دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی مخابرات

پایان‌نامه

برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ مهندسی برق ـ مخابرات (سیستم)

عنوان

پنهان‌سازی خطا در انتقال سیگنال‌های ویدیویی با استفاده از تکنیک MDC

استاد راهنما

دکتر علی آقاگل‌زاده

استادان مشاور

دکتر محمد علی طینتی

مهندس مهدی نوشیار

پژوهشگر

میلاد پورمحمدی لنگرودی

شهریور ماه ۸۸

بسمه تعالی

دانشگاه تبریز

دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی مخابرات

عنوان

پنهان‌سازی خطا در انتقال سیگنال‌های ویدیویی با استفاده از تکنیک MDC

استاد راهنما

دکتر علی آقاگل‌زاده

استادان مشاور

دکتر محمد علی طینتی

مهندس مهدی نوشیار

پژوهشگر

میلاد پورمحمدی لنگرودی

این پروژه تحت قرارداد پژوهشی شماره ۱۰۷۸۷/۵۰۰/ت مورخ ۸۶/۷/۲۳ از پشتیبانی معنوی و مادی

مرکز تحقیقات مخابرات ایران بهره‌مند شده است.

تقدیر و تشکر

در اینجا لازم می‌دانم از کلیه کسانی که هریک به نحوی مرا در انجام این پایان‌نامه یاری رسانده‌اند، تشکر و قدردانی کنم.

از پدر و مادر عزیزم که همواره در طول زندگی مشوق و راهنمای من بوده‌اند و از محبت‌های بی‌دریغ ایشان کمال سپاس و تشکر را دارم.

از استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر علی آقاگل‌زاده که علاوه بر زحمات زیادی که در دوران تحصیل برای اینجانب کشیده‌اند معلم اخلاق و انسانیت نیز برای من بوده‌اند، کمال تشکر را دارم.

از اساتید مشاور گرامی آقایان دکتر محمد علی طینتی و مهندس مهدی نوشیار و از استاد گرامی جناب آقای دکتر سید جواد موسوی‌نیا که زحمت داوری این پایان‌نامه را برعهده داشته‌اند سپاس‌گزارم.

از دوستان عزیزی که در انجام این پایان‌نامه مرا یاری داده‌اند، آقایان احسان نامجو، سعید مشکینی، امیر کریم‌پور و مرتضی فرهید بسیار سپاس‌گزار و ممنون می‌باشم.

از دیگر دوستانی که در این سال‌ها با محبت‌ها و مساعدت‌های خود مرا شرمنده خود ساخته‌اند، آقایان هادی عمرانی، مهدی کرد، اسماعیل حامدی، دکتر علی عابدینی، مرتضی رزاقی، سید هدایت‌الله موسوی، جمشید حبیبی، امیر آقارضایی، علی رحمتی، اسماعیل خان‌چوپان، حسام یونسی، علی فرزام‌نیا، داوود بشیری، محمد اکبری‌حقیقت، احد زلفی‌پور و مرتضی جلالی، کمال تشکر را دارم.

نام خانوادگی: پورمحمدی لنگرودی **نام:** میلاد

عنوان پایان‌نامه: پنهان‌سازی خطا در انتقال سیگنال‌های ویدیویی با استفاده از تکنیک MDC

استاد راهنما: دکتر علی آقاگل‌زاده

استادان مشاور: دکتر محمد علی طینتی و مهندس مهدی نوشیار

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی مخابرات **گرایش:** سیستم

دانشگاه: دانشگاه تبریز **دانشکده:** مهندسی برق و کامپیوتر

تاریخ فارغ‌التحصیلی: شهریور ۸۸ **تعداد صفحه:** ۱۰۸

کلیدواژه‌ها: پنهان‌سازی خطا (EC)، کدینگ چند توصیفی (MDC)، معیار کیفیت اندیس SSIM ، استاندارد کدینگ ویدیویی H.264 ، درون‌یابی جهت‌دار

چکیده:

در این پایان‌نامه از یک روش کدینگ چند نسخه‌ای (MDC) برای کد کردن ویدیو در قالب استاندارد ویدیویی H.264 بهره گرفته شده و روشی برای پنهان‌سازی خطا در دکدکننده در صورت از دست رفتن یک توصیف ارائه می‌گردد. روش‌های کدینگ MDC عموماً برای کانال‌های On-Off مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این روش کدینگ، محتوی مورد نظر را به چند توصیف یا نسخه با ارزش یکسان تبدیل کرده، به طوری که بین نسخه‌های مختلف مقداری همبستگی اطلاعاتی وجود داشته باشد. در این صورت با از دست رفتن کامل یک نسخه، محتوی آن را می‌توان از روی نسخه‌های دیگر تخمین زد و به نتیجه قابل قبولی دست یافت. در این پایان‌نامه یک رشته ویدیویی با زیرنمونه‌برداری از سطرهای آن به دو نسخه تبدیل می‌گردد. از آنجایی که نقاط نزدیک به هم در تصاویر دارای همبستگی اطلاعاتی زیادی هستند، می‌توان از سطرهای یک نسخه، سطرهای مابین آنها را که در نسخه دیگر قرار دارند تخمین زد. میزان این همبستگی نیز با استفاده از تکنیک دنباله صفر کنترل می‌شود. در سوی گیرنده از سه دکدکننده استفاده می‌شود: یک دکدکننده مرکزی و دو دکدکننده جانبی. دکدکننده مرکزی: در صورت دریافت سالم هر دو توصیف آن دو را با هم ترکیب کرده و بالاترین کیفیت را ممکن می‌سازد. در این پایان‌نامه دکدکننده‌های جانبی معرفی می‌شوند که با بهبود روش‌های ساده پنهان‌سازی خطا و میانگین‌گیری از پیکسل‌های مجاور، و همچنین با استفاده از راستای گرادیان و لبه‌ها در توصیف دریافت شده سالم، راستاهایی را برای تخمین اندازه پیکسل‌ها در توصیف مخدوش شده تعیین کرده و با درون‌یابی و یا برون‌یابی در این راستاها، مقادیر این پیکسل‌ها را تخمین می‌زنند. نتایج به دست آمده نسبت به روش میانگین‌گیری ساده نشانگر بهبود در معیارهای کیفیت عددی و بهبود کیفیت دیداری خروجی به دست آمده هستند.

فهرست مطالب

مقدمه **۱**

فصل اول **٤**

۱-۱. مقدمه ۵

۱-۲. پنهان‌سازی زمانی (*TEC*) ٦

۱-۲-۱. روش‌های پنهان‌سازی زمانی ماکروبلاک‌های مخدوش ٦

۱-۲-۲. روش‌های پنهان‌سازی فریم ۱۹

۱-۳. روش‌های پنهان‌سازی مکانی (*SEC*) ۲۵

۱-٤. روش‌های ترکیبی زمانی ـ مکانی و انتخاب مُد پنهان‌سازی ۳۰

۱-۵. نتیجه‌گیری ٤۳

فصل دوم **٤٦**

۲-۱. مقدمه ٤۷

۲-۲. مقدمه‌ای بر کدینگ ویدیو ٤۸

۲-۳. مقدمه‌ای بر استاندارد فشرده‌سازی ویدیویی *H.264* ۵۰

۲-٤. کدینگ ویدیوی مقاوم در برابر خطا ۵۳

۲-٤-۱. فرمول‌بندی مسئله پنهان‌سازی خطا و طبقه‌بندی راهکارها ۵۵

۲-٤-۲. آشکارسازی خطا ۵۷

۲-٤-۳. کدینگ لایه‌ای همراه با اولویت‌بندی انتقال ۵۹

۲-٤-٤. کدینگ چند نسخه‌ای (*MDC*) ٦٢

۲-٤-٤-الف. کوآنتیزاسیون اسکالر چند توصیفی *(MDSQ)* ٦٤

۲-٤-٤-ب. *MDC* با استفاده از تبدیل‌های خطی القاکننده همبستگی (*PCT*) ٦٤

۲-٥. معیارهای اندازه‌گیری کیفیت تصویر و ویدیو ٦٥

۲-٥-١. معیارهایی بر پایه پیکسل ٦٥

۲-٥-١-الف. معیارهای ساده ٦٥

۲-٥-١-ب. معیارهایی بر پایه حساسیت به خطا ٦٧

۲-٥-۲. معیارهایی بر پایه شباهت ساختاری و اطلاعات تصویر ٦٩

۲-٥-۲-الف. معیار شباهت ساختاری ٦٩

۲-٥-۲-ب. اندیس شباهت ساختاری (*SSIM*) ٧١

۲-٥-۲-پ. ارزیابی کیفیت تصاویر بر اساس اندیس *SSIM* ٧٥

۲-٦. نتیجه‌گیری ٧٧

فصل سوم ٧٩

۳-١. مقدمه ٨٠

۳-۲. شبیه‌سازی روش پنهان‌سازی مکانی مقاله [۲۰] ٨٠

۳-۳. مراحل الگوریتم پنهان‌سازی مکانی مقاله [۱۸] و الگوریتم پیشنهادی در این پایان‌نامه ٩٠

۳-٤. نتیجه‌گیری ١٠٠

۳-٥. پیشنهادهایی برای کارهای آینده ١٠٤

مراجع ١٠٦

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱. پنهان‌سازی زمانی در *H.264* ٦
شکل ۱-۲. قسمت‌بندی ماکروبلاک‌ها برای جبران‌سازی حرکت. ۷
شکل ۱-۳. بلوک‌های ٤×٤ در ماکروبلاک مخدوش و ماکروبلاک‌های مجاور آن ۷
شکل ۱-٤. نمایش ۷ بردار کاندید به دست آمده از محاسبه *SAD* ها ۹
شکل ۱-۵. تخمین بردارهای حرکت گوشه‌ها..... ۱۰
شکل ۱-٦. صفحه تشکیل شده از بردارهای حرکت مجاور ۱۰
شکل ۱-۷. درون‌یابی بردارهای حرکت برای هر پیکسل..... ۱۱
شکل ۱-۸ . دو مثال برای تخصیص ماکروبلاک‌ها به *Slice* ها در *H.264*..... ۱۲
شکل ۱-۹. موقعیت ماکروبلاک‌های مخدوش و ماکروبلاک‌های همسایه آنها..... ۱۲
شکل ۱-۱۰. بردارهای حرکت در ماکروبلاک مخدوش و ماکروبلاک‌های همسایه آن..... ۱۲
شکل ۱-۱۱. بلوک‌های ٤×٤ در ماکروبلاک مخدوش و ماکروبلاک‌های مجاور آن..... ۱۸
شکل ۱-۱۲. پنهان‌سازی مکانی در *H.264* ۲۵
شکل ۱-۱۳. بازسازی مصنوعی تصویر توسط ٤ و ۸ ناحیه سلطه..... ۲٦
شکل ۱-۱٤. مقایسه ناپیوستگی‌های ایجاد شده توسط بخش‌بندی ثابت و بخش‌بندی متغیر ۲۷
شکل ۱-۱۵. بلوک دیاگرام الگوریتم *1D-MDC* ۲۹
شکل ۱-۱٦. پنهان‌سازی زمانی بهبود یافته..... ۳۱
شکل ۱-۱۷. پنهان‌سازی مکانی بهبود یافته ۳۲

شکل ۱-۱۸. دو روش درون‌یابی اسفاده شده برای پنهان‌سازی مکانی ۳۳

شکل ۱-۱۹. معیارهای انطباق بلوک بررسی شده برای به کار بردن در *SEC*..... ۳۶

شکل ۱-۲۰. نقشه ماکروبلاک‌ها برای گروه *Slice* نوع *Dispersed*. ۴۱

شکل ۱-۲۱. ساختار شماتیکی *SG MDC*..... ۴۱

شکل ۲-۱. بلوک دیاگرام کلی یک سیستم مخابرات ویدیویی ۴۸

شکل ۲-۲. بلوک دیاگرام یک کدکننده نوعی ویدیو..... ۴۹

شکل ۲-۳. نمایش رابطه بین کیفیت ویدیوی بازسازی شده در دکدکننده و میزان افزونگی..... ۵۵

شکل ۲-۴. بلوک دیاگرام یک فرستنده بهره گیرنده از کدینگ لایه‌ای..... ۵۹

شکل ۲-۵. سیستم کدینگ چند نسخه‌ای..... ۶۳

شکل ۲-۶. مقایسه تصاویر *Einstein* ۸ بیت بر پیکسل با انواع مختلف اعوجاج..... ۶۸

شکل ۲-۷. دیاگرام سیستم *SSIM*..... ۷۱

شکل ۲-۸ . تصویر کردن روی صفحه $\sum x_i = 0$ ۷۲

شکل ۲-۹. نقشه اندیس *SSIM* از تصویر انیشتین آلوده به نویز ایمپالسی..... ۷۶

شکل ۳-۱. کوآنتیزه کردن راستای لبه‌ها به ۸ راستا..... ۸۳

شکل ۳-۲. محاسبه گستره راستاهای عبورکننده از ماکروبلاک مخدوش از هر پیکسل مجاور آن ۸۳

شکل ۳-۳. تعیین محل دو پیکسل مرجع در مرز خارجی ماکروبلاک مخدوش..... ۸۵

شکل ۳-۴. پنهان‌سازی فریم ۴۹ از رشته ویدیویی استاندارد *Foreman CIF*..... ۸۸

شکل ۳-۵. پنهان‌سازی فریم ۴۹ از رشته ویدیویی استاندارد *Bus CIF* ۸۹

شکل ۳-۶. مقایسه کارایی سه روش *BI* ، *DI* و پیشنهادی در فریم‌های مختلف *Foreman CIF*.... ۹۰

شکل ۳-۷. کدک *MDC* با استفاده از تکنیک دنباله صفر..... ۹۱

شکل ۳–۸ . نحوه عملکرد الگوریتم پیشنهادی..... ۹۳

شکل ۳–۹. منحنی‌های *R-D* یک توصیفی با استفاده از معیار اعوجاج ۹۶

شکل ۳–۱۰. منحنی‌های *R-D* دکدکننده مرکزی ۹۷

شکل ۳–۱۱. منحنی‌های *R-D* دکدکننده جانبی مقاله [۱۸]. ۹۸

شکل ۳–۱۲. منحنی‌های *R-D* خروجی دکدکننده جانبی روش پیشنهادی..... ۹۸

شکل ۳–۱۳. مقایسه خروجی دکدکننده جانبی برای دو روش مقاله [۱۸] و الگوریتم پیشنهادی بدون دنباله صفر..... ۹۹

شکل ۳–۱٤. مقایسه خروجی دکدکننده جانبی برای دو روش مقاله [۱۸] و الگوریتم پیشنهادی با تعداد ۲۸۸ سطر صفر اضافه شده. ۹۹

شکل ۳–۱۵. خروجی دکدکننده‌های مقاله [۱۸] و روش پیشنهادی برای فریم شماره یک رشته *CIF Foreman* با *QP=28* و بدون دنباله صفر ۱۰۰

فهرست کلمه‌های اختصاری

1D-MDC	1 Dimentional MDC
2D-MDC	2 Dimentional MDC
AVC	Advanced Video Coding
ARQ	Automatic Repeat-reQuest
BMT	Backward Motion Tracking
BI	Bidirectional Interpolation
BMVR	Bidirectional Motion Vector Refinement
BLR	Block Loss Rate
BMA	Boundary Matching Algorithm
BME	Boundary Matching Error
CIF	Common Intermediate Format
CABAC	Context Adaptive Binary Arithmetic Coding
CAVLC	Context Adaptive Variable Length Coding
DC	Directional Comparision
DI	Directional Interpolation
DCT	Discrete Cosine Transform
DWT	Discrete Wavelet Transform
EC	Error Concealment
ECC	Error Control Coding
EBME	External Boundary Matching Error
FMO	Flexible Macroblock Ordering
FEC	Forward Error Concealment
FEC	Forward Error Correction
FMV	Forward Motion Vector
FC	Frame Copy
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
IDCT	Inverse Discrete Cosine Transform
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector
JM	Joint Model
JPEG	Joint Photographic Experts Group
JSCC	Joint Source Channel Coding

KLT	Karhunen-Loeve Transform
LC	Layered Coding
MB	MacroBlock
MSE	Mean Squared Error
MCP	Motion Compensated Prediction
ME	Motion Estimation
MV	Motion Vector
MVC	Motion Vector Copy
MPEG	Moving Picture Experts Group
MD	Multiple Description
MDC	Multiple Description Coding
MDSQ	Multiple Description Scalar Quantizers
NAL	Network Abstraction Layer
OF	Optical Flow
OBMC	Overlapped Block Motion Compensation
PER	Packet Error Rate
PCT	Pairwise Correlating Transform
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio
PBMA	Predicted Boundary Matching Algorithm
QP	Quantization Parameter
QCIF	Quarter CIF
ROI	Region Of Interest
SMA	Side Matching Algorithm
SNR	Signal to Noise Ratio
SD	Single Description
SDC	Single Description Coding
SSIM	Structural SIMilarity index
SAD	Sum of Absolute Differences
TEC	Temporal Error Concealment
TR	Temporal Replacement
UEP	Unequal Error Protection
VLC	Variable Length Code
WEBME	Wide External Boundary Matching Error
ZMMed8	Zero Motion Medium8

واژه‌نامه

ردیابی حرکت رو به عقب	Backward Motion Tracking
لایه پایه	Base Layer
درون‌یابی دو جهته	Bidirectional Interpolation
تصحیح بردار حرکت دو جهت	Bidirectional Motion Vector Refinement
دوخطی	Bilinear
رشته‌بیت	Bitstream
از دست رفتن بلوک	Block Loss
انطباق بلوک	Block Matching
الگوریتم انطباق مرز	Boundary Matching Algorithm
خطای انطباق مرز	Boundary Matching Error
الگوی بلوک‌های کدشده	Coded Block Pattern
کلمه کد	Codeword
کدینگ حسابی دودویی تطبیق‌یابنده با زمینه	Context Adaptive Binary Arithmetic Coding
کدینگ با طول متغیر تطبیق‌یابنده با زمینه	Context Adaptive Variable Length Coding
تبدیل‌های خطی القاکننده همبستگی	Correlation-Inducing Linear Transforms
بخش‌بندی داده‌ها	Data Partitioning
تبدیل ناهمبسته کننده	Decorrelating Transform
نسخه (توصیف)	Description
مقایسه جهت بردارهای حرکت	Directional Comparison
آنتروپی جهت	Directional Entropy
درون‌یابی جهت‌دار	Directional Interpolation
پیش‌بینی مکانی جهت‌دار	Directional Spatial Prediction
معیار اعوجاج	Distortion Measure
لایه‌های بهبود	Enhancement Layers
کدکننده آنتروپی	Entropy Coder
خطای پاک شدن	Erasure Error
پنهان‌سازی خطا	Error Concealment
کدینگ کنترل خطا	Error Control Coding
حساسیت به خطا	Error Sensitivity
انطباق مرز خارجی	External Boundary Matching

External Boundary Matching Error	خطای انطباق مرز خارجی
Fidelity	وفاداری به اصل
Flexible Macroblock Ordering	مرتب کردن انعطاف‌پذیر ماکروبلاک‌ها
Forward Error Concealment	پنهان‌سازی خطای مستقیم
Forward Error Correction	تصحیح خطای مستقیم
Forward Motion Vectors	بردارهای حرکت رو به جلو
Frame Copy	کپی کردن فریم مرجع
Full Reference	تمام مرجع
Hyper-Plane	اَبَرصفحه
Improved Backward Motion Estimation	تخمین حرکت رو به عقب بهبود یافته
Inter Frame Prediction	پیش‌بینی میان فریمی
Interactive	تعاملی
Interactive Error Concealment	پنهان‌سازی تعاملی
Interleaved	یک در میان
Interleaving	میان‌گذاری
Interoperability	هم‌خوانی
Intra Frame Prediction	پیش‌بینی داخل فریمی
Isotropic	همسان‌گرد
Joint Source-Channel Coding	کدینگ توأم منبع و کانال
Layered Coding	کدینگ لایه‌ای
Layered Coding with Transport Prioritization	کدینگ لایه‌ای همراه با اولویت‌بندی انتقال
MacroBlock	ماکروبلاک
Matching Measure	معیار انطباق
Mean Squared Error	میانگین مربعات خطا
Motion Compensated Error Concealment	پنهان‌سازی خطا با جبران‌سازی حرکت
Motion Compensated Prediction	پیش‌بینی با جبران حرکت
Motion Copy	کپی کردن حرکت
Motion Estimation	تخمین حرکت
Motion Vector	بردار حرکت
Motion Vector Copy	کپی کردن بردارهای حرکت فریم مرجع
Multi-Hypothesis	چند فرضیه‌ای
Multiple Description Coding	کدینگ چند نسخه‌ای
Multiple-Description Scalar Quantization	کوآنتیزاسیون اسکالر چند توصیفی
Network Abstraction Layer	لایه انتزاع شبکه

Non-stationary	ناایستا
Optical Flow	جریان نوری
Overhead	سرباره
Overlapped Block Motion Compensation	جبران‌سازی حرکت با بلوک‌های هم‌پوشان
Packet Error Rate	نرخ‌های خطای بسته
Parameter Sets	مجموعه پارامترها
Peak Signal-to-Noise Ratio	بیشینه نسبت سیگنال به نویز
Perceived Quality (Subjective Quality)	کیفیت ادراکی (کیفیت دیداری)
Post processing Error Concealment	پنهان‌سازی توسط پس‌پردازش
Post-Filter	پس‌فیلتر
Predicted Boundary Matching Algorithm	انطباق مرز پیش‌بینی شده
Pre-whitening Filters	فیلترهای پیش‌سفیدکننده
Quinqunx	شطرنجی
Random Bit Error	خطای تصادفی بیت
Rate-Distortion	نرخ ـ اعوجاج
Realtime	بلادرنگ
Redundancy	افزونگی
Reliability Level	سطح اطمینان
Residual	باقیمانده
Residual Macroblocks	ماکروبلاک‌های باقیمانده
Scale	مقیاس
Scene Change	تغییر صحنه
Semantics	قالب مقداری (مجموعه مقادیر معتبر عنصر دستوری)
Sequence Number	شماره رشته
Side Matching Algorithm	الگوریتم انطباق مرز
Single Description Coding	کدینگ تک نسخه‌ای
SNR Scalability	مقیاس‌پذیری نسبت سیگنال به نویز
Source Code	کد برنامه منبع
Source Coder	کدکننده منبع
Spatial Activity	فعالیت مکانی
Spatial Error Concealment	پنهان‌سازی مکانی
Spatial Scalability	مقیاس‌پذیری مکانی
Spectral Concealment	پنهان‌سازی طیفی
Start Code	کد شروع

شباهت ساختاری	Structural Similarity
زیررشته	Subsequence
مجموع مقادیرمطلق تفاضل‌ها	Sum of Absolute Differences
همزمانی	Synchronization
قالب دستوری	Syntax
فعالیت زمانی	Temporal Activity
پنهان‌سازی زمانی	Temporal Error Concealment
جایگزینی زمانی	Temporal Replacement
مقیاس‌پذیری زمانی	Temporal Scalability
کدکننده انتقال	Transport Coder
محافظت نابرابر در مقابل خطا	Unequal Error Protection
کدهای با طول متغیر	Variable Length Codes
گفتگوی ویدیویی	Video Chatting
لایه کدینگ ویدیو	Video Coding Layer
کدکننده شکل‌موج	Waveform Coder
موجک	Wavelet
اضافه کردن دنباله صفر	Zero Padding

مقدمه

کدینگ ویدیو در دنیای امروز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. روز به روز تقاضا برای تجهیزات پخش ویدیو با توانایی‌های متفاوت و همچنین کیفیت‌های بالاتر بیشتر می‌شود. امروزه رسانه‌های ویدیویی به یک جزء غیر قابل تفکیک از زندگی انسان تبدیل شده‌اند. محتواهای ویدیویی دیجیتال امروزه جایگاه خود را در شبکه‌های تلویزیونی و اینترنت یافته‌اند. نتیجتاً فشرده‌سازی ویدیو روز به روز اهمیت بیشتری یافته است. از سوی دیگر سازندگان و تولیدکنندگان عرصه ویدیوی دیجیتال نیاز دارند تا در یک محیط مشترک به ارائه محصولات خود بپردازند و همچنین مشتریان نیز حق دارند تا با پرداخت هزینه‌ای منطقی از این محصولات استفاده کنند. این محیط مشترک توسط استانداردهای کدینگ و فشرده‌سازی ویدیوی دیجیتال فراهم می‌آید. استانداردهای فشرده‌سازی ویدیو دو کار بسیار مهم را انجام می‌دهند؛ نخست فشرده‌سازی ویدیوی خام تا حد امکان با استفاده از روش‌هایی مانند کدینگ شکل موج و کدینگ آنتروپی و دوم، تضمین *هم‌خوانی*[1] بین دکدکننده‌ها و دستگاه‌های پخش کننده منطبق با استاندارد . در واقع استاندارد باید با ارائه طرح یک *رشته‌بیت*[2] و یا دکدکننده مناسب، زمینه طراحی کدکننده‌های کارآمد را فراهم نماید. این رشته‌بیت چهارچوبی را تعیین می‌کند که همه تولیدکنندگان این عرصه را ملزم به پیروی از یک سری اصول می‌نماید که به واسطه آنها تولیدات شرکت‌های مختلف را می‌توان توسط ابزارهای تحت پوشش استاندارد به کار گرفت و یا به بیان دیگر ابزار و نرم‌افزارهای تحت پوشش استاندارد توانایی هم‌خوانی با یکدیگر را به دست می‌آورند. پس از مسئله کدینگ ویدیو و استانداردهای فشرده‌سازی، مسئله بسیار مهم دیگر

[1] Interoperability
[2] Bitstream

چگونگی ارسال و دریافت صحیح اطلاعات ویدیویی است که بدون شک می‌توان گفت که یکی از زمینه‌های بسیار پر کاربرد در مخابرات دیجیتال را به خود اختصاص داده است. تضمین یک ویدیوی با کیفیت دیداری مناسب در طرف گیرنده، که می‌تواند یک کاربر اینترنت و یا یک بیننده تلویزیون دیجیتال باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است. برای تضمین یک حداقل کیفیت در کاربردهای گوناگون، روش‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود. کاربردهایی مانند ویدیو کنفرانس و یا *گفتگوی ویدیویی*[3] از طریق اینترنت را می‌توان به عنوان کاربردهای عملی کدینگ ویدیو دانست. در ارسال یک محتوای ویدیویی همواره دو مسئله مهم مطرح است: نخست مسئله نرخ‌بیت مطلوب و دوم مسئله کیفیت سرویس ویدیویی. ایجاد یک موازنه منطقی میان این دو به مسئله بسیار مهمی با عنوان مسئله *نرخ-اعوجاج*[4] می‌انجامد. با توجه به اینکه افزایش دادن نرخ علاوه بر هزینه‌بر بودن با محدودیت‌های پهنای باند نیز مواجه است پس بنابراین همواره نمی‌توان برای به دست آوردن یک کیفیت دیداری مناسب، نرخ را افزایش داد. از این رو روش‌های بسیاری برای حل این مسئله تاکنون ارائه شده است. یکی از این روش‌ها روش کدینگ چند توصیفی است. فرض می‌شود که محتوای ویدیویی به جای عبور از یک مسیر از چند مسیر به سوی گیرنده فرستاده می‌شود. هر یک از این مسیرها یک کانال *On-Off* در نظر گرفته می‌شود. هدف، تولید نسخه‌هایی با ارزش یکسان و همبستگی کنترل شده جهت ارسال بر روی هر یک از کانال‌ها است. در این روش حتی با دریافت یک نسخه امکان بازسازی ویدیو با حداقل کیفیت قابل قبول وجود دارد و با دریافت نسخه‌های بعدی رفته رفته کیفیت ویدیوی بازسازی شده بهبود می‌یابد. با این وجود هر یک از نسخه‌های دریافت شده ممکن است بر اثر خطای کانال آسیب ببینند؛ به این معنی که برخی از بلوک‌ها و یا در

[3] Video Chatting
[4] Rate-Distortion

حالت بدتر تمامی یک فریم مخدوش شود. با به کارگیری روش‌های *پنهان‌سازی خطا*[۵] (*EC*)، با استفاده از نسخه‌ی سالم می‌توان نسخه‌های دیگر را تخمین زده و به حداقل کیفیت قابل قبول دست یافت.

در همین راستا در فصل نخست این پایان‌نامه منابع چندی مربوط به روش‌های پیاده‌سازی پنهان‌سازی خطا خصوصاً مناسب برای دیدیوی کد شده طبق استاندارد *H.264* و همچنین انواع کلی روش‌های پنهان‌سازی خطا بررسی خواهد شد. در فصل دوم نیز به بررسی ابزار و مفاهیم لازم برای ادامه کار از جمله معرفی استاندارد فشرده‌سازی *H.264* ، روش‌های *کدینگ چند نسخه‌ای*[۶] ویدیو و معرفی دو معیار ارزیابی کیفیت ویدیو پرداخته می‌شود. در فصل سوم نیز روش‌هایی برای پنهان‌سازی خطا با استفاده از کدینگ چند نسخه‌ای به همراه نتایج پیاده‌سازی آنها ارائه می‌گردد.

[5] Error Concealment
[6] Multiple Description Coding

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱. مقدمه

استاندارد کدینگ ویدیوی *H.264* [۱] آخرین تلاش مشترک موسسه‌های *ISO* و *ITU* برای دستیابی به یک استاندارد فشرده‌سازی با بهره کدینگ بالاتر نسبت به استانداردهای پیشین است. در این استاندارد امکانات و تدابیر مختلفی در برابر خطا پیش‌بینی شده است که از آن جمله می‌توان به تکرار *هدر*[1]ها، تکرار فریم‌های *Intra* ، *مرتب کردن انعطاف‌پذیر ماکروبلاک‌ها*[2] و *بخش‌بندی داده‌ها*[3] اشاره نمود. اغلب روش‌های گنجانده شده در استاندارد در محیط‌های با احتمال خطای بالا کارایی خود را از دست می‌دهند؛ بنابراین این روش‌ها نمی‌توانند رسیدن رشته‌بیت ارسالی را به صورت سالم و بدون نقص در طرف دکدکننده تضمین کنند؛ در نتیجه بسیار محتمل خواهد بود که گاهی برخی از بلوک‌ها و یا حتی تمامی یک فریم دچار خدشه شود. روش‌های پنهان‌سازی خطا راهکار مناسبی را برای مواجهه با این‌گونه خطاها فراهم می‌آورند. در این روش‌ها خطا در قالب از دست رفتن یک بلوک و گاهی یک فریم کامل در نظر گرفته می‌شود و کوشش می‌شود که اثر خطای ایجاد شده تا حد امکان کاهش یابد؛ به این معنی که کیفیت دیداری ویدیوی بازسازی شده نسبت به ویدیوی اصلی دچار نقصان قابل ملاحظه‌ای نشود.

پنهان‌سازی عموماً در قالب سه روش مکانی، زمانی و ترکیبی به کار گرفته می‌شود. در روش‌های مکانی، *ماکروبلاک‌ها*[4] (*MB*) و یا بلوک‌های آسیب دیده با توجه به بلوک‌ها و ماکروبلاک‌های اطراف خود در فریم جاری، بازسازی و ترمیم می‌شوند. بازسازی اغلب با استفاده از

[1] Header
[2] Flexible Macroblock Ordering
[3] Data Partitioning
[4] MacroBlocks