بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی فناوری اطلاعات (شبکه‌های کامپیوتری)

عنوان:

ارائه یک الگوریتم زمان‌بندی برای ارسال ترافیک IPTV تعاملی در شبکه WiMAX

استاد راهنما:

دکتر صالح یوسفی

نگارش:

نازنین دنیاپور

اسفند ۹۱

فرم شماره ۹

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی مهندسی

بسمه تعالی

تاریخ :

شماره :

پایان‌نامه خانم / آقای نازنین دیابور به شماره دانشجویی ..... رشته فناوری اطلاعات - شبکه های کامپیوتری

تحت عنوان : ارائه یک الگوریتم زمانبندی برای ارسال ترافیک IPTV تعاملی در شبکه WiMAX

به تاریخ ۹۱/۱۱/۲۸ و به شماره پایان‌نامه ۹۱۸-ف۲ و با رتبه بسیار خوب و نمره ۱۸/۷۵ توسط هیئت محترم داوران ذیل مورد پذیرش قرار گرفت.

ردیف	کمیته دفاع	نام و نام خانوادگی	تاریخ و امضاء
۱	استاد راهنمای اول و رئیس هیات داوران	دکتر صالح یوسفی	
۲	استاد راهنمای دوم		
۳	استاد مشاور (در صورت وجود)		
۴	داور خارجی	دکتر مهدی چوبان امیرانی	
۵	داور داخلی	دکتر جمشید باقرزاده	
۶	نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده		

۹۱/۱۱/۲۸

سپاس گذاری

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ":

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر صالح یوسفی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛

از استاد صبور و با تقوا، جناب آقای دکتر جمشید باقرزاده، مدیریت محترم گروه، که زحمت داوری این رساله را نیز متقبل شدند

و از استاد فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر مهدی چهل امیرانی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛

کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم که همواره در طول حیات پربارشان از حمایت‌های بی‌دریغ آن‌ها بهره‌مند بوده‌ام و تقدیم به همه آنان که مرا علم آموختند.

چکیده

زمان‌بندی و تخصیص منابع به ترافیک IPTV تعاملی در سال‌های اخیر به یکی از فناوری‌های پیشرو در صنعت مخابرات تبدیل شده به طوری که یکی از مسائل اصلی در حوزه‌ی IT می‌باشد. سرویسIPTV تعاملی علاوه بر پخش کانال‌های تلویزیونی، از انتقال‌های دو طرفه برای برآورده کردن نیازهای کاربران نیز استفاده می‌کند. ترافیک IPTV تعاملی شامل چندین نوع ترافیک مختلف است که باید همزمان از طرف فرستنده به گیرندگان ارسال شوند. بنابراین طراحی یک الگوریتم زمان‌بند که بتواند این ترافیک‌ها را مدیریت کرده و منابع موجود را به طور مناسب به سرویس‌ها اختصاص دهد و کیفیت کلی ترافیک را در حد قابل قبول حفظ نماید، ضروری است. در این پایان‌نامه، ارسال ترافیکIPTV تعاملی روی شبکه‌ی WiMAX مورد بررسی قرار می‌گیرد. با بررسی‌های صورت گرفته، تا به امروز الگوریتم زمان‌بندی که قادر به پشتیبانی بهینه از ترافیک IPTV تعاملی باشد طراحی نگردیده است. بنابراین، برای پوشش مناسب ارسال ترافیک IPTV تعاملی در این پایان‌نامه یک الگوریتم زمان‌بندی چندپخشی جدید ارائه شده است. این زمان‌بند، ترافیک‌های مختلفی که در سرویس‌های IPTV وجود دارند را پشتیبانی کرده و منابع موجود را به صورت بهینه به آن‌ها اختصاص می‌دهد. الگوریتم زمان‌بندی ارائه شده، ترافیک‌های مختلف IPTV تعاملی مثل ویدیو، صوت و داده را در قالب یک جریان در نظر گرفته و یک شناسه‌ی جریان واحد به آن‌ها اختصاص می‌دهد. الگوریتم زمان‌بندی پیشنهادی قابلیت پشتیبانی از دو نوع کدگذاری ویدیو، AVC (تک لایه‌ای) و SVC (چند لایه‌ای) را دارد. طرح پیشنهاد شده می‌تواند بازدهی بالایی را برای کاربران با شرایط کانال خوب و بد ارائه دهد. برای ارزیابی الگوریتم زمان‌بندی پیشنهادی، ارسال ترافیک IPTV تعاملی روی شبکه WiMAXشبیه‌سازی شده است. در این شبیه‌سازی چندین سناریو برای ارسال ترافیک IPTV تعاملی طراحی شده است. نتایج شبیه‌سازی حاکی از آن است که با بهره‌گیری از الگوریتم زمان‌بندی پیشنهادی، ویدیو با کیفیت بهتر ارسال و تعداد فریم‌های کمتری نیز گم می‌شود که دستاورد دوم از اهمیت بالایی در ارسال ترافیک چندرسانه‌ای خصوصاً IPTV دارد. همچنین نتایج شبیه‌سازی حاکی از آن است که استفاده از کدگذاری لایه‌ای SVC می‌تواند مقیاس‌پذیری بالایی در ارسال ویدیو با کیفیت‌های متفاوت داشته باشد و به طور کلی منجر به افزایش کیفیت ویدیوی دریافتی شود.

کلمات کلیدی: زمان‌بندی،IPTV تعاملی، کدگذاری لایه‌ای، کیفیت ویدیو، H.264/SVC، WiMAX

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه و معرفی موضوع تحقیق ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مروری بر استاندارد IEEE 802.16 ..... ۳

۱-۳ فناوری WiMAX ۴

۱-۳-۱ لایه‌ی فیزیکی WiMAX ۵

۱-۳-۲ لایه‌ی کنترل دسترسی WiMAX ۹

۱-۳-۳ توپولوژی شبکه در WiMAX ۱۳

۱-۴ روش‌های تخصیص پهنای باند ۱۴

۱-۴-۱ نظرسنجی گروهی مبتنی بر رقابت ۱۷

۱-۵ معماری و ساختار QoS در IEEE 806.16 ..... ۱۸

۱-۵-۱ تخصیص حداقل تعداد برش‌های زمانی ۱۹

۱-۵-۲ سرویس زمان‌بندی UGS ۲۱

۱-۵-۳ سرویس زمان‌بندی Rtps ۲۲

۱-۵-۴ سرویس زمان‌بندی nRtps ۲۳

۱-۵-۵ سرویس زمان‌بندی BE ۲۴

۱-۶ مروری بر کدگذاری‌های ویدیو ۲۵

۱-۶-۱ کدگذاری‌های غیر مقیاس‌پذیر ۲۶

۱-۶-۲ کدگذاری‌های مقیاس‌پذیر ۲۷

۱-۷ پروتکل IPTV ۳۱

۱-۸ بیان مسئله ۳۳

۱-۸-۱ چالش‌های مسئله ۳۳

۱-۸-۲ اهداف پایان‌نامه ۳۴

۱-۸-۳ ساختار پایان‌نامه ۳۴

فصل ۲ پیشینه‌های پژوهشی ۳۶

۲-۲ مقدمه ۳۷

۲-۲ زمان‌بندهای طراحی شده برای ارسال ویدیو ۳۸

۲-۳ الگوریتم زمان‌بندی ROUND ROBIN ۳۹

۲-۴ تعریف کلاس سرویس جدید برای ارسال ویدیو ۴۰

۲-۵ زمان‌بند U-LEM برای ارسال ویدیو ۴۳

۲-۶ زمان‌بند DLRTS ۴۶
۲-۷ انتقال ترافیک IPTV با استفاده از انتقال‌های مشارکتی ۴۹
۲-۸ نوآوری تحقیق ۵۱

فصل ۳ طراحی و پیاده‌سازی یک چهارچوب برای ارسال ویدیو روی شبکه WIMAX ۵۲

۳-۱ مقدمه ۵۳
۳-۲ طراحی چهارچوب برای ارسال ویدیو ۵۳
۳-۲-۱ کد کردن و فشرده‌سازی فایل ویدیو ۵۴
۳-۲-۱-۱ کد کردن با استفاده از کدگذاری AVC ۵۶
۳-۲-۲ استخراج فایل Trace از فایل داده‌ی ویدیو ۵۸
۳-۲-۳ اضافه کردن شماره فریم با استفاده از ابزار SVEF ۶۰
۳-۲-۴ اضافه کردن مهر زمانی به فایل Trace ۶۰
۳-۲-۵ به دست آوردن زیر لایه‌های اصلی و فرعی از فایل Trace ۶۲
۳-۲-۶ ارسال روی شبکه WiMAX ۶۲
۳-۲-۷ ترکیب کردن لایه‌های دریافتی در طرف گیرنده ۶۲
۳-۲-۸ بافر کردن بسته‌های ویدیو ۶۳
۳-۲-۹ درست کردن فایل 264.* ۶۳
۳-۲-۱۰ کدگشایی فایل 264.* ۶۳
۳-۲-۱۱ جایگزین کردن فریم‌های گم شده ۶۴
۳-۳ ارزیابی کیفیت ویدیوی دریافت شده ۶۴
۳-۳-۱ محاسبه‌ی PSNR ۶۵
۳-۳-۲ محاسبه‌ی MOS ۶۵
۳-۳-۳ محاسبه‌ی آنتروپی بصری ۶۷

فصل ۴ طراحی و پیاده‌سازی زمان‌بند پیشنهادی ۷۲

۴-۱ مقدمه ۷۳
۴-۲ الگوریتم زمان‌بندی ارائه شده ۷۴
۴-۲-۱ لزوم تعریف کلاس جدید I-IPTV ۷۵
۴-۲-۲ تعریف کلاس سرویس جدید I-IPTV ۷۷
۴-۲-۳ شناسایی جریان‌ها در زمان‌بند ۷۷
۴-۳ زمان‌بند I-IPTV پیشنهادی ۷۹

فصل ۵ شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج ۸۳

۵-۱ مقدمه ۸۴
۵-۲ طراحی لایه‌ی فیزیکی WiMAX برای شبیه‌سازی ۸۵
۵-۲-۱ نمونه انتشار کانال ۸۸
۵-۲-۲ مدولاسیون وفق داده شده ۸۸
۵-۳ تولید جریان ترافیک‌ها ۸۹
۵-۳-۱ ترافیک ویدیو ۸۹
۵-۳-۲ ترافیک EPG ۹۰
۵-۳-۳ ترافیک Audio ۹۰
۵-۳-۴ ترافیک IData ۹۰
۵-۳-۵ ساختار شبکه‌ی Wimax ۹۰
۵-۳-۶ سناریوهای تعریف شده ۹۴
۵-۴ نتایج شبیه‌سازی ۹۵
فصل ۶ نتیجه‌گیری ۱۰۴

فهرست جداول

جدول ۱-۱ پارامترهای کدگذاری لایه‌ی فیزیکی WiMAX [۵] ۸
جدول ۱-۲ پارامترهای QOS جریان سرویس [۸] ۱۲
جدول ۱-۳ مقایسه‌ی حالت PMP با حالت Mesh [۹] ۱۴
جدول ۳-۱ دسته‌های درجه‌بندی ACR ۶۶
جدول ۳-۲ نگاشت بین مقادیر MOS و مقادیر PSNR ۶۶
جدول ۴-۱ نحوه‌ی شناسایی جریان‌های مختلف در زمان‌بند IPTV ۷۸
جدول ۴-۲ اختصاص ترافیک‌های منبع B به کلاس سرویس‌ها در WiMAX استاندارد ۸۲
جدول ۴-۳ اختصاص ترافیک‌های منبع B به کلاس سرویس‌ها در حضور زمان‌بند پیشنهادی ۸۲
جدول ۵-۱ پارامترهای شبیه‌سازی لایه‌ی فیزیکی ۸۷
جدول ۵-۲ ارتباط بین مدولاسیون و بازه‌های دارای کمترین BER ۸۸
جدول ۵-۳ مشخصات فایل‌های ویدیویی ارسال شده روی شبکه‌ی WiMAX ۹۱
جدول ۵-۴ نوع ویدیوهای ارسال شده برای گروه‌های چندپخشی ۹۳
جدول ۵-۵ تعداد لایه‌های ویدیوی ارسال شده ۹۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ استانداردها و پیش‌نویس‌های منتشر شده‌ی IEE 802.16 [۳] ۴
شکل ۱-۲ مقایسه‌ی انواع مختلف لایه‌های فیزیکی WiMAX [۷] ۶
شکل ۱-۳ ارتباط بین سلول‌های رادیویی، قدرت سیگنال و نوع مدولاسیون [۵] ۷
شکل ۱-۴ ساختار لایه‌ی فیزیکی WiMAX [۵] ۸
شکل ۱-۵ مدل ارجاعی استاندارد IEEE 802.16 [۲] ۹
شکل ۱-۶ قالب فریم MAC و پیغام‌های مدیریتی [۶] ۱۱
شکل ۱-۷ توپولوژی نقطه به چند نقطه در شبکه‌ی WiMAX [۹] ۱۳
شکل ۱-۸ توپولوژی چند نقطه به چند نقطه در شبکه‌ی WiMAX [۹] ۱۴
شکل ۱-۹ روش تخصیص پهنای باند بدون درخواست [۹] ۱۵
شکل ۱-۱۰ مکانیزم نظرسنجی تک‌پخشی [۶] ۱۶
شکل ۱-۱۱ مکانیسم نظرسنجی گروهی مبتنی بر رقابت [۹] ۱۸
شکل ۱-۱۲ معماری QoS استاندارد IEEE 802.16 [۱۲] ۱۹
شکل ۱-۱۳ مکانیزم تخصیص فراسو در سرویس زمان‌بندی UGS [۹] ۲۲
شکل ۱-۱۴ مکانیزم تخصیص فراسو در سرویس زمان‌بندی Rtps [۹] ۲۳
شکل ۱-۱۵ مکانیزم تخصیص فراسو در سرویس زمان‌بندی nRtps [۹] ۲۴
شکل ۱-۱۶ تخصیص پهنای باند در کلاس سرویس BE [۹] ۲۵
شکل ۱-۱۷ یک مثال از کدگذاری MPEG با GOP(N=9,M=3) [۱۵] ۲۷
شکل ۱-۱۸ ساختار کدگذاری H.264/SVC برای مقیاس‌پذیری فضایی ۲۸
شکل ۱-۱۹ ساختار سلسله مراتبی عکس‌های B برای مقیاس‌پذیری زمانی [۱۶] ۲۸
شکل ۱-۲۰ نمونه‌ای از مقیاس‌پذیری زمانی [۱۵] ۲۹
شکل ۱-۲۱ مقیاس‌پذیری فضایی [۱۷] ۲۹
شکل ۱-۲۲ ساختار سرآیند NALU کدگذاری SVC [۱۸] ۳۰
شکل ۱-۲۳ نمای گرافیکی معماری IPTV [۲۱] ۳۲
شکل ۲-۱ نحوه‌ی زمان‌بندی صف‌ها به روش Round Robin [۲۳] ۴۰
شکل ۲-۲ انواع جریان‌های ویدیو از منابع مختلف و روش شناسایی آن‌ها [۸] ۴۱
شکل ۲-۳ سیگنالینگ برای تشکیل کلاس سرویس artPS [۸] ۴۲
شکل ۲-۴ صف تشکیل شده در ایستگاه پایه برای جریان‌های مختلف [۸] ۴۳
شکل ۲-۵ ارتباط بین برنامه‌ی m و تعداد لایه‌های آن و تعداد کاربران [۲۴] ۴۴
شکل ۲-۶ مقدار سودمندی محاسبه شده برای برنامه m [۲۴] ۴۵
شکل ۲-۷ الگوریتم همه‌پخشی لایه‌های کد شده با مقدار سودمندی ۴۶

شکل ۲-۸ نمای گرافیکی زمان‌بند DLRTS ۴۷
شکل ۲-۹ تصویر زمان‌بندی چندپخشی مشارکتی ۵۰
شکل ۳-۱ چهارچوب طراحی شده برای ارسال ویدیو روی شبکه‌ی WiMAX..... ۵۳
شکل ۳-۲ پارامترهای فایل main.cfg..... ۵۵
شکل ۳-۳ نمونه فایل تنظیمات layer0.cfg..... ۵۵
شکل ۳-۴ فایل تنظیمات کدگذاری AVC ۵۶
شکل ۳-۵ فایل متنی حاصل از کدگشایی فایل داده‌ی ویدیو ۵۷
شکل ۳-۶ فایل Trace استخراج شده از فایل داده ویدیو ۵۸
شکل ۳-۷ مشخصات نمونه فایل کد شده با کدگذاری SVC ۵۹
شکل ۳-۸ فایل Trace که با استفاده از آن داده بر روی شبکه ارسال می‌شود ۶۱
شکل ۳-۹ ساختار تبدیل ویولت سه مرحله‌ای ۶۸
شکل ۳-۱۰ تصویر تبدیل یافته با ویولت دو مرحله‌ای ۶۹
شکل ۴-۱ جریان سرویس‌های IPTV تعاملی [۳۴] ۷۴
شکل ۴-۲ سیگنالینگ بین BS و SS برای تشکیل جریان سرویس..... ۷۵
شکل ۴-۳ سیگنالینگ برای تشکیل جریان Rtps ۷۶
شکل ۴-۴ سیگنالینگ برای تشکیل جریان ویدیوی لایه‌ای ۷۹
شکل ۴-۵ نمای گرافیکی زمان‌بند پیشنهادی برای ترافیک IPTV تعاملی..... ۸۰
شکل ۴-۶ صف‌های جریان‌های اصلی در WiMAX..... ۸۱
شکل ۴-۷ صف جریان‌های مختلف ترافیک Iiptv ۸۱
شکل ۵-۱ ساختار پیمانه‌ی WiMAX نرم‌افزار شبیه‌سازی NS-3 [۳۵] ۸۴
شکل ۵-۲ نمودار SNR بر حسب BER لایه‌ی فیزیکی WiMAX نرم‌افزار NS-3 .....۸۶
شکل ۵-۳ نمودار SNR بر حسب BER لایه‌ی فیزیکی شبیه‌سازی شده..... ۸۷
شکل ۵-۴ مدل قرار گرفتن گروه‌های چندپخشی اطراف ایستگاه پایه ۹۱
شکل ۵-۵ ساختار مدل پیشنهادی برای ارسال ترافیکIPTV تعاملی ۹۲
شکل ۵-۶ تعداد فریم‌های گم‌شده برای ویدیوی Crew در سناریوهای مختلف ۹۵
شکل ۵-۷ تعداد فریم‌های گم‌شده برای ویدیوی Soccer در سناریوهای مختلف ۹۶
شکل ۵-۸ تعداد فریم‌های گم‌شده برای ویدیوی City در سناریوهای مختلف.....۹۶
شکل ۵-۹ مقدار پیک سیگنال به نویز برای ویدیوی Crew در سناریوهای مختلف ۹۷
شکل ۵-۱۰ مقدار پیک سیگنال به نویز برای ویدیوی Soccer در سناریوهای مختلف..... ۹۸
شکل ۵-۱۱. مقدار پیک سیگنال به نویز برای ویدیوی City در سناریوهای مختلف ۹۸
شکل ۵-۱۲ نمودار مقایسه‌ی مقدار MOS برای ویدیوی Crew در سناریوهای مختلف ۹۹
شکل ۵-۱۳ نمودار مقایسه‌ی مقدار MOS برای ویدیوی Soccer در سناریوهای مختلف.....۱۰۰

شکل ۵-۱۴ نمودار مقایسه‌ی مقدار MOS برای ویدیوی City در سناریوهای مختلف ۱۰۰
شکل ۵-۱۵ نمودار درصد گم‌شدگی بسته برای جریان ترافیک EPG در سناریوهای مختلف ۱۰۱
شکل ۵-۱۶ نمودار درصد گم‌شدگی بسته برای جریان ترافیک IData در سناریوهای مختلف ۱۰۲
شکل ۵-۱۷ فریم‌های دریافت شده از سناریوهای مختلف برای ویدیوی Crew ۱۰۳

فهرست علائم اختصاری

ATM	Asynchronous Transfer Mode
BCC	Block Convolutional Coding
BE	Best Effort
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BR	Bandwidth Request
BS	Base Station
BTC	Base Station
CID	Connection Identification Number
Cps	Common Part Sublayer
Cs	Convergence Sublayer
DCD	Downlink Channel Description
DL	Down Link
DSA-REQ	Dynamic Service Addition Request
ERTPS	Extended Real-Time Polling Service
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCFS	First Come First Serve
FDD	Frequency Division Depleting
FEC	Forward Error Correction
FFT	Fast Furies Transform
IE	Information Element
IPTV	Internet Protocol Television
ITU	International Telecommunication Union
JVT	Joint Video Team
LDPC	Low Density Parity Check Coding
LOS	Line of Sight
MAC	Medium Access Control
MPEG	Moving Picture Experts Group
NLOS	None-Line of Sight
nrtPS	Non-Real-Time Polling Service
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PMP	Point to Multi Point
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RNG-REQ	Ranging Request
RS	Reed Solomon
RS-CC	Reed-Solomon-convolutional coding
rtPS	Real Time Polling Service
SIP	Service Access Point
SS	Subscriber Station
SSF	Shortest Slack First
SSF-W	Shortest Slack First with Waiting
TDD	Time Division Duplexing
UCD	Uplink Channel Description
UGS	Unsoliciteid Grant Service
UL	Up Link
VOD	Video On Demand
VOIP	Voice Over IP
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

فصل ۱ مقدمه و معرفی موضوع تحقیق

۱–۱ مقدمه

صنعت مخابرات و فناوری‌های متعدد و پیشرفته‌ی حاصل از آن، علاوه بر ایجاد زمینه‌ی دسترسی بیشتر به امکانات ارتباطی ، امکان پیشرفت و توسعه‌ی بسیاری از صنایع و فناوری‌های دیگر را فراهم آورده است.

در میان فناوری‌های باند وسیع، WiMAX[1] از آخرین دستاوردهای مخابرات دنیاست، که امکان ایجاد و گسترش شبکه‌های انتقالی چون اینترنت، شبکه‌های خصوصی مجازی[2]، صوت در بستر IP[3] ، ویدیو در بستر IP و غیره را در گستره‌ای به وسعت شهر فراهم آورده است. این شبکه می‌تواند نقش مهمی را در افزایش دسترسی مردم به اطلاعات و سرویس‌های نوین الکتریکی ایفاء نماید. در این میان آنچه نسل‌های مختلف فناوری بی‌سیم را از هم متمایز می‌کند، سرعت و وسعت دسترسی به آن‌هاست. این شبکه دارای ویژگی‌های برجسته‌ای است که آن را به عنوان یکی از فناوری‌های پیشرو و رو به رشد دهه‌ی اخیر تبدیل کرده است. در وهله‌ی اول، WiMAX قابلیت پشتیبانی از کیفیت خدمات در لایه‌ی MAC[4] را داراست به این دلیل که لایه‌ی MAC آن بر اساس زمان‌بندی است نه رقابت. زمان‌بندی به این معنی که، قبل از اینکه ارسال به وسیله‌ی یک گره انجام گیرد، زمان و طول این ارسال از قبل مشخص می‌شود. علاوه بر این ویژگی، WiMAX پهنای باند نسبتاً بالایی را توأماً با یک محدوده‌ی ارسال بالا، ارائه می‌کند.

در این راستا استاندارد WiMAX، به عنوان پدیده‌ای نو ظهور در عرصه‌ی ارتباطات از لحاظ سهولت دسترسی، پهنای باند وسیع، سرعت سرویس‌دهی و پوشش رادیویی عملکرد مناسبی را از خود نشان داده است. با توجه به سرعت و برد قابل توجه این فناوری می‌توان به ارائه‌ی سرویس‌هایی چون VoIP، IPTV[5]، ویدیو و اینترنت با کیفیتی مناسب امیدوار بود.

این ویژگی‌هایی که به طور کلی از شبکه‌ی WiMAX ارائه شد، آن را به عنوان زیرساختی مناسب، برای ارسال تلویزیون تحت پروتکل اینترنت تبدیل کرده است. بنابراین، داشتن یک مکانیزم زمان‌بندی کارا جهت سرویس‌دهی به این سرویس‌ها و برآورده کردن نیازهای QoS[6] متناظرشان از ضروریات شبکه‌ی WiMAX و از چالش‌های آن است.

---

[1] Worldwide Interoperability for Microwave Access
[2] VPN
[3] Voice Over IP
[4] Medium Access Control
[5] Internet Protocol base Television
[6] Quality Of Service

ویدیوی IPTV که روی شبکه ارسال می‌شود با استفاده از کدگذاری‌های مختلف فشرده و اطلاعات اضافی آن حذف می‌شود. در این پایان‌نامه از دو نوع کدگذاری ویدیویی مقیاس‌پذیر و کدگذاری غیر مقیاس‌پذیر برای فشرده‌سازی ویدیو ارسالی استفاده می‌شود.

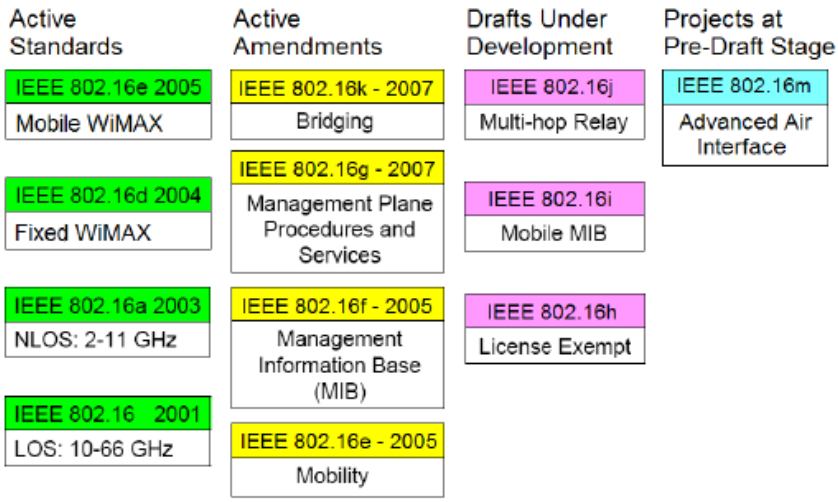
در این فصل، مروری بر WiMAX، استاندارد IEE 802.16، کدگذاری SVC و فناوری IPTV آمده است و سپس به تعریف مسئله پرداخته می‌شود.

۱-۲ مروری بر استاندارد IEEE 802.16

استاندارد IEEE 802.16 در اکتبر سال ۲۰۰۱ کامل و در ۸ آوریل ۲۰۰۲ منتشر شد، که مشخصات رابط هوایی WirelessMAN را برای شبکه‌های بی‌سیم شهری تعریف می‌کند. این استاندارد محدوده‌ی فرکانس ۱۰-۶۶ گیگاهرتز با پهنای باند نظری حداکثر ۱۲۰ Mb/s و محدوده‌ی انتقال حداکثر ۵۰ کیلومتر را شامل می‌شود و تنها از دید مستقیم (LOS)[1] پشتیبانی می‌کند [۱]. این استاندارد یک واسط هوایی که شامل لایه‌ی کنترل دسترسی رسانه و لایه‌ی فیزیکی می‌باشد، را تعریف می‌کند. مشخصه‌ی اصلی لایه‌ی فیزیکی پشتیبانی از مالتی‌پلکسینگ تقسیم فرکانسی متعامد (OFDM)[2] است، که در آن دسترسی چندگانه با اختصاص یک زیرمجموعه از حامل‌ها به هر کاربر به دست می‌آید.

استاندارد دیگری به نام IEEE 802.16a در ماه آوریل سال ۲۰۰۳ ارائه شد، که از انتقال‌های با دید غیرمستقیم (NLOS)[3] پشتیبانی می‌کرد و محدوده‌ی فرکانس ۲-۱۱ گیگاهرتز را شامل می‌شد. یکی از مشکلات اساسی در پیش‌نویس این استاندارد تعریف پروفایل‌ها و لایه‌های فیزیکی متعددی بوده است به همین خاطر، این مسئله در کمیته‌ی IEEE مطرح و هدف بر روی چندین پروفایل اصلی تعیین گردید [۲]. بازنگری‌های بیشتر به ظهور یک استاندارد جدید در سال ۲۰۰۴ منجر شد. این استاندارد که IEEE 802.16 2004 نامیده می‌شود (همچنین به نام IEEE 802.16d شناخته شده است)، توانست نسخه‌های قبلی را کنار بزند. از آنجایی که این استاندارد مشخصات فنی برای دسترسی بی‌سیم ثابت را ارائه می‌داد، تحت عنوان WiMAX ثابت شناخته شد. در دسامبر ۲۰۰۵ کارگروه 802.16d، استاندارد بهبود یافته‌ی 802.16e 2005 را ارائه داد که کاربردهای متحرک و سیار را در بر می‌گرفت و به نام WiMAX موبایل شناخته شد (شکل ۱-۱).

[1] Line of Sight
[2] Orthogonal Frequency Division Multiplexing
[3] None Line of Sight



شکل ۱-۱ استانداردها و پیش‌نویس‌های منتشر شده‌ی IEE 802.16 [۳]

۱-۳ فناوری WiMAX

واژه‌ی WiMAX سرواژه‌ی همکاری جهانی برای دسترسی ماکروویو[1]، یک فناوری نوظهور برای دسترسی‌های بی‌سیم پهنای باند وسیع است که، بر اساس استانداردهای IEEE 802.16-2004/2005 بنا شده است.این استاندارد برای ارائه‌ی نرخ داده‌ی بالا تا ۱۰۰ Mbps و پوشش شبکه تا ۵۰ کیلومتر برای کاربران ثابت و موبایل طراحی شده است. فناوری دسترسی بی‌سیم WiMAX با تکیه بر توانمندی‌های استاندارد IEEE 802.16 نویدبخش شبکه‌های بی‌سیم باند وسیع شهری یکپارچه است. یکی از نکات قابل توجه و حائز اهمیت در مورد فناوری WiMAX این است که این فناوری بر بستر IP بنا شده و برای انتقال صوت، عکس، فیلم و داده از محیط واسط هوایی استفاده می‌نماید. تجهیزات مبتنی بر WiMAX ضمن رعایت استاندارد IEEE 802.16 و سایر استانداردهای رادیویی لازم طبق توصیه‌نامه‌های ITU[2] و استانداردهای ETSI[3] سعی در ایجاد بستر دسترسی باند وسیع صوت و داده به صورت بی‌سیم را دارند. طبق تعریف استاندارد 802.16 محدوده‌ی فرکانسی این استاندارد، ۲ الی ۶۶ گیگاهرتز می‌باشد که به خاطر ماهیت این باندها، به دو زیر محدوده‌ی پایین‌تر از ۱۱ GHz و محدوده‌ی ۱۰ الی ۶۶ گیگاهرتز تقسیم می‌گردند. در محدوده‌ی فرکانسی ۱۰ الی ۶۶ گیگاهرتز به علت طول موج بسیار کوتاه، ارتباط دید مستقیم بین فرستنده و گیرنده ضروری است و انتشار چند مسیری هم زیاد نیست. محدوده‌ی پایین‌تر از ۱۱ گیگاهرتز به علت طول موج‌های بلندتر در این باندهای فرکانسی، وجود ارتباط دید مستقیم بین فرستنده و گیرنده الزامی نیست [۴].

[1] Wordwide Interoperability for Microwave Access
[2] International Telecommunication Union
[3] European Telecommunications Standards Institute

نسخه‌ی ثابت فناوری WiMAX طبق استاندارد IEEE 802.16 بوده و نسخه‌ی موبایل این فناوری طبق استاندارد IEEE 802.16e مصوب سال ۲۰۰۵ می‌باشد. قابلیت عملکرد این فناوری به هر دو صورت دید مستقیم و همچنین دید غیرمستقیم، آن را جالب توجه و مقرون به صرفه می‌سازد. از همان ابتدا این فناوری به عنوان وسیله‌ای برای تأمین دسترسی بی‌سیم باند وسیع در سیستم‌های شبکه‌های شهری در نظر گرفته شده است به طوری که، عملکرد و سرویس‌های آن با سرویس‌های متداول DSL[1] ، کابل و یا خطوط اجاره‌ای T1/E1 قابل مقایسه بوده و حتی بهتر می‌باشد [۴].

۱-۳-۱ لایه‌ی فیزیکی WiMAX

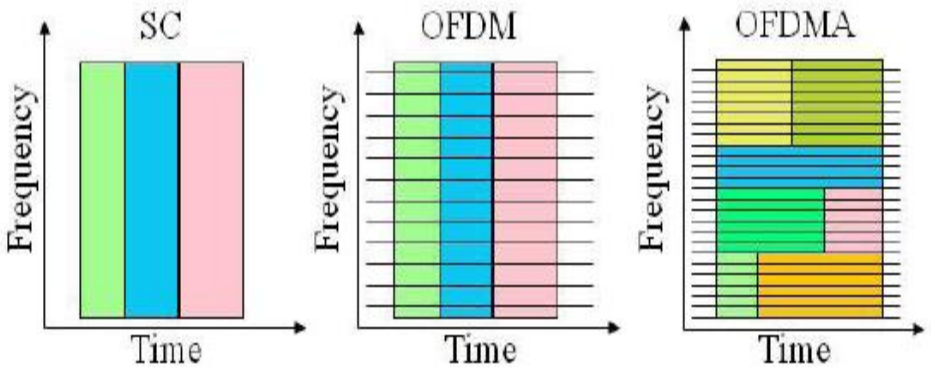
WiMAX با قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی طراحی شده است. این استاندارد از واسط‌های هوایی متفاوت، مدولاسیون و کدگذاری‌های مختلف استفاده می‌کند تا کارایی بهینه را برای کاربرانی که قدرت سیگنال و نیازهای متفاوتی دارند، فراهم سازد. WiMAX از واسط‌های هوایی متفاوت مثل واسط هوایی تک حامله و مالتی‌پلکسینگ تقسیم فرکانسی متعامد پشتیبانی می‌کند [۵].

استاندارد WiMAX برای محدوده‌ی فرکانسی ۱۰ تا ۶۶ گیگاهرتز از لایه‌ی فیزیکی WirelseeMAN-SC که بر اساس مدولاسیون تک حامله تعریف می‌شود، استفاده می‌کند. برای فرکانس‌های زیر ۱۱ گیگاهرتز جایی که انتشار بدون دید مستقیم لازم است، سه گزینه‌ی مختلف ارائه شده است، WirelessMAN-SCa با استفاده از مدولاسیون تک حامله، WirelessMAN-OFDM با استفاده از مالتی‌پلکسینگ تقسیم فرکانسی متعامد و WirelessMAN-OFDMA با بهره‌گیری از دسترسی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی متعامد تعریف شده‌اند [۶].

مدولاسیون و استراتژی‌های تصحیح خطای متنوعی مثل FEC[2]، RS[3]، BCC[4]، RS-CC[5] ترکیبی، BTC[6] و LDPC[7] در WiMAX استفاده می‌شود. یک پیاده‌سازی رایج از واسط هوایی OFDM با FFT برابر ۲۵۶ است. کد کردن کانال سیگنال در سه مرحله‌ی تصادفی سازی[8]، تصحیح خطا و پخش لفافی[9] صورت می‌گیرد.

[1] Data Subscriber Line
[2] Forward Error Correction (FEC)
[3] Reed Solomon (RS)
[4] Block Convolutional Coding (BCC)
[5] Reed-Solomon-convolutional coding (RS-CC)
[6] Block Turbo Coding (BTC)
[7] Low Density Parity Check Coding (LDPC)
[8] Randomization
[9] Interleaving

واسط OFDM از کدگذاری ترکیبی RS-CC استفاده می‌کند، یعنی ابتدا سیگنال داده‌ی ورودی را با روش کدگذاری CC کد می‌کند و سپس از روش RS به عنوان کدگذاری بیرونی استفاده می‌کند. OFDM یک فناوری پیشرو برای دستیابی به نرخ ارسال داده‌ی بالا و غلبه بر محوشدگی در شبکه‌های بی‌سیم است. OFDM ابزاری است که به خاطر بازه سمبل طولانی، در شرایط دید غیرمستقیم بهتر عمل می‌کند. در شکل (۱-۲) مقایسه‌ی بین کانال‌های ارتباطی تک حامله و OFDM نشان داده شده است [۵].



شکل ۱-۲ مقایسه‌ی انواع مختلف لایه‌های فیزیکی WiMAX [۷]

OFDM به خاطر قابلیت انتقال داده با نرخ زیاد، در کانال‌های با دید مستقیم و دید غیرمستقیم مورد توجه سیستم‌های دسترسی بی‌سیم قرار گرفت. اولین پیاده‌سازی از OFDM که با موفقیت زیادی همراه بود در شبکه‌ی بی‌سیم استاندارد IEEE 802.11 بود. استاندارد بعدی که از OFDM استفاده کرد استاندارد IEEE 802.16 بود، این استاندارد علاوه بر استفاده از مالتی‌پلکسینگ تقسیم فرکانسی متعامد از مدولاسیون‌های زیر نیز برای افزایش کیفیت سرویس ارائه شده استفاده می‌کند.

- شیفت گسسته‌ی فاز باینری (BPSK[۱])
- شیفت گسسته‌ی فاز چهارگانه (QPSK[۲])
- مدولاسیون دامنه‌ی چهارگانه با ۱۶ سطح سیگنال (16-QAM[۳])
- مدولاسیون دامنه‌ی چهارگانه با ۶۴ سطح سیگنال (64-QAM)

این مدولاسیون‌ها کارایی بالا با حداکثر نرخ ارسال داده را فراهم می‌سازند. هر چقدر پیچیدگی مدولاسیون بالاتر باشد نرخ ارسال داده نیز بیشتر می‌شود، اما این افزایش نرخ ارسال در صورت وجود نویز کارایی را

[1] Binary Phase Shift Keying
[2] Quadrature Phase Shift Keying
[3] Quadrature Amplitude Modulation