رهیافت جدید برای اصلاح روش حفاظت خطای نابرابر (UEP) در ارسال ویدئو روی شبکه‌های بی‌سیم

حسین قانعی یخدان، مرتضی خادمی و جلیل چیتی‌زاده

چکیده: کارآیی ارسال ویدئوی فشرده‌شده روی شبکه‌های بی‌سیم توسط نویز کانال محدود شده و کیفیت ویدئوی دریافتی به‌شدت ضعیف می‌گردد. از این رو چندین ابزار بهبودپذیری خطا به استاندارد فشرده‌ساز ویدئوی MPEG-٤ اضافه شده است. علاوه بر این ابزارها، شیوه حفاظت خطای نابرابر (UEP) به‌منظور حفاظت بیشتر بخش‌های مختلف در بسته ویدئوی MPEG-٤ با نرخ‌های کدگذاری متفاوت بر پایه کدهای RCPC پیشنهاد شده است. با این حال، تلاش‌های صورت‌گرفته تاکنون برای شبکه‌های بی‌سیم هنوز برای داشتن کیفیت مطلوب، کافی نمی‌باشد. در این مقاله، برای مقاوم‌کردن هرچه بیشتر ارسال ویدئوی MPEG-٤ روی شبکه‌های بی‌سیم، رهیافت حفاظت خطای نابرابر اصلاح‌شده (MUEP) بر پایه محتوای صحنه ویدئو پیشنهاد می‌گردد. در روش پیشنهادی، نرخ خروجی کدکننده کانال برای بخش حرکت بسته ویدئوی MPEG-٤ بر اساس محتوای حرکت داخل صحنه ویدئو تعیین می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که در روش پیشنهادی علاوه بر افزایش میانگین PSNR تا مقدار ۱/۵ dB نسبت به روش UEP سنتی، کیفیت ذهنی ویدئوی دریافتی نیز ارتقا می‌یابد.

کلید واژه: **شبکه‌های بی‌سیم، ویدئوی MPEG-٤، بهبود خطا، UEP.**

۱- مقدمه

در دهه گذشته توسعه حیرت‌انگیزی در نمایش و مخابرات داده‌های چندرسانه‌ای رخ داده است. امروزه کاملاً روشن شده است که پردازش دیجیتال از همه نظر، مؤثرتر و اقتصادی‌تر می‌باشد. هم‌زمان با توسعه مخابرات دیجیتال چندرسانه‌ای، مخابرات سیار و شبکه‌های بی‌سیم با رشد سریع و سرسام‌آوری روبه‌رو بوده است. به موازات رشد شبکه‌های بی‌سیم تقاضا برای ارسال داده‌های تصویری اعم از ثابت و متحرک از طریق این شبکه‌ها نیز رو به فزونی بوده و از این جهت پردازش ویدئو در هسته مرکزی مخابرات چندرسانه‌ای قرار گرفته است. به‌دلیل حجم بالای داده‌های ویدئو ناشی از پردازش دیجیتال، این داده‌ها باید قبل از ارسال و یا ذخیره‌سازی، فشرده شوند. ارسال داده‌های فشرده‌شده از طریق کانال‌های با ضریب اطمینان پایین و مستعد خطا نظیر شبکه‌های بی‌سیم با خطای زیاد و اتلاف بسته همراه خواهد بود. از این رو به‌کارگیری شیوه‌های بهبود خطا[1] در این شبکه‌ها اجتناب‌ناپذیر است.

در طول دهه گذشته، استانداردهای زیادی برای فشرده‌سازی تصاویر متحرک با کاربردهای مختلف توسط ITU - T و ISO از جمله استانداردهای: H.26X، MPEG - ۱، MPEG - ۲، MPEG - ۴ و ... ارائه شده است. از میان این استانداردهای فشرده‌سازی، استاندارد MPEG - ۴ [۱] به‌علت برخورداری از مشخصه‌های خاص برای فشرده‌سازی تصاویر متحرک در شبکه‌های بی‌سیم مناسب‌تر از استانداردهای دیگر می‌باشد [۲] تا [۴]. استاندارد MPEG - ۴ علی‌رغم این که چندین ابزار بهبود خطا شامل، نشان‌گذار هم‌زمان‌سازی مجدد (RM)[2]، کدهای توسعه سرآیند (HEC)[3]، بخش‌بندی داده (DP)[4] و کدهای با طول متغیر معکوس‌پذیر (RVLC)[5] به آن اضافه شده و از این طریق عملکرد سیستم و کیفیت تصویر ارسالی را تا حد خوبی بهبود بخشیده است، ولی هنوز برای شبکه‌های بی‌سیم به‌دلیل وجود بعضی از محدودیت‌های موجود در آن نظیر متغیربودن ظرفیت کانال و نیز اثرهای پدیده سایه[6]، محوشدگی[7] و چندمسیره[8] که منجر به افزایش نرخ خطای انفجاری[9] و تصادفی در آن می‌شود، کافی نمی‌باشد [۵] تا [۸]. از این جهت بسیاری از پژوهش‌گران روی کدبندی کانال برای ارسال ویدئوی MPEG - ۴ در شبکه‌های بی‌سیم متمرکز شده و برای مبارزه با خطاهای کانال، شیوه‌هایی مبتنی بر بهبود خطا در کدگذار را ارائه نموده‌اند [۹] تا [۱۸].

روش حفاظت خطای نابرابر (UEP)[10] [۹] عمومی‌ترین شیوه در بین آنها است که می‌تواند بخش‌های مختلف در یک بسته ویدئو MPEG - ۴ را با نرخ‌های کدبندی کانال متفاوت ولی ثابت بر پایه کدهای RCPC[11] [۱۹] حفاظت نماید. استفاده از روش UEP سنتی (TUEP)[12] حداکثر می‌تواند به اندازه ۱ dB در PSNR[13] بهبود ایجاد نماید [۹] که این مقدار برای شبکه‌های بی‌سیم کافی نمی‌باشد. بنابراین استفاده از این شیوه با نرخ‌های ثابت به‌واسطه ضعف عملکرد آن از کارآیی لازم برخوردار نبوده [۲۰] و به‌همین دلیل اصلاح آن امری ضروری است.

در این راستا تلاش‌های نسبتاً زیادی صورت گرفته است. در [۱۰] یک روش حفاظت خطای نابرابر (UEP) وفقی پیشنهاد شده که به‌طور پویا سطح حفاظت UEP را در یک بسته ویدئو بر مبنای قیود تحمیل‌شده

این مقاله در تاریخ ۲۳ مهر ماه ۱۳۸۶ دریافت و در تاریخ ۶ آذر ماه ۱۳۸۷ بازنگری شد.

حسین قانعی یخدان، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد، یزد، صندوق پستی ۸۹۱۹۵-۷۴۱ (email: hghaneiy@yazduni.ac.ir).

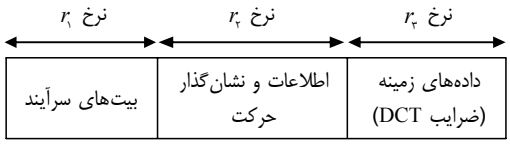
مرتضی خادمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، کدپستی ۹۱۷۷۹۴۸۹۴۴ (email: khademi@um.ac.ir).

جلیل چیتی‌زاده، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، کدپستی ۹۱۷۷۹۴۸۹۴۴ (email: chitizadeh@hotmail.com).

1. Error Resilient
2. Resynchronization Marker
3. Header Extension Codes
4. Data Partitioning
5. Reversible Variable - Length Codes
6. Shading
7. Fading
8. Multi - Path
9. Burst
10. Unequal Error Protection
11. Rate - Compatible Punctured Convolutional
12. Traditional UEP
13. Peak Signal to Noise Ratio

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: حفاظت نابرابر یک بسته ویدئوی MPEG-۴ در فریم نوع P.

به‌وسیله شرایط متغیر کانال بی‌سیم اصلاح می‌نماید. مزیت عمده این شیوه آن است که سعی بر حداکثرنمودن کیفیت بینایی برای شرایط کانال داده‌شده دارد و برای درصدهای اتلاف بالاتر، نتیجه بهتر و زمان اجرای آن کمتر است. عیب عمده این روش استفاده از فیدبک از گیرنده به فرستنده (علاوه بر فیدبک بین کانال و فرستنده) می‌باشد.

رهیافت‌های مشابه در [۱۱] تا [۱۳] بررسی شده‌اند. در حالی که شیوه به‌کار گرفته شده در [۱۱] از بهینه‌سازی غیر مقید استفاده می‌کند، در [۱۲] روشی پیشنهاد شده که قیود اعمال‌شده روی احتمال نقص سیستم بیشتر از شرایط کانال می‌باشد. در [۱۳] نیز یک بهینه‌سازی غیر مقید روی عملکرد کلی منحنی R-D[1] در یک سیستم کدبندی توأم کانال و منبع انجام شده است.

در [۱۴]، یک روش حفاظت خطای نابرابر بر اساس بهینه‌سازی منحنی R-D با توجه به شرایط کانال و با فرض ثابت‌بودن اندازه بسته‌های ویدئو پیشنهاد شده است. حسن روش پیشنهادی پیچیدگی کم آن و عیب آن عدم در نظر گرفتن محتوای صحنه ویدئو در روند بهینه‌سازی می‌باشد.

در [۱۵]، UEP برای ویدئوی مقیاس‌پذیر[2] پیشنهاد شده است که در آن به شرایط متغیر کانال‌های بی‌سیم و محتوای صحنه ویدئو توجه نشده است.

در [۱۶] روش P-UEP[3] پیشنهاد شده که در آن برای بخش‌های مختلف بسته ویدئوی MPEG-۴، اندازه‌های متفاوت در نظر گرفته شده است. مزیت عمده این روش این است که طول هر بسته در میزان نرخ اختصاص‌یافته به هر بخش در آن بسته اثر داده می‌شود که این باعث بهبود عملکرد روش UEP می‌شود. از طرفی این روش عیوبی نیز دارد. اولاً به‌واسطه کدهای قرار داده شده در هر بسته میزان داده‌ها افزایش می‌یابد و ثانیاً تأخیری به اندازه دریافت یک بسته ایجاد می‌شود که ممکن است قابل تحمل نباشد.

روشی تحت عنوان شیوه حفاظت خطای نابرابر بهبودیافته (I-UEP)[4] در [۱۷] برای اصلاح UEP سنتی پیشنهاد شده است. در این روش اجزای بخش داده حرکت در بسته ویدئو، سازمان‌دهی مجدد شده و به دو بخش تقسیم می‌شوند. برای هر کدام از این دو بخش یک نرخ بیت جداگانه با توجه به اهمیت آن اختصاص می‌یابد که نتیجه آن بهبود بیشتر در کیفیت می‌باشد. عدم افزایش نرخ بیت کلی ارسال‌شده به‌عنوان مزیت و افزایش پیچیدگی محاسبات عیب عمده آن است. روش حفاظت خطای نابرابر بر پایه حالت که در [۴] ارائه شده است، مشابه این روش می‌باشد.

در [۱۸] یک سیستم بهبود خطای ترکیبی و وفقی بر اساس حفاظت بیشتر روی داده‌های مهم‌تر پیشنهاد شده است. در این روش رشته بیت، حفاظت بهینه را بدون افزایش بیت‌های سرآیند به‌دست می‌آورد که یک مزیت عمده برای سیستم محسوب می‌شود. نکته منفی آن عدم توجه به حرکات سریع و غیر عادی در صحنه ویدئو و نیز عدم استفاده از شرایط متغیر کانال بی‌سیم در عمل کنترل وفقی می‌باشد.

با توجه به مطالب فوق، روشن است که در کارهای انجام‌شده برای اصلاح روش UEP، از محتوای لحظه‌ای ویدئو برای کنترل نرخ خروجی کدگذار کانال استفاده نشده است. در این مقاله به‌منظور اصلاح روش UEP و تعیین نرخ‌های کدکننده کانال به‌صورت پویا، به‌طور لحظه‌ای از محتوای صحنه ویدئو استفاده شده که منجر به بهبود بیشتر در کیفیت ویدئوی دریافتی نیز شده است. سایر قسمت‌های این مقاله به‌ترتیب زیر سازمان‌دهی شده است. از آنجا که روش پیشنهادی مربوط به اصلاح روش UEP می‌باشد، در قسمت ۲ چگونگی بهبود خطا با این روش شرح داده می‌شود. جزئیات روش پیشنهادی برای بهبود خطا در ارسال ویدئو روی شبکه‌های بی‌سیم در قسمت ۳ بیان می‌شود. در قسمت ۴ روند پیاده‌سازی روش پیشنهادی و نتایج حاصل از آن ارائه خواهد شد. نهایتاً در قسمت ۵ نتیجه‌گیری و کار آینده بیان خواهد شد.

۲- بهبود خطا با روش UEP

ابزارهای بهبودپذیری خطا در MPEG-۴ بر علیه برخی از خطاهای بیت مؤثر می‌باشند. به‌طور تجربی اثبات شده که چنانچه نرخ خطای بیت کانال کمتر از حدود 10^{-3} باشد، کدگشا می‌تواند به‌کمک ابزارهای موجود در MPEG-۴، ویدئوی بازسازی‌شده را با کیفیت قابل قبول تولید نماید [۹] و [۱۶]. اما در کانال‌های بی‌سیم معمولاً نرخ خطا خیلی بالاتر از این مقدار می‌باشد. بنابراین کدبندی کانال جهت پایین‌آوردن نرخ خطای بیت در رشته بیت کدشده منبع به سطح قابل قبول ضروری است.

خروجی یک کدکننده ویدئوی ساده MPEG-۴ که از تمام ابزارهای بهبودپذیری خطا استفاده می‌کند رشته بیتی است که شامل بسته‌های ویدئو با قسمت‌های سرآیند، اطلاعات حرکت و اطلاعات زمینه (ضرایب (DCT)[5] می‌باشد. بیت‌های سرآیند از بالاترین درجه اهمیت برخوردار بوده، بعد از آن اطلاعات حرکت و سپس اطلاعات زمینه که از کم‌ترین درجه اهمیت برخوردار است. از آنجا که بسته‌ها می‌توانند به قسمت‌های مختلف با سطح اهمیت متفاوت در کاربردهای گوناگون شکسته شوند، تعداد بیت‌ها برای کدبندی کانال در هر قسمت باید متناسب با نسبت اهمیت آن باشد که این منجر به کدکننده کانال با حفاظت خطای نابرابر یا UEP می‌گردد.

استفاده از UEP بدان معنی است که کدکننده‌ها با نرخ بیت متفاوت به قسمت‌های مختلف بسته ویدئو اعمال می‌شوند. موقعی که از UEP استفاده شود، بیت‌های سرآیند بالاترین مقدار حفاظت را به‌دست می‌آورند زیرا آنها با اهمیت‌ترین بیت‌های بسته ویدئو می‌باشند. بیت‌های حرکت در سطح حفاظت بعدی قرار گرفته و بیت‌های زمینه کمترین سطح حفاظت را دریافت خواهند کرد. شکل ۱، نرخ‌های متفاوت کدکننده‌های کانال که به هر یک از قسمت‌های مختلف بسته ویدئو در فریم نوع P[6] اعمال می‌شوند را نمایش می‌دهد. جهت تطبیق کدکننده‌ها با سطح اهمیت قسمت‌های مختلف بسته ویدئو، نرخ‌های کدکننده به‌صوت: $r_1 < r_2 < r_3$ انتخاب می‌شوند. بدین ترتیب با اعمال این روش احتمال رخدادن خطا در قسمت‌های پراهمیت‌تر، کم‌تر است و کیفیت بهبود پیدا می‌کند. در روش پیشنهادی مقدار r_2 (نرخ کدبندی اطلاعات حرکت در فریم نوع P) از حالت ثابت در آمده و مبتنی بر حرکت موجود در صحنه ویدئو تغییر می‌یابد.

1. Rate-Distortion
2. Scalable Video
3. Proportional UEP
4. Improved-UEP
5. Discrete Cosine Transform
6. Predictively Coded Frame

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۲: بلوک دیاگرام روش پیشنهادی.

جدول ۱: پارامترهای روشهای پیشنهادی و روش TUEP.

پارامتر / نام ویدئو	r_1	r_m	r_h	T_l	T_h	NF	VP
Suzie	$\frac{۸}{۱۱}$	$\frac{۱۶}{۲۱}$	$\frac{۸}{۱۰}$	۵۰۰	۲۵۰۰	۱۴۰	۴۰۰
Carphone	$\frac{۸}{۱۱}$	$\frac{۱۶}{۲۱}$	$\frac{۸}{۱۰}$	۵۰۰	۱۷۰۰	۱۲۰	۵۰۰
Foreman	$\frac{۸}{۱۱}$	$\frac{۱۶}{۲۱}$	$\frac{۸}{۱۰}$	۷۰۰	۲۴۵۰	۱۲۰	۵۰۰
Stefan	$\frac{۸}{۱۱}$	$\frac{۱۶}{۲۱}$	$\frac{۸}{۱۰}$	۶۰۰۰	۷۵۰۰	۳۵	۷۵۰

۳- روش پیشنهادی

همان‌طور که در قسمت قبل شرح داده شد در روش TUEP از نرخ‌های متفاوت ولی ثابت برای بخش‌های مختلف بسته ویدئو استفاده می‌شود. از طرفی با توجه به شرایط متغیر کانال‌های بی‌سیم و نیز یکسان‌نبودن طول بخش‌های مختلف یک بسته ویدئو نسبت به بسته دیگر، UEP با نرخ‌های ثابت نمی‌تواند کارآیی لازم را دارا باشد. از این رو در روش پیشنهادی (که از این به بعد روش MUEP[1] نامیده می‌شود)، از نرخ‌های پویا بر اساس محتوای صحنه ویدئو استفاده می‌گردد.

از یک طرف، نواحی ویدئو که شامل حرکات سریع و پیچیده است به بیت بیشتری برای نمایش بردارهای حرکت نیاز دارد، از طرف دیگر هرچه تعداد بیت‌های بردار حرکت بیشتر باشد، احتمال رخدادن خطا در آن بیشتر است و لذا حساس‌تر به خطا می‌باشد. بنابراین برای کاهش هرچه بیشتر اثر خطا و در نتیجه افزایش کیفیت، باید بردارهای حرکت مربوط به نواحی ویدئو با حرکات سریع و پیچیده، با نرخ بیت کمتر ارسال گردند. از این رو در روش MUEP از اطلاعات مرتبط با تعداد بیت‌های استفاده‌شده برای بردارهای حرکت در فریم‌های نوع P برای تعیین نرخ بیت خروجی کدگذار کانال استفاده می‌گردد.

شکل ۲ بلوک دیاگرام روش MUEP را نشان می‌دهد. در این شکل، ابتدا به‌منظور کاهش میزان داده‌ها، دنباله ویدئو ورودی توسط یک کدگذار منبع MPEG-۴ فشرده می‌شود. سپس برای مقاوم‌سازی رشته بیت فشرده‌شده در مقابل خطاهای کانال انتقال، از یک مرحله کدگذاری کانال استفاده می‌گردد. در روش MUEP، نرخ‌های کدکننده کانال به‌طور پویا بر اساس تعداد بیت‌های مورد نیاز جهت کدکردن بردارهای حرکت در فریم‌های نوع P تعیین می‌گردد.

برای این منظور، ابتدا دو سطح آستانه یکی سطح آستانه بالا (T_h) و دیگری آستانه پایین (T_l) در ارتباط با تعداد بیت‌های بردارهای حرکت تعریف می‌شود. سپس برای بخش حرکت فریم‌های نوع P سه نرخ بیت متفاوت (به‌جای نرخ بیت r_2 در روش TUEP) در نظر گرفته می‌شود. اگر تعداد بیت‌های بردار حرکت در فریم نوع P از T_h بیشتر باشد از نرخ بیت کوچک r_l استفاده می‌گردد. اگر تعداد این بیت‌ها از T_l کمتر باشد از نرخ بیت بزرگ r_h و بالاخره اگر تعداد آنها بین T_h و T_l قرار گیرد از نرخ بیت متوسط r_m استفاده خواهد شد.

برای کاهش هرچه بیشتر اثر خطا باید مقادیر نرخ بیت‌ها به‌صورت $r_l < r_m < r_h$ انتخاب گردند، تا از نواحی ویدئو با حرکات سریع و پیچیده در مقابل خطاهای کانال انتقال حفاظت بیشتری به‌عمل آید. مقادیر سطوح آستانه فوق بستگی به نوع ویدئو و نرخ بیت کلی کانال انتقال دارد. وابستگی سطح آستانه به نرخ بیت از این جهت است که می‌خواهیم نرخ کلی بیت ارسالی در دو روش MUEP و TUEP تقریباً یکسان باشد. هرچه مقدار T_h کمتر انتخاب گردد، بسته‌های بیشتری با نرخ بیت کوچک r_l کد می‌شوند. در این صورت میزان داده‌های ارسالی کاهش یافته ولی مقاومت داده‌ها در برابر خطاهای کانال انتقال افزایش می‌یابد. در نتیجه در کیفیت ویدئوی دریافتی بهبود بیشتری حاصل می‌گردد. در مقابل، اگر مقدار T_l بزرگ انتخاب شود، بسته‌های بیشتری با نرخ بیت بزرگ r_h کد می‌شوند. در این حالت میزان داده‌های ارسالی افزایش و مقاومت داده‌ها در برابر خطاهای کانال انتقال کمتر شده و در نتیجه کیفیت ویدئوی دریافتی کاهش می‌یابد. از آنجایی که T_h در ارتباط با نواحی ویدئو با حرکات سریع می‌باشد، حساسیت آن به خطا بیشتر از T_l است. در این تحقیق، مقادیر سطوح آستانه برای دنباله‌های مورد آزمایش با توجه به ملاحظات فوق به‌طریق تجربی محاسبه شده‌اند.

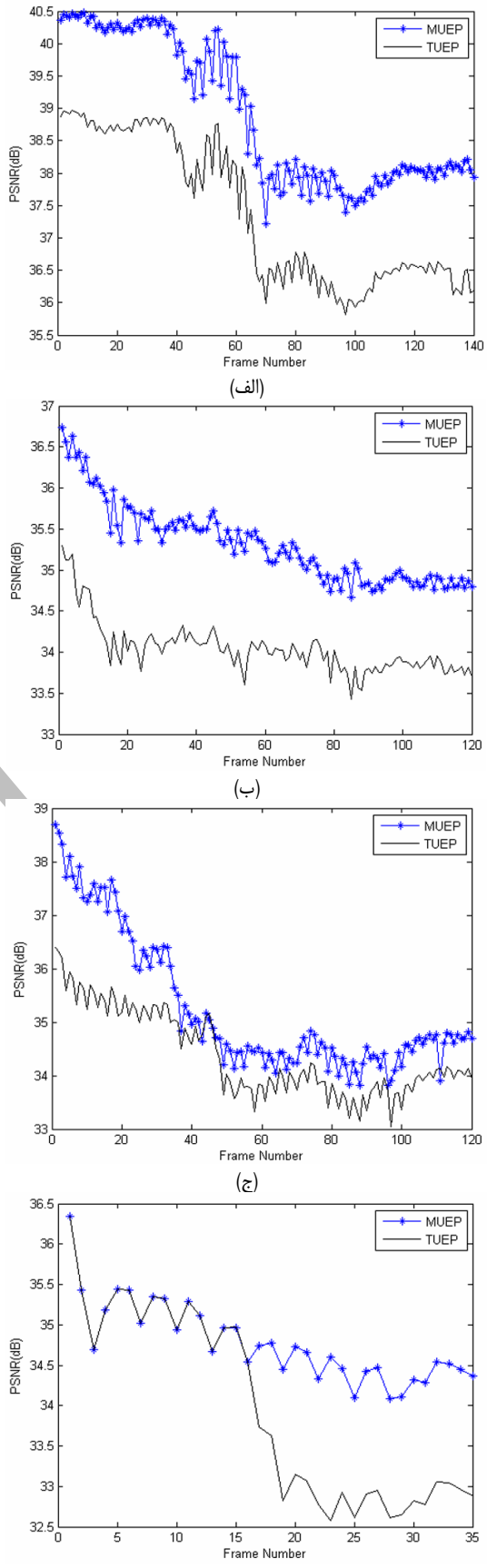
٤- نتایج تجربی

برای پیاده‌سازی MUEP از یک کدگذار و کدگشای MPEG-۴ [۲۱]، کانال بی‌سیم با مدل کانال رایسی[2] با مشخصات سه مسیر محوشدگی و با تأخیرهای [۱ ۰٫۵ ۰] میکروثانیه، بهره‌های [۱۰- ۵- ۰] دسیبل، فرکانس دوپلر ۵ هرتز و ضریب رایسی k برابر با ۱ استفاده گردیده است. برای ویدئو از دنباله‌های تست Suzie، Carphone و Foreman با وضوح QCIF[3,4] و دنباله تست Stefan با وضوح CIF استفاده گردید. فریم‌ها به‌صورت IPBBPBBP… با QP[5]=۱۰ کدگذاری شده‌اند. اندازه بسته ویدئو (VP) و تعداد فریم‌های (NF) در نظر گرفته شده برای دنباله‌های تست فوق برای روش‌های TUEP و MUEP و نیز سایر پارامترهای مورد استفاده در روش MUEP در جدول ۱ آمده است.

اندازه بسته ویدئو در استاندارد MPEG-۴ برای ویدئو با وضوح QCIF در محدوده ۸۰ بیت تا ۲۰۰۰ بیت و برای ویدئو با وضوح CIF از ۱۲۰ بیت تا ۸۰۰۰ بیت می‌باشد. هرچه اندازه بسته ویدئو افزایش یابد، تعداد بیت‌های سرآیند کاهش یافته و بازده فشرده‌سازی افزایش می‌یابد. از طرفی با افزایش اندازه بسته ویدئو، اثر خطا روی داده‌های ویدئو بیشتر شده و باعث کاهش کیفیت می‌گردد. معمولاً اندازه بسته ویدئو با توجه به نرخ خطای کانال انتقال که نسبت به بازده فشرده‌سازی از اهمیت بیشتری برخوردار است، تعیین می‌گردد.

1. Modified UEP
2. Rician
3. Resolution
4. Rician
5. Quantization Parameter

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳: مقادیر PSNR بر حسب تعداد فریم برای دنباله‌های (الف) Suzie، (ب) Carphone، (ج) Foreman و (د) Stefan.

مقادیر معمول برای نرخ بیت کدکننده‌های کانال در محدوده $\frac{8}{24}$ تا $\frac{8}{9}$ بوده که بر اساس پهنای باند قابل دسترس در کانال انتقال و نرخ خطای آن تعیین می‌شود.

در روش TUEP نرخ کدگذاری کانال برای بخش حرکت فریم‌های نوع P (نرخ بیت r_2 در شکل ۱) مقدار ثابت $\frac{3}{8}$ در نظر گرفته شد. نرخ بیت ارسالی در فریم نوع I[1] برای ضرایب ac $\frac{4}{8}$، ضرایب dc $\frac{14}{8}$ و بخش سرآیند $\frac{12}{8}$ و در فریم‌های نوع B[2] برای بخش سرآیند $\frac{16}{8}$ و بقیه بیت‌ها $\frac{16}{8}$ انتخاب گردید. انتخاب مقادیر نرخ‌ها به‌صورت فوق، باعث می‌شود که نرخ کلی بیت کدگذار کانال برای هر دو روش مورد آزمایش تقریباً یکسان باشد تا بتوان مقادیر PSNR را با هم مقایسه نمود.

پس از کدگذاری یک دنباله تست توسط کدگذار منبع MPEG-۴ و سپس کدگذاری آن با کدکننده‌های کانال با نرخ‌های متفاوت، رشته بیت کدشده را از یک کانال رایسی با مشخصات داده‌شده و با مدولاسیون DPSK[3] و با توجه به پهنای باند قابل دسترس در کانال انتقال با نرخ ارسال در محدوده ۱۰-۹ kbps عبور داده شده، آنگاه رشته بیت دریافتی کدگشایی گردیده و از سیگنال حاصل برای محاسبه حداکثر نسبت سیگنال به نویز (PSNR) و میانگین آن (APSNR)[4] استفاده شده است. نرخ ارسال مذکور با توجه به پهنای باند قابل دسترس (ظرفیت کانال) و مشخصات کانال انتقال و تمایل به ممانعت از افزایش شدید نرخ خطا انتخاب گردیده است.

شکل ۳ مقادیر PSNR برای فریم‌های مختلف و دنباله‌های تست Suzie، Carphone، Foreman و Stefan را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که مقادیر PSNR ویدئوی دریافتی با روش MUEP نسبت به روش TUEP در بعضی از فریم‌ها بیش از ۲ dB افزایش یافته است. این بدان علت است که در روش MUEP حفاظت بیشتری روی نواحی ویدئو با حرکات سریع که حساس‌تر به خطا می‌باشند صورت می‌گیرد. بنابراین در این نواحی خطا کمتر اتفاق افتاده و اثر پدیده انتشار خطا به‌شدت کاهش می‌یابد. بر عکس، در روش TUEP، در این نواحی خطا بیشتر رخ داده و با انتشار خطا تشدید می‌شود. در نتیجه افت شدید در کیفیت ایجاد می‌شود.

همچنین نتایج مربوط به سایر پارامترها در جدول ۲ خلاصه شده است. در این جدول، پارامترهای T_APSNR[5]، M_APSNR[6]، T_Rt، M_Rt، T_BER[7]، M_BER، T_Time و M_Time، به‌ترتیب معرف میانگین حداکثر نسبت سیگنال به نویز، نرخ کلی بیت کدگذار کانال، نرخ خطای بیت کانال انتقال و زمان لازم برای کدگذاری و کدگشایی کانال برای دنباله ویدئوی مورد آزمایش در روش‌های TUEP و MUEP می‌باشند. این نتایج، حاصل بیست بار تکرار الگوریتم و میانگین‌گیری از اعداد به‌دست آمده می‌باشد. چنانچه در اجرای الگوریتم، به‌علت ایجاد خطا در سرآیند، بازسازی دچار مشکل گردد (هرچند به‌دلیل انتخاب مناسب r_1، احتمال وقوع آن کم است)، نتایج ناقص حاصله در میانگین‌گیری شرکت داده نمی‌شوند.

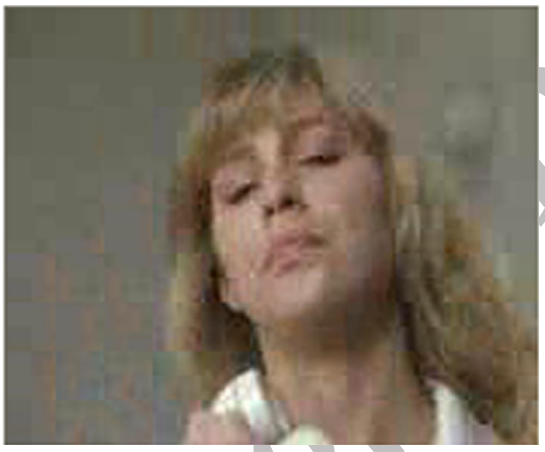
چندین نکته مهم در مورد نتایج ذکرشده در این جدول وجود دارد. اولاً، هرچه تغییرات حرکت در صحنه ویدئو بیشتر باشد، کارآیی روش MUEP در میزان بهبود کیفیت بهتر است. این موضوع در مقادیر APSNR دنباله Suzie که تغییرات حرکت بیشتری نسبت به دنباله‌های دیگر دارد، کاملاً

1. Intra-Coded Frame
2. Bi-Directionally Predicted Coded
3. Differentially Phase Shift Keying
4. Average PSNR
5. Traditional_APSNR
6. Modified_APSNR
7. Traditional_Bit Error Rate

Archive of
www.SID.ir

(الف)

(ب)


(ج)

شکل ۴: نتیجه حاصل از پیاده‌سازی دنباله Suzie برای فریم ۶۱، (الف) تصویر اصلی، (ب) روش TUEP و (ج) روش MUEP.

جدول ۲: نتایج پیاده‌سازی برای دنباله‌های مختلف ویدئو.

پارامتر / نام ویدئو	T_APSNR (dB)	M_APSNR (dB)	T_R_t	M_R_t	T_BER	M_BER	T_Time (Sec)	M_Time (Sec)
Suzie	۳۷٫۳۵۷۲	۳۸٫۸۹۳۳	$\frac{۸}{۱۰٫۲۸۹۷}$	$\frac{۸}{۱۰٫۲۸۳۵}$	$۴٫۱۱۴۷\times۱۰^{-۴}$	$۴٫۰۹۶۲\times۱۰^{-۴}$	۷۹٫۱۸۹۰	۸۰٫۳۹۳۲
Carphone	۳۴٫۰۴۰۴	۳۵٫۳۱۱۶	$\frac{۸}{۱۰٫۲۴۵۶}$	$\frac{۸}{۱۰٫۲۳۳۸}$	$۳٫۹۴۱۰\times۱۰^{-۴}$	$۳٫۹۲۸۳\times۱۰^{-۴}$	۸۵٫۶۱۹۰	۸۵٫۶۳۰۱
Foreman	۳۴٫۳۸۳۷	۳۵٫۲۳۷۹	$\frac{۸}{۱۰٫۲۵۱۰}$	$\frac{۸}{۱۰٫۲۴۷۵}$	$۲٫۲۳۴۹\times۱۰^{-۴}$	$۲٫۲۵۱۴\times۱۰^{-۴}$	۱۱۴٫۵۳۴۴	۱۱۵٫۰۲۱۲
Stefan	۳۳٫۹۶۱۳	۳۴٫۷۷۳۷	$\frac{۸}{۱۰٫۱۲۰۲}$	$\frac{۸}{۱۰٫۱۱۶۱}$	$۲٫۷۴۷۷\times۱۰^{-۵}$	$۲٫۷۴۸۱\times۱۰^{-۵}$	۴۸۲٫۳۵۸۵	۵۰۳٫۲۲۲۹

هویدا می‌باشد. ثانیاً، نرخ کلی بیت ارسالی برای روش MUEP در تمام موارد کمتر از روش TUEP است و لذا بازده روش MUEP بهتر می‌باشد. ثالثاً، نرخ کلی خطای بیت کانال در روش MUEP در بعضی موارد کمی بیش از روش TUEP بوده، ولی کیفیت ویدئوی دریافتی بهبود یافته است. این بدان علت است که در روش MUEP خطا اکثراً در نواحی کم‌اهمیت‌تر اتفاق افتاده و انتشار خطا کمتر صورت گرفته است. رابعاً زمان اجرای روش MUEP نشان می‌دهد که افزایش پیچیدگی محاسبات در آن بسیار ناچیز بوده، به‌طوری که در اکثر موارد زمان محاسبات کمتر از ۱٪ افزایش می‌یابد.

در شکل ۴ یک مثال جهت نشان‌دادن بهبود در کیفیت ویدئوی بازسازی شده از نظر معیار ذهنی[1] بعد از عبور از کانال بی‌سیم آورده شده است. در این شکل، افت کیفیت در روش TUEP در اطراف چشم سمت راست در تصویر (ب) کاملاً مشهود می‌باشد. این افت کیفیت ناشی از بروز خطا در نواحی ویدئو با حرکات سریع در فریم‌های قبل و تشدید آن در اثر انتشار خطای مکانی و زمانی در فریم‌های بعدی می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک روش جدید با نام MUEP برای حفاظت خطای نابرابر بر پایه محتوای صحنه ویدئو جهت ارسال ویدئوی MPEG-۴

1. Subjective

Archive of SID
www.SID.ir

روی شبکه‌های بی‌سیم پیشنهاد گردید. در روش MUEP به‌جای استفاده از یک کدکننده کانال برای بخش حرکت فریم‌های نوع P، از سه کدکننده کانال با سه نرخ بیت متفاوت و پویا برای آن استفاده می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که عملکرد روش MUEP، مخصوصاً برای صحنه‌هایی که تغییرات حرکت در آنها زیاد است خیلی بهتر از روش TUEP می‌باشد.

افزایش پیچیدگی محاسبات در روش MUEP بسیار ناچیز بوده، به‌طوری که در بیشتر موارد افزایش زمان محاسبات کمتر از ۱٪ می‌باشد. نکته قابل توجه برای روش MUEP این است که نرخ خطای بیت کانال در بعضی موارد کمی بیشتر از روش TUEP بوده، ولی کیفیت ویدئوی دریافتی بهبود یافته است. این بدان معنی است که خطا اکثراً در نواحی کم‌اهمیت‌تر اتفاق افتاده و کمتر انتشار یافته است. بدین ترتیب صحت ایده پیشنهادی کاملاً تأیید می‌شود. همچنین نرخ کلی بیت ارسالی برای روش MUEP در تمام موارد کمتر از روش TUEP است و لذا بازده روش MUEP بهتر می‌باشد. قابلیت انعطاف‌پذیری روش MUEP در معاوضه بین کیفیت ویدئوی دریافتی و نرخ بیت کلی کانال با تغییر سطوح آستانه T_h و T_l از ویژگی‌های دیگر آن می‌باشد. بهینه‌سازی سطوح آستانه و نرخ‌های پویا برای کدکننده‌های کانال در روش MUEP مسئله بسیار مهمی است که در آینده توسط مؤلفین بررسی خواهد شد.

مراجع

[1] R. Koenen, *Overview of the MPEG-4 Standard*, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M4030, 2001.

[2] B. Yan and K. M. Ng, "A survey on the techniques for the transport of MPEG - 4 video over wireless networks," *IEEE Trans. on Consumer Electronies*, vol. 48, no. 4, pp. 863-873, Nov. 2002.

[3] L. D. Soares and F. Pereira, "MPEG-4: a flexible coding standard for the emerging mobile multimedia applications," in *Proc. 9th IEEE Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, vol. 3, pp. 1335-1339, 8-11 Sep. 1998.

[4] J. Zhu, A. Matrawy, and I. Lambadaris, "Models and tools for simulation of video transmission on wireless networks," in *Proc. CCECE'04 – CCGEL'04*, Niagara Falls, May 2004.

[5] Requirements Group, *MPEG4 Applications*, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG 99/N272, Mar. 1999.

[6] T. Sikora, "Trends and perspectives in image and video coding," in *Proceeding of the IEEE*, vol. 93, no. 1, pp. 6-17, Jan. 2005.

[7] B. Yan and K. W. Ng, "Mode-base error-resilient techniqques for the robust communication of MPEG-4 video," *IEEE. Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 14, no. 6, pp. 874-879, Jun. 2004.

[8] B. Du, "Multimedia communication in wireless environment," in *Proc. 12th Int. Conf. Mult-Media Modelling*, pp. 460-464, 4-6 Jan. 2006.

[9] W. R. Heinzelman, M. Budagavi, and R. Talluri, "Unequal error protection of MPEG-4 compressed video," in *Proc. IEEE In. Conf. on Image Processing, ICIP '99,* vol. 2, pp. 530-534, Oct. 1999.

[10] C. Adsumilli and Y. H. Hu, "A dynamically adaptive constrained unequal error protection scheme for video transmission over wireless channels," in *Proc. IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing,* pp. 41-44, Dec. 2002.

[11] A. E. Mohr, E. A. Riskin, and R. E. Ladner, "Unequal loss protection: graceful degradation over packet erasure channels through forward error correction," *IEEE J. on Selected Areas in Comm.*, vol. 18, no. 7, pp. 819-828, Jun. 2000.

[12] M. Grangetto, E. Magli, M. Marzo, and G. Olmo, "Guaranteeing quality of service for image transmission by means of hybrid loss protection," in *Proc. Int. Conf. on Multimedia and Expo.,* vol. 2, pp. 469-472, 2002.

[13] S. L. Regunathan and K. Rose, "Robust video compression for time-varying wireless channels," in *Proc. Visual Comm. and Image Processing*, San Jose, CA, US, Jan. 1999.

[14] C. Lie, "On the unequal error protection for progressive image transmission," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 16, no. 9, pp. 2384-2388, Sep. 2007.

[15] G. Cheung and A. Zakhor, "Bit allocation for joint source/channel coding of scalable video," *IEEE Trans. on Image Proc.*, vol. 9, no. 3, pp. 340-356, Mar. 2000.

[16] M. G. Martini and M. Chiani, "Proportional unequal error protection for MPEG-4 video transmission," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Communications, ICC'01.*, vol. 4, pp. 1033-1037, Jun. 2001.

[17] B. Yan and K. W. Ng, "An improved unequal error protection technique for the wireless transmission of MPEG-4 video," in *Proc. ICICS-PCM*, vol. 1, pp. 513-517, 15-18 Dec. 2003.

[18] T. C. Yin, Y. C. Huang, M. H. Lin, and W. C. Chen, "Error-resilient MPEG-4 video communication over error-prone wireless networks," in *Digest of Technical Papers Int. Conf. on Consumer Electronics, ICCE'05,* pp. 313-314, Jan. 2005.

[19] J. Hagenauer, "Rate - compatible punctured convolutional codes (RCPC codes) and their applications," *IEEE Trans. on Comm.*, vol. 36, no. 4, pp. 389-399, Apr. 1988.

[20] C. Li, J. Lu, and K. B. Letaief, "Adaptive error resilient video transmission over wide-band CDMA networks," in *Proc. IEEE VTS 53rd Vehicular Technology Conf.*, vol. 3, pp. 2086-2090, May 2001.

[21] S. A. J. Winder, *ISO/IEC 14496 (MPEG-4) Video Reference Software*, version: Microsoft-FPDAM1-1.0-000403, last update: Feb. 5, 2007.

حسین قانعی یخدان تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای مهندسی برق بترتیب در سالهای ۱۳۶۷، ۱۳۷۱ و ۱۳۸۸ از دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و دانشگاه فردوسی مشهد به پایان رسانده است. از سال ۱۳۷۲ به عنوان عضو هیأت علمی در دانشگاه یزد مشغول فعالیتهای آموزشی و پژوهشی بوده و هم‌اکنون استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه یزد می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: پرداش تصاویر ثابت و متحرک، اختفای خطا، مقاوم‌سازی و کدبندی داده در مخابرات دیجیتال.

مرتضی خادمی تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق بترتیب در سالهای ۱۳۶۴ و ۱۳۶۶ از دانشگاه صتعتی اصفهان به پایان رسانده است. از سال ۱۳۶۶ الی ۱۳۷۰ نامبرده به عنوان عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد به کار مشغول بود. پس از آن به دوره دکترای مهندسی برق در دانشگاه ولونگونگ در استرالیا وارد گردیده و در سال ۱۳۷۴ موفق به اخذ درجه دکترا در مهندسی برق از دانشگاه مذکور گردید. دکتر خادمی از سال ۱۳۷۴ مجددا در دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد مشغول به فعالیت گردید و اینک نیز عضو هیأت علمی این دانشکده می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه نامبرده شامل موضوعاتی مانند مخابرات ویدئویی، فشرده‌سازی ویدئو، پردازش تصویر و استگانوگرافی ویدئو می‌باشد.

جلیل چیتی‌زاده در سال ۱۳۵۸ مدرک کارشناسی مهندسی برق خود را از دانشگاه اسکاتلند و در سال ۱۳۶۴ مدرک کارشناسی ارشد خود را در همان رشته از دانشگاه اسکس دریافت نمود. در سال ۱۳۶۸ موفق به اخذ درجه دکترا در مهندسی برق از دانشگاه لندن گردید. وی هم اکنون دانشیار گروه مخابرات دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه نامبرده شامل موضوعاتی مانند شبکه‌های بیسیم سلولی، مخابرات سیار و شبکه های مخابره داده است.

Archive of SID

www.SID.ir