

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی برق

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق

گرایش مخابرات

طراحی یک روش برای ویدئو کدینگ توزیع شده

مؤلف:

میلاذ اسلامی

استاد راهنما:

دکتر سیامک طالبی

شهریور ماه ۱۳۹۱



این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی برق

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: میلاد اسلامی

استاد راهنما: دکتر سیامک طالبی

داور ۱: دکتر سعید سریزدی

داور ۲: دکتر مریم پور محی آبادی

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر احمد حکیمی

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده: دکتر مریم احتشام زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که گرمای وجودشان همواره یاری بخش راهم بوده و هست.

تشکر و قدردانی

استاد راهنما و گرانقدر جناب آقای دکتر سیامک طالبی، با عنایت به لطف ایزد منان و با مساعدت و همفکری و راهنمایی های دلسوزانه و بی دریغ شما توانستیم با تکیه بر علم و تجربه شما پا به عرصه تحقیق و پژوهش بگذاریم. هر قدمی که در این راه بردارم مدیون شما بزرگوارام. هم چنین از جناب آقای دکتر سعید سریزدی و سرکار خانم دکتر مریم محی آبادی که زحمت داوری این پایان نامه را پذیرفتند، نهایت تشکر و قدر دانی را دارم.

چکیده

امروزه همگام با رشد تکنولوژی، تقاضای تصاویر دیجیتال و ویدئو کدینگ مدرن بیش از گذشته شده است. ساختار ویدئو کدینگ دیجیتال مرسوم، بر پایه دو اصل جبران حرکت و تبدیل کسینوسی گسسته استوار می‌باشد. در این الگو، اینکدر مسئولیت استخراج همبستگی مکانی و زمانی میان فریم‌ها را بر عهده دارد و در نتیجه پیچیدگی ساختار اینکدر به دلیل عمل تخمین حرکت به مراتب بیش از ساختار دیکدر می‌باشد. از طرفی ظهور کاربردهای جدید (مانند شبکه‌های نظارت ویدئویی بیسیم با توان پایین، دوربین‌های مخابراتی سیار و ...) انگیزه‌ی لازم برای ایجاد یک استاندارد جدید را بوجود آورده است زیرا که استانداردهای MPEG-x و H.26x نمی‌توانند نیازهای کدینگ مربوط به این کاربردها را برآورده سازند.

در سال‌های اخیر، یک الگوی کدینگ جدید بر اساس دو قضیه قدیمی از تئوری اطلاعات (تئوری اسلپین-ولف^۱، تئوری وینر-زیو^۲) شکل گرفته است که به ویدئو کدینگ توزیع شده مشهور می‌باشد. در این الگو تنها دیکدر مسئولیت استخراج تمام یا بخشی از همبستگی میان فریم‌ها را بر عهده دارد، که این باعث کاهش پیچیدگی ساختار اینکدر می‌شود. در ساختارهای جاری، دیکدر تخمینی از فریم‌های وینر-زیو را بدست می‌آورد ولی برای بازسازی بهتر این فریم‌ها، اطلاعات اضافی در اینکدر تولید و به سمت دیکدر ارسال می‌شود. بنابراین، کاهش نرخ ارسال به همراه افزایش کیفیت تصاویر بازسازی شده در دیکدر، از مهم‌ترین دغدغه‌های این نوع کدینگ می‌باشد. در این تحقیق ابتدا مروری بر ویدئو کدینگ توزیع شده خواهیم داشت و سپس در این زمینه، یک ساختار جدید برای بهبود کارایی کدینگ ارائه خواهیم داد. ساختار پیشنهادی، بر اساس ایده حرکت خطی و کلاس‌بندی بلوک‌ها در دیکدر، مدل شده است و نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که این راه‌حل ضمن بهبود کیفیت تصاویر وینر-زیو، نرخ ارسال را نیز کاهش می‌دهد.

کلید واژه: ویدئو کدینگ توزیع شده، فریم وینر-زیو، اطلاعات اضافی، حرکت خطی، کلاس‌بندی

^۱ Slepian-Wolf

^۲ Wyner-Ziv

فهرست مطالب

فصل اول.....	۱
۱-۱ کدینگ منابع توزیع شده.....	۳
۱-۱-۱ تئوری اسلپین-ولف.....	۴
۲-۱-۱ تئوری وینر-زیو.....	۶
۲-۱ کاربردها.....	۸
۳-۱ ساختار پایان نامه.....	۱۰
فصل دوم.....	۱۱
۱-۲ ساختار ویدئو کدینگ وینر-زیو استنفورد.....	۱۲
۲-۲ ساختار ویدئو کدینگ وینر-زیو بر کلی.....	۱۳
فصل سوم.....	۱۸
۱-۳ ساختار کدک وینر-زیو استنفورد در حوزه پیکسل.....	۱۹
۱-۱-۳ ساختار کوانتایزر در حوزه پیکسل.....	۲۰
۲-۱-۳ اینکدر اسلپین-ولف.....	۲۱
۳-۱-۳ ماژول درون یابی فریم.....	۲۱
۱-۳-۱-۳ تخمین حرکت پیش رو.....	۲۲
۲-۳-۱-۳ تخمین حرکت دو طرفه.....	۲۳
۳-۳-۱-۳ هموارسازی مکانی.....	۲۵
۴-۳-۱-۳ جبران حرکت دو طرفه.....	۲۶
۴-۱-۳ مدل کردن نویز همبسته.....	۲۷
۵-۱-۳ دیکدر اسلپین-ولف.....	۲۸
۶-۱-۳ ماژول بازسازی در حوزه پیکسل.....	۳۰

۳۲	.....	۲-۳ ساختار کدک وینر-زیو استنفورد در حوزه تبدیل
۳۴	.....	۱-۲-۳ کوانتایزر حوزه تبدیل
۳۴	.....	۱-۱-۲-۳ کوانتیزیشن ضرایب DC
۳۵	.....	۲-۱-۲-۳ کوانتیزیشن ضرایب AC
۳۷	.....	۳-۱-۲-۳ تعداد سطح کوانتایزر
۳۷	.....	۴-۱-۲-۳ طول گام کوانتیزیشن ضریب DC
۳۸	.....	۵-۱-۲-۳ طول گام کوانتیزیشن ضریب AC
۴۰	.....	۲-۲-۳ ماژول بازسازی در حوزه تبدیل
۴۲	.....	فصل چهارم
۴۳	.....	۱-۴ عملکرد اطلاعات اضافی در ساختار برکلی
۴۴	.....	۲-۴ عملکرد اطلاعات اضافی در ساختار استنفورد
۴۹	.....	۳-۴ ساختار کدینگ پیشنهادی
۵۰	.....	۱-۳-۴ ایده حرکت خطی
۵۳	.....	۲-۳-۴ معیار کنتراست مکانی
۵۵	.....	۳-۳-۴ الگوریتم کدک پیشنهادی
۶۲	.....	فصل پنجم
۶۳	.....	۱-۵ شرایط آزمایش
۶۴	.....	۲-۵ عملکرد نرخ-عوجاج دنباله‌های ویدئویی
۷۱	.....	۳-۵ عملکرد ماژول کلاس‌بندی در کدک پیشنهادی
۷۴	.....	فصل ششم
۷۵	.....	۱-۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۸۰	.....	منابع

فهرست جداول

- جدول ۴-۱ مینیمم نرخ ارسال برای دیکدینگ موفق بیت پلن ۴۶
- جدول ۵-۱ عملکرد نرخ-اعوجاج برای دنباله های ویدئویی مختلف ۶۵-۶۶
- جدول ۵-۲ تعداد درخواست های دیکدر برای بازسازی فریم وینر زیو در طرح [۲۶] ۶۶
- جدول ۵-۳ در صد بلوک های در مد شبه درون فریمی و درون فریمی ۷۱

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ پیکربندی کدینگ ایده آل برای کاربردهای ویدئویی جدید ۳
- شکل ۲-۱ الگوی کدینگ متداول ۳
- شکل ۳-۱ کدینگ توزیع شده دو منبع همبسته ۵
- شکل ۴-۱ ناحیه نرخ ارسالی قابل وصول در تئوری اسلپین-ولف ۵
- شکل ۵-۱ ارتباط میان کدینگ اسلپین-ولف با کدهای کانال ۶
- شکل ۶-۱ فشرده سازی با اتلاف همراه با اطلاعات جانبی در دیکدر ۷
- شکل ۱-۲ ساختار ویدئو کدینگ وینر-زیو استنفورد در حوزه تبدیل ۱۲
- شکل ۲-۲ کدک PRISM (الف) اینکدر (ب) دیکدر ۱۴
- شکل ۱-۳ ساختار ویدئو کدینگ حوزه پیکسل ۲۰
- شکل ۲-۳ قالب درونیابی فریم ۲۲
- شکل ۳-۳ پیکسل های غیر پوشیده در فریم درونیابی شده ۲۳
- شکل ۴-۳ انتخاب بردار حرکت ۲۴
- شکل ۵-۳ تخمین حرکت دو طرفه ۲۴
- شکل ۶-۳ بلوک های مجاور بلوک B برای فیلتر میانه وزن دار ۲۶
- شکل ۷-۳ تابع بازسازی برای کوانتایزر اسکالر یکنواخت چهار سطحی ۳۱
- شکل ۸-۳ ساختار ویدئو کدینگ در حوزه تبدیل ۳۳
- شکل ۹-۳ موقعیت مکانی ضرایب DCT در یک بلوک ۴×۴ ۳۳
- شکل ۱۰-۳ کوانتایزر اسکالر یکنواخت برای ضرایب DC ۳۵
- شکل ۱۱-۳ توزیع ضرایب پایین ترین باند AC برای یک دنباله ویدئویی نمونه ۳۵
- شکل ۱۲-۳ کوانتایزر اسکالر یکنواخت بدون بازه کوانتیزیشن متقارن حول مقدار صفر ۳۶
- شکل ۱۳-۳ کوانتایزر اسکالر یکنواخت با یک بازه کوانتیزیشن حول مقدار صفر ۳۶

- شکل ۳-۱۴ هشت ماتریس کوانتیزیشن برای عملکرد نرخ-اعوجاج‌های مختلف..... ۳۹
- شکل ۳-۱۵ رویه بازسازی هر ضریب باند b_k ۴۱
- شکل ۴-۱ نمایشی از بیت‌پلن‌های ضرایب DCT یک بلوک 8×8 ۴۴
- شکل ۴-۲ عملکرد اطلاعات اضافی در ساختار برکلی ۴۷
- شکل ۴-۳ ایده حرکت خطی ۵۲
- شکل ۴-۴ ساختار ترکیبی استنفورد-برکلی ۵۵
- شکل ۴-۵ عملیات انجام شده در دیکدر و اینکدر برای تخمین فریم وینر-زیو ۵۶
- شکل ۴-۶ مثالی از عدم تطبیق میان بردارهای حرکت کاندید و بردار حرکت سراسری غالب .. ۵۹
- شکل ۵-۱ بازسازی فریم وینر-زیو Soccer در طرح‌های مختلف ۶۸
- شکل ۵-۲ بازسازی فریم وینر-زیو Mother در طرح‌های مختلف ۶۹
- شکل ۵-۳ مقایسه نرخ-اعوجاج برای چند ساختار کدینگ مختلف ۷۰
- شکل ۵-۴ عملکرد ماژول کلاس‌بندی ۷۳

فصل اول

مقدمه

ساختارهای ویدئو کدینگ دیجیتال مرسوم، براساس دو اصل تبدیل کسینوسی گسسته^۳ (DCT) و پیش‌بینی میان فریم‌ها شکل گرفته است [۱-۲]. در این نوع کدینگ، دو عمل DCT و جبران حرکت، به منظور حذف اطلاعات اضافی مکانی و زمانی، بر روی یک دنباله ویدئویی انجام می‌شود. به دلیل استخراج این همبستگی‌ها، به طور معمول پیچیدگی ساختار اینکدر ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از ساختار دیکدر می‌باشد [۱] و عملاً این پیچیدگی مربوط به عمل تخمین حرکت می‌باشد. این نوع ساختار برای کاربردهایی که یک دنباله ویدئویی تنها یک بار کد و سپس می‌تواند به دفعات بار دیکد شود، بسیار مناسب می‌باشد (مانند پخش تلویزیونی^۴، که هزینه دیکدر از هزینه‌ی اینکدر بسیار حیاتی‌تر می‌باشد).

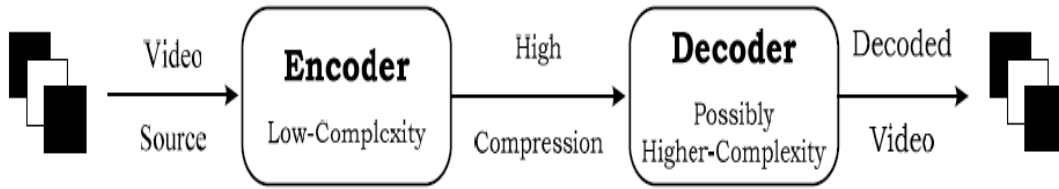
در سال‌های اخیر، ظهور کاربردهایی مانند شبکه‌های حسگر مولتی مدیا [۳]، شبکه‌های نظارت ویدئویی بیسیم با توان مصرفی پایین [۴] و دوربین‌های مخابراتی سیار (موبایل)، ساختار ویدئو کدینگ مرسوم را با چالش مواجه کرده است. این نوع کاربردها، نیازهای کدینگ متفاوتی نسبت به سیستم‌های ارسال ویدئویی مرسوم دارند. برای بعضی کاربردها، مصرف پایین انرژی در هر دو ساختار اینکدر و دیکدر امری ضروری می‌باشد (مانند موبایل) و در برخی دیگر به خصوص هنگامی که تعداد اینکدرها زیاد ولی تنها یک دیکدر وجود دارد، قیمت پایین اینکدرها عامل تعیین کننده‌ای می‌باشد (مانند دوربین‌های نظارتی).

به منظور تأمین این نوع الزامات، به اینکدرهایی با پیچیدگی محاسباتی کم و توان مصرفی پایین نیازمندیم، درحالی که پیچیدگی ساختار دیکدر را می‌توان افزایش داد. شکل (۱-۱) چنین سناریویی را نشان می‌دهد. هدف این سناریو، انتقال پیچیدگی از ساختار اینکدر به دیکدر می‌باشد، ضمن اینکه کارایی کدینگ به استانداردهای ویدئو کدینگ مرسوم (ITU-T H.264/MPEG-4 AVC) نزدیک باشد. حال این سوال پیش می‌آید که چگونه می‌توان پیچیدگی ساختار اینکدر را کاهش داد درحالی که کارایی کدینگ کاهش نیابد؟

دو قضیه قدیمی از تئوری اطلاعات، پیشنهاد می‌کنند که این مسئله را می‌توان به کمک استخراج تمام

^۳ Discrete Cosine Transform

^۴ Broadcasting



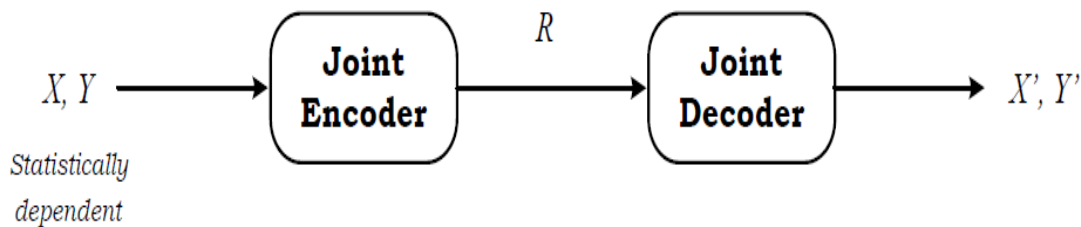
شکل (۱-۱) پیکربندی کدینگ ایده آل برای کاربردهای ویدئویی جدید

یا بخشی از خواص آماری منابع در دیکدر، حل کرد. به کمک این قضایا، الگوریتم‌های کدینگ جدیدی در حوزه ویدئو طراحی شده است که به ویدئو کدینگ توزیع شده مشهور می‌باشد.

۱-۱ کدینگ منابع توزیع شده^۵

در کدینگ منابع، برای ارسال دو یا چند منبع وابسته، عمل انکدینگ و دیکدینگ در فرستنده و گیرنده به صورت توأمان انجام می‌شود تا با استخراج همبستگی آماری میان منابع بتوان به مینیمم نرخ کدینگ دست یافت. برای مثال هنگامی که دو منبع وابسته آماری X و Y به طور مستقل کد و دیکد می‌شوند، نرخ ارسال متناظر با هر منبع به ترتیب $R_x \geq H(X)$ و $R_y \geq H(Y)$ می‌باشد، با فرض اینکه $H(X)$ و $H(Y)$ ، به ترتیب آنروپی X و Y را بیان می‌کند.

حال از تئوری اطلاعات می‌توان نتیجه گرفت که مینیمم نرخ کدینگ برای بازسازی بدون خطای این دو منبع همبسته برابر با آنروپی توأم $R = H(X, Y)$ می‌باشد. در نتیجه هنگامی که دو منبع به صورت توأمان کد و دیکد می‌شوند، می‌توان به نرخ کدینگ $R \geq H(X, Y)$ دست یافت. شکل (۲-۱) این الگوی کدینگ را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۱) الگوی کدینگ متداول

^۵ Distributed Source Coding

کدینگ منابع توزیع شده [۵،۴ و ۴۲]، یک الگوی فشرده‌سازی جدید می‌باشد که در آن دو یا چند منبع وابسته، توسط اینکدرهای مجزاً به طور مستقل کد می‌شوند. هر اینکدر داده‌ی تولیدی خود را به سمت یک دیگر مجزاً می‌فرستد و در گیرنده این داده‌ها توأمان دیکد می‌شوند تا همبستگی آماری میان آن‌ها استخراج شود. تئوری‌های اسلپین-ولف [۶] و وینر-زیو [۷] بیان می‌کنند که در این حالت نیز می‌توان به همان نرخ کدینگ $R \geq H(X, Y)$ دست یافت. در ادامه این دو تئوری به طور مختصر شرح داده می‌شوند.

۱-۱-۱ تئوری اسلپین-ولف

همان طور که گفته شد، می‌توان با کد و دیکد کردن مستقل دو منبع X و Y با نرخ‌های R_x و R_y ، آن‌ها را بدون خطا در گیرنده بازسازی کرد. حال وضعیت را در نظر بگیرید که دو منبع X و Y به صورت مجزاً کد ولی در گیرنده به طور توأمان دیکد می‌شوند. در شکل (۱-۳) این الگو نشان داده شده است. در حالت عادی مجموع نرخ ارسالی برابر با $R \geq H(X) + H(Y) > H(X, Y)$ می‌باشد. در اینجا این سوال پیش می‌آید که آیا می‌توان با استخراج همبستگی میان منابع، به نرخ ارسالی کمتر از مجموع آنتروپی‌های فردی منابع دست یافت، در حالیکه خطای بازسازی به اندازه دلخواه کوچک باشد.

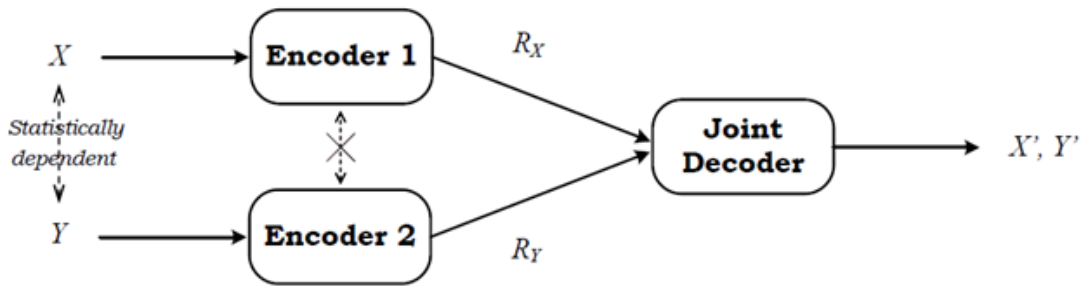
در دهه ۱۹۷۰، اسلپین-ولف این مسئله را مورد مطالعه قرار دادند و اولین قضیه در ارتباط با منابع کدینگ توزیع شده را بیان کردند [۶]. حال دوباره شکل (۱-۳) را در نظر بگیرید که X و Y دو منبع تصادفی گسسته همبسته با توزیع یکسان و مستقل^۶ (i.i.d) می‌باشند. طبق این قضیه، مجموع نرخ ارسالی برای بازسازی X و Y (با خطای به اندازه دلخواه کوچک)، هنگامی که به صورت مجزاً کد ولی توأمان دیکد می‌شوند از روابط زیر بدست می‌آید :

$$R_x = H(X|Y) \quad (1-1)$$

$$R_y = H(Y|X) \quad (2-1)$$

$$R_x + R_y \geq H(X, Y) \quad (3-1)$$

^۶ Independently and Identically Distributed

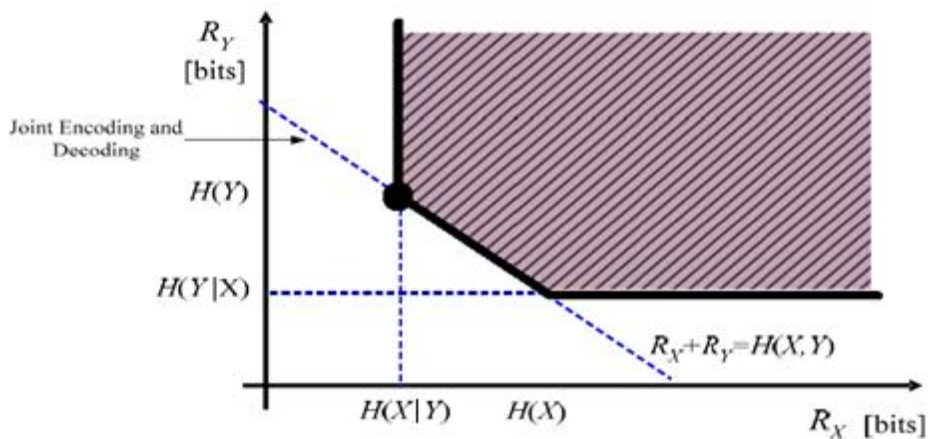


شکل (۳-۱) کدینگ توزیع شده دو منبع همبسته

که $H(X|Y)$ آنتروپی شرطی X و $H(Y|X)$ آنتروپی شرطی Y می باشد. رابطه (۳-۱) نشان می دهد حتی هنگامی که منابع همبسته به صورت مستقل کد می شوند، باز مجموع نرخ ارسالی، $R = R_X + R_Y$ می تواند به آنتروپی $H(X, Y)$ نزدیک شود.

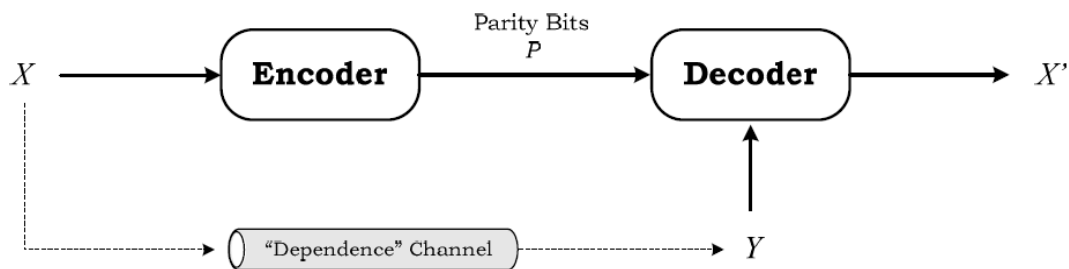
شکل (۴-۱) ناحیه نرخ ارسالی قابل وصول برای دو منبع X و Y را با توجه به تئوری اسلپین-ولف نشان می دهد. در این شکل، خطوط پر رنگ عمودی، افقی و قطری (به ترتیب متناظر با روابط (۱-۱)، (۲-۱) و (۳-۱)) نشان دهنده کران پایینی برای $R_X + R_Y$ می باشند. در واقع قضیه اسلپین-ولف مربوط به کدینگ بدون اتلاف می باشد، زیرا که خطای بازسازی منابع در دیکدر می تواند به اندازه دلخواه کوچک باشد.

یکی از ویژگی های جالب کدینگ اسلپین-ولف، ارتباط این نوع کدینگ با کدهای کانال می باشد [۱۳-۱۶].



شکل (۴-۱) ناحیه نرخ ارسالی قابل وصول در تئوری اسلپین-ولف

شکل (۵-۱) را در نظر بگیرید. از آنجایی که X و Y دو دنباله باینری همبسته می‌باشند، یک کانال وابسته^۷ مجازی می‌توان بین دنباله X (ورودی کانال) و دنباله Y (خروجی کانال) در نظر گرفت. دنباله Y یک نسخه نویزی مانند از دنباله X می‌باشد که نویز معرفی شده توسط کانال، به همبستگی میان دنباله‌ها بستگی دارد. ایده‌ی کانال وابسته، انگیزه لازم برای استفاده از کدهای کانال را فراهم می‌آورد. بنابراین می‌توان خطای بین X و Y را با یک کد کانال تصحیح کرد. در این سناریو بیت‌های پرتی به منظور بازسازی کامل دنباله Y ، برای دیکدر ارسال می‌شوند.



شکل (۵-۱) ارتباط میان کدینگ اسلپین-ولف با کدهای کانال .

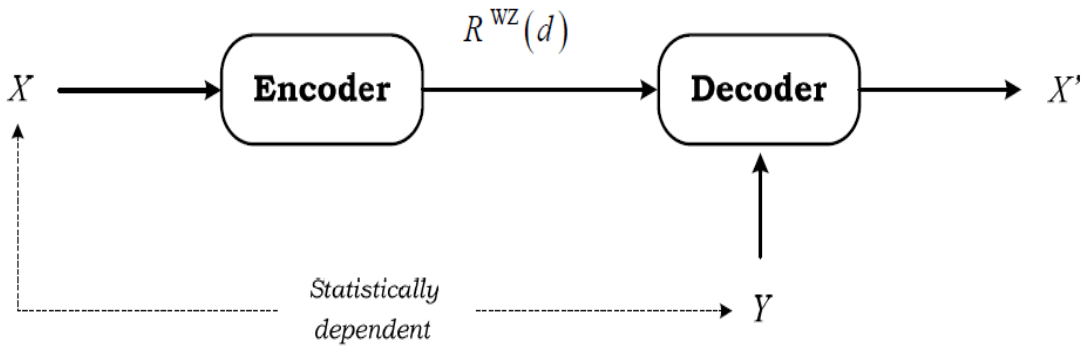
۲-۱-۱ تئوری وینر-زیو

در سال ۱۹۷۶، وینر-زیو حالت خاصی از کدینگ اسلپین-ولف را مورد مطالعه قرار دادند که متناظر با نرخ $(H(X|Y), H(Y))$ می‌باشد که در شکل (۴-۱) با نقطه پررنگ نشان داده شده است. در این حالت، منبع X ، با توجه به دسترسی دیکدر به دنباله Y (اطلاعات جانبی^۸)، کد می‌شود. اساساً تئوری وینر-زیو [۷] کدینگ با ائتلاف منابع را مورد بررسی قرار می‌دهد. شکل (۶-۱) این سناریو را نشان می‌دهد.

ایده کدینگ وینر-زیو برای دنباله‌های ویدئویی بسیار مناسب می‌باشد. در این حالت بعضی از فریم‌های یک دنباله ویدئویی به صورت وینر-زیو کد می‌شوند (متناظر با دنباله X در شکل (۶-۱))، در حالیکه بقیه فریم‌ها، با استانداردهای ویدئو کدینگ متداول (مانند استاندارد MPEG-x یا H.26x) و در مد درون فریمی کد می‌شوند (متناظر با دنباله Y).

^۷ Dependence Channel

^۸ Side Information



شکل (۶-۱) فشرده‌سازی با تلافی همراه با اطلاعات جانبی در دیکدر

دیکدر به کمک فریم‌هایی که با استانداردهای جاری کد شده‌اند، تخمینی از فریم‌های وینر-زیو را با روش‌های درون‌یابی یا برون‌یابی بدست می‌آورد. سپس از این اطلاعات جانبی، در فرآیند دیکدینگ فریم‌های وینر-زیو، استفاده می‌شود. در فصل‌های بعدی، توجه خاصی به کدینگ وینر-زیو خواهیم داشت.

حال دوباره شکل (۶-۱) را در نظر بگیرید. فرض کنید که X و Y دو دنباله تصادفی با توزیع i.i.d می‌باشند. X دنباله‌ای که باید کد شود (اطلاعات اصلی) و Y دنباله‌ای است که دیکدر به آن دسترسی دارد (اطلاعات جانبی). در این حالت استخراج همبستگی میان X و Y در اینکدر صورت نمی‌پذیرد. وینر-زیو اثبات کردند که مینیمم نرخ لازم برای کد کردن X (با فرض متوسط اعوجاج بازسازی کمتر از d)، برابر با $R^{WZ}(d)$ می‌باشد. نتایج بدست آمده توسط وینر-زیو نشان می‌دهد هنگامی که این وابستگی آماری تنها در دیکدر استخراج می‌شود (نسبت به حالتی که این همبستگی در هر دو ساختار اینکدر و دیکدر بدست می‌آید)، نرخ ارسالی افزایش می‌یابد (در یک متوسط اعوجاج ثابت d). از این رو، می‌توان تئوری وینر-زیو را با رابطه زیر توصیف کرد:

$$R^{WZ}(d) \geq R_{x|y}(d) \quad d \geq 0 \quad (۴-۱)$$

که $R^{WZ}(d)$ مینیمم نرخ کدینگ (برای X) و $R_{x|y}(d)$ مینیمم نرخ لازم برای کد کردن X (هنگامی که Y همزمان در اینکدر و دیکدر قابل دسترس است) می‌باشد.

هم‌چنین وینر-زیو اثبات کردند هنگامی که X و Y دنباله‌های توأمان گوسی و معیار اندازه‌گیری

اعوجاج، میانگین مربعات خطا^۹ (MSE) می‌باشد، افزایشی در نرخ بیت (در تمام $d > 0$) وجود ندارد. بنابراین حالت تساوی در رابطه (۴-۱) زمانی اتفاق می‌افتد که X و Y توأمان گوسی باشند. این بدین معنی است که از لحاظ تئوری هیچ تفاوتی در نرخ ارسالی، میان سناریوی توصیف شده در شکل (۶-۱)، با حالتی که استخراج همبستگی میان X و Y در هر دو ساختار اینکدر و دیکدر انجام می‌گیرد، وجود ندارد.

در نتیجه، تئوری‌های اسلپین-ولف و وینر-زیو پیشنهاد می‌کنند که با فشرده‌سازی دو سیگنال وابسته آماری در یک روش توزیع شده (انکدینگ مستقل، دیکدینگ توأمان)، می‌توان به نرخی مشابه با حالتی که سیگنال‌ها به صورت توأمان کد و دیکد می‌شوند (مانند طرح‌های ویدئو کدینگ مرسوم)، دست یافت. البته برای تئوری وینر-زیو، این نتیجه هنگامی صادق است که X و Y توأمان گوسی و معیار اندازه‌گیری اعوجاج، MSE باشد. برای مثال، این دو سیگنال را می‌توان فریم‌های زوج و فرد یک دنباله‌ی ویدئویی در نظر گرفت.

۲-۱ کاربردها

به دلیل کاهش پیچیدگی ساختار اینکدر در ساختار ویدئو کدینگ توزیع شده، این نوع کدینگ برای کاربردهایی که پیچیدگی و توان مصرفی اینکدر عوامل تعیین کننده‌ای هستند، بسیار مناسب می‌باشد [۴۴،۸]. هم‌چنین در این الگو به دلیل اینکه استخراج همبستگی میان فریم‌ها تنها در ساختار دیکدر انجام می‌شود، حلقه پیش‌بینی در اینکدر وجود ندارد و در نتیجه می‌توان پخش خطای میان فریم‌ها را کاهش داد.

بعضی از کاربردهای مورد نظر عبارت اند از :

شبکه‌های نظارت ویدئویی بیسیم با توان پایین

در این شبکه‌ها چندین دوربین در زوایای مختلف، یک صحنه را ثبت می‌کنند. تصاویر در دوربین‌های مجاور، هم‌پوشانی زیادی دارند و در نتیجه این دنباله‌های ویدئویی نسبت به هم، همبسته می‌باشند. معمولاً در این شبکه‌ها، تعداد اینکدرها به مراتب بیش از تعداد دیکدرها می‌باشد

^۹ Mean Square Error

(معمولاً یک دیکدر)، در نتیجه می توان برای کاهش هزینه سیستم، از اینکدرهایی با پیچیدگی پایین استفاده کرد (اگر تنها یک یا تعداد کمی دیکدر با ساختار پیچیده مورد نیاز باشد).

ویدئو موبایل بیسیم^{۱۰}

از کاربردهای دیگر، می توان به ارسال و دریافت ویدئو بوسیله تلفن های همراه، روی کانال های بیسیم اشاره کرد. نیاز اصلی در این کاربرد، پایین بودن پیچیدگی ساختار اینکدر و دیکدر می باشد، زیرا توان مصرفی و عمر باتری ارتباط نزدیکی با پیچیدگی ساختار دارد. برای بهره مندی از مزایای کدینگ وینر-زیو، به یک دیکدر مجازی با ساختار پیچیده نیازمندیم. در اینجا، این دیکدر در یک ایستگاه مرکزی قرار گرفته است. مسئولیت این دیکدر، دریافت جریان بیتی^{۱۱} کد شده توسط فرستنده (جریان بیتی وینر-زیو) و تبدیل آن به جریان بیتی MPEG-X یا H.26X، برای ارسال به گیرنده می باشد.

اکتساب تصاویر چند دیدی^{۱۲}

برای ایجاد جلوه های ویژه یا سه بعدی کردن تصاویر، بوسیله آرایه ای از دوربین ها که در موقعیت مکانی ثابتی قرار گرفته اند، از یک صحنه یا شیء فیلم برداری می شود. در اینجا نیز، دوربین های مجاور تصاویری را اخذ می کنند که هم پوشانی زیادی نسبت به هم دارند. از طریق کدینگ وینر-زیو، هر دوربین به طور مستقل یک صحنه را کد کرده، در حالی که در یک ایستگاه مرکزی، عمل دیکدینگ به صورت توأمان انجام می شود. بدین وسیله با کاهش پیچیدگی اینکدر، می توان قیمت دوربین و در نهایت هزینه کل سیستم را کاهش داد.

شبکه های حسگر مولتی مدیا

شبکه های حسگر، حوزه جدیدی را در زمینه تحقیقات بوجود آورده است. در این راستا، به منظور انجام یک وظیفه خاص، هزاران سنسور در یک محیط معین نصب می شوند. اگر سنسورها قابلیت

^{۱۰} Wireless Mobile Video

^{۱۱} Bitstream

^{۱۲} Multi-View Acquisition