این محیط‌ها، سیستم‌ها و روش‌های بسیاری ارایه شده است[۱۹-۱۳]. یکی از کارامدترین این روش‌ها کدینگ کانال است که برای تشخیص و تصحیح خطا بکار گرفته می‌شود [۲۰]، [۲۱].

هدف این پایان نامه بررسی اثر علیت در مسایل ترکیب توأم کدینگ کانال و منبع اطلاعات برای ارسال ویدیو در محیط‌های بی سیم است. هدف از بکارگیری علّی اطلاعات ویدیو، دست یافتن به کمترین اعوجاج بین ویدیو ارسال شده و ویدیوی دریافت شده است. در راستای بررسی این موضوع پیشنهاد می-شود، کد کردن ویدیو با ساختار کدینگی مشابه CVC انجام شود با این تفاوت که کدینگ ویدیو بر اساس وضعیت کانال انجام شود و به منظور در نظر گرفتن وضعیت کانال در کدینگ ویدیو پیشنهاد می-شود روش JSCC بکار گرفته شود. بنابراین هدف اصلی، بررسی اثر استفاده علّی از کلیه فریم‌های جاری و قبلی در انکدرهای مبتنی بر JSCC است، با این حال در مدل پیشنهادی، می‌توان از علیت وضعیت کانال (به مفهوم در دسترس بودن وضعیت کانال در ارسال‌های قبلی) در جهت کاهش محاسبات نیز استفاده نمود. همچنین نشان داده خواهد شد که کارایی چنین مدلی بسیار بالاتر از مدل CVC است. .

[1] Causal Video Coding (CVC)

اثر علیت در کدینگ کانال و منبع در رساله دکتری دانشگاه برکلی[1] در سال ۲۰۱۱ ارایه شده است[۵]، این رساله دکتری در رابطه با اثر علیت در انکدر های منبع و انکدرهای کانال می‌پردازد انکدرهایی که بواسطه فیدبک از شرایط کانال مطلع می‌شود. این در حالی است که در این پایان نامه کارشناسی ارشد اثر علیت بر مسائل "ترکیب توام کدینگ کانال و منبع" در ارسال ویدیو در مخابرات بی سیم بررسی می‌گردد. ابتدا کارایی روش JSCC روی کدینگ ویدیو 3D-DCT [2] که یک نوع ویدیو کدینگ با نرخ بسیار پایین است در کانال بی سیم بررسی می‌شود. این نوع کدینگ نسبت به نویز و خطای ناشی از تغییرات کانال بی سیم بسیار حساس است و برای مقاوم شدن این نوع کدینگ در مقابل خطا، ما پیشنهاد می‌کنیم که کد کردن ویدیو به وسیله آن بر اساس وضعیت و تغییرات کانال انجام شود و برای برآورده شدن این هدف، تکنیک JSCC استفاده شود و کارایی این تکنیک مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج حاصله از شبیه سازی‌های انجام شده در این پایان نامه، کارایی این تکنیک را در این نوع کدینگ به خوبی نشان می‌دهد. در مرحله بعدی کارایی این تکنیک بر روی کدینگ ویدیو سری H ، H.264 بررسی می‌شود و مجدداً نتایج حاصل از شبیه سازی انجام شده کارایی این تکنیک را در کانال بی سیم نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شبیه سازی قابلیت و کارایی این نوع کدینگ پیشنهادی را نشان می‌دهد.

[1] Berkeley
[2] 3 Dimensional Discrete Cosine Transform

۲ کدینگ ویدیو

در این فصل به بررسی پایه و اساس کدینگ ویدیو می‌پردازیم. به طور کلی می‌توان گفت کدینگ ویدیو همان فشرده سازی ویدیو است. عبارت فشرده سازی به فرآیند کاهش داده های مورد نیاز برای بیان یک مقدار معین از اطلاعات اشاره می‌کند . داده‌ها متفاوت با اطلاعات می‌باشند . در واقع داده‌ها ، وسایل حمل اطلاعات هستند. گاهی برای بیان و ارایه اطلاعات معینی از داده های "غیر ضروری" استفاده می‌شود . این داده‌ها هیچ اطلاعات اضافی را ارائه نمی‌کنند بلکه فقط چیزهایی را که قبلاً معلوم بوده‌اند، دوباره بیان می‌کنند. بنابراین گفته می‌شود که این داده‌ها، افزونگی دارند. در فشرده سازی ویدیو چهار نوع افزونگی داده را می‌توان شناسایی و از آن‌ها بهره برداری کرد که عبارتند از : افزونگی کدینگ[1] ، افزونگی روان بصری[2] ، افزونگی مکانی[3] و افزونگی زمان[4]. وقتی فشرده سازی داده حاصل می‌شود که دست کم یکی از این افزونگی‌ها کاهش یابند یا حذف شوند.

- **افزونگی کدینگ**

این نوع افزونگی مربوط به کد کردن سمبل‌ها می‌باشد. این افزونگی از آنجا ناشی می‌شود که به همه سمبل‌ها طول کد یکسان اختصاص داده شود، برای کاهش این نوع افزونگی به همه سمبل‌ها طول کد یکسان اختصاص داده نمی‌شود بلکه به هر کدام از سمبل‌ها که احتمال وقوع بیشتری دارد کد کمتری اختصاص داده می‌شود.

- **افزونگی روان- بصری**

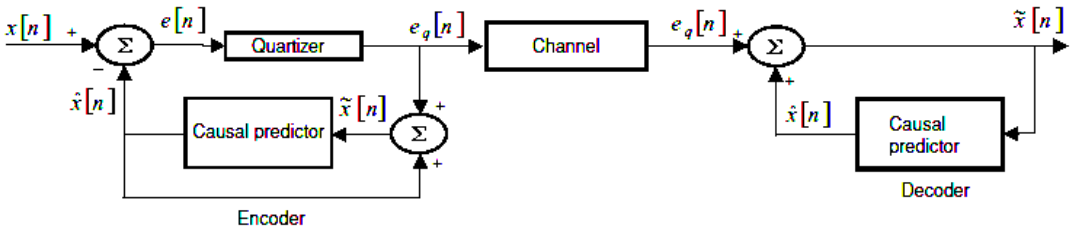
در پردازش بینایی معمولی ، اطلاعات خاصی نسبت به دیگر اطلاعات اهمیت کمتری دارند. این مسئله از آنجا ناشی می‌شود که معمولاً نحوهٔ دریافت اطلاعات فریم توسط انسان شامل تحلیل مقدار هر پیکسل نمی‌باشد بلکه به طور کلی چشم به دنبال تشخیص ویژگی‌های نظیر لبه‌ها یا نواحی بافتی است . به این اطلاعات کم اهمیت افزونگی روان بصری گفته می‌شود و می‌توان بدون کاهش زیاد در کیفیت فریم آن‌ها را حذف کرد. از آنجا که حذف داده های افزونگی روان بصری باعث از دست دادن اطلاعات کمّی

[1] Coding redundancy
[2] Psycho-visual redundancy
[3] Spatial redundancy
[4] Temporal redundancy

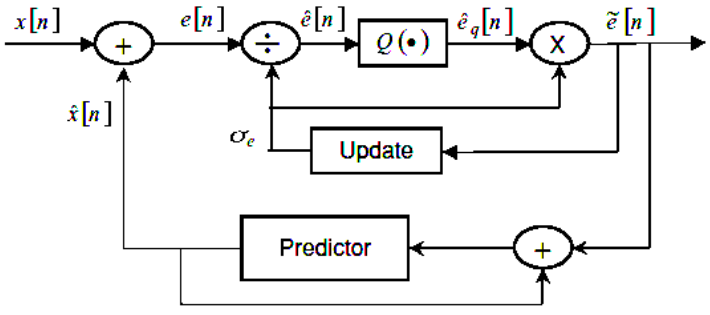
می‌شود، عموماً به آن کوانتیزاسیون گفته می‌شود و از آنجا که این عمل معکوس ناپذیر است، فشرده سازی با اتلاف را نتیجه می‌دهد. فشرده سازی با اتلاف فشرده سازی است که در آن بخشی از داده های ویدیو ارسالی از آن حذف می‌شوند.

- **افزونگی مکانی**

افزونگی مکانی از همبستگی بین پیکسلی فریم ناشی می‌شود . غالبا در هر فریم می‌توان هر پیکسل را به خوبی از مقدار همسایگانش پیش بینی کرد . بنابراین می‌توان گفت مقدار اطلاعاتی که به وسیلهٔ پیکسل‌های منفرد حمل می‌شود، نسبتاً کم است و مقدار زیادی از اطلاعات بصری به علت قابل پیش بینی بودن توسط مقادیر مجاور ، زاید است. برای از بین این نوع همبستگی از تکنیک DPCM [1] و ADPCM [2] استفاده می‌شود. در شکل ۱.۲ بلوک دیاگرام انکدر و دیکدر DPCM نمایش داده شده است. این نوع انکدر از ابتدایی‌ترین انکدرها برای کد کردن فریم متحرک و ویدیو محسوب می‌شود و همان طور که اشاره شد برای از بین بردن افزونگی مکانی استفاده می‌شود. در این نوع انکدر، فریم‌های ویدیو به صورت جداگانه کد می‌شوند.



شکل ۱.۲ انکدر و دیکدر DPCM [۸].



شکل ۲.۲ انکدر و دیکدر ADPCM [۸].

[1] Differential Pulse Code Modulator
[2] Adaptive Differential Pulse Code Modulator

این انکدر به صورت دو بعدی بر هر فریم ویدیو اعمال می‌شود به عبارت دیگر هر سطر مربوط به هر فریم را یک سیگنال در نظر می‌گیرد که پیکسل‌های آن سطر، معادل سمبل‌های سیگنال گسسته می‌باشد. این انکدر همبستگی بین پیکسل‌های مجاور را از بین می‌برد. این عمل به صورت مشابه برای ستون‌های هر فریم بکار گرفته می‌شود. در اینجا بجای ارسال تک تک سمبل‌ها اختلاف بین پیکسل اصلی و تخمین زده شده (پیشگویی شده) آن برای دیکدر ارسال می‌شود.

اگر فرض کنیم دنباله گسسته به صورت $\{x[n],\ \ n=1,2,....\}$ باشد. این دنباله سمبل می‌تواند پیکسل‌های هر ردیف فریم ویدیو یا فریم متحرک باشد. پیکسل $x[n]$ از روی پیکسل قبلی بازسازی می‌شود. و به صورت زیر بیان می‌شود [۸]:

$$\hat{x}[n]=f\left(x[n-1],x[n-2],...\right) \qquad (۱.۲)$$

که در آن $\hat{x}[n]$ پیکسل تخمین زده می‌باشد و $f(.)$ روش پیشگویی یا همان کدینگ است. پیکسل تفاضلی یا همان خطای تخمین به صورت تفاضل پیکسل اصلی و تخمین زده آن محاسبه می‌شود. این همان سیگنالی است که برای دیکدر ارسال می‌شود.

$$e[n]=x[n]-\hat{x}[n] \qquad (۲.۲)$$

این سیگنال خطا کوانتیزه می‌شود و برای دیکدر ارسال می‌شود و در انکدر ذخیره می‌گردد. بنابراین پیکسل تفاضلی به صورت $e_q[n]$ نشان داده می‌شود:

$$e_q[n]=Q\left(e[n]\right) \qquad (۳.۲)$$

$Q(.)$ بیانگر روش کوانتیزاسیون است. از آنجایی که ما تنها پیکسل‌های تفاضلی کوانتیزه شده را ارسال می‌کنیم پیکسل پیش بینی شده تنها به پیکسل‌های بازسازی شده قبلی $\{\tilde{x}[n-1],\tilde{x}[n-2],...\}$ بستگی دارد. بنابراین رابطه ۱.۲ به صورت زیر باز نویسی می‌شود

$$\hat{x}[n]=f\left(\tilde{x}[n-1],\tilde{x}[n-2],...\right) \qquad (۴.۲)$$

همان طور که از شکل ۱.۲ مشخص است پیکسل بازسازی شده مجموع پیکسل پیش بینی شده و پیکسل تفاضلی کوانتیزه شده است:

$$\tilde{x}[n]=\hat{x}[n]+e_q[n] \qquad (۵.۲)$$