بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه کامپیوتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش

معماری سیستم

بهبود مشخصات صدا جهت احراز کیفیت سرویس آن در شبکه‌های IP-WiMAX

استاد راهنما:

دکتر ناصر موحدی‌نیا

پژوهشگر:

رئوف طاهری

آبان ماه ۱۳۸۹

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری سیستم

بهبود مشخصات صدا جهت احراز کیفیت سرویس آن در شبکه های IP-Wimax

در تاریخ ۱۳۸۹/۸/۱۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه خوب به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر ناصر موحدی نیا با مرتبه ی علمی دانشیار — امضا

۲- استاد داور داخل گروه دکتر کمال جمشیدی با مرتبه علمی استادیار — امضا

۳- استاد داور خارج از گروه دکتر محمد جواد امیدی با مرتبه علمی استادیار — امضا

امضای مدیر گروه

چکیده

شبکه های **Wimax** یکی از مهمترین شبکه های بی سیم است که بدلیل ویژگی ها و کاربردهای خاصی که دارد امروزه از اهمیت فوق العاده ای برخوردار شده است. بنابراین اگر بتوان صوت را با کیفیت بالایی در این شبکه ها و با استفاده از پروتکل **IP** ارسال کرد، در این صورت می توان سرویس تلفن سهل الوصول، ارزان قیمت و قابل تجمیع با خدمات دیگر شبکه اینترنت ایجاد نمود. به منظور تأمین کیفیت صدا که معمولا بدلیل ترافیک بالای شبکه و زیاد بودن تأخیر[1] و افت[2] تهدید می گردد، می توان دو رهیافت کلی ارائه داد: ۱- بازسازی و تخمین بسته های گم شده در طرف گیرنده ۲- پوشش بسته های گم شده در طرف فرستنده. در رهیافت اول، بسته های از بین رفته یا بیش از اندازه تأخیر یافته در طرف دریافت، پیش بینی و بازسازی می شوند. در رهیافت دوم، در صورتی که میزان تأخیر در مقصد زیاد باشد، گیرنده به مبدأ اطلاع می دهد تا نرخ ارسال بسته ها را به صورتی کاهش دهد که شنونده اثر تأخیر را احساس نکند. در این رساله با مطالعه و معرفی الگوریتم های مختلفی که تاکنون جهت بازسازی و پیش بینی بسته های گم شده در طرف دریافت ارائه شده است، الگوریتم دیگری بر اساس فیلترهای وفقی **LMS** و **RLS** به منظور افزایش تحمل پذیری ترافیک صدا بر روی شبکه **IP** بر پی بستر شبکه **Wimax** ارائه شده است تا نیازمندی های کیفیت سرویس (**Qos**) با سهولت بیشتری تأمین گردد. در این الگوریتم بازسازی بسته های گم شده بر اساس ترکیبی از بسته های سالم قبل و بعد از بسته گم شده صورت می گیرد. همچنین نتایج شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی با نتایج سایر الگوریتم ها مقایسه شده است. از سوی دیگر، با توجه به اینکه در محیط های بی سیم واقعی، بعلت بالا بودن میزان نویز ممکن است نرخ گم شدن بسته ها زیاد شود، لذا در چنین شرایطی بایستی تخمین گرهای تحمل‌پذیر نویز استفاده شود. در این پایان نامه، نسخه اصلاح شده ای از الگوریتم LMS موسوم به QI-LMS ارائه شد. نتایج آزمایشات نشان دادند که الگوریتم QI-LMS نسبت به سایر الگوریتم های وفقی در محیط های نویزی کارائی بالایی دارد.

کلید واژه ها: شبکه Wimax، کیفیت صوت، بازسازی بسته های گم شده (PLC[3])، کیفیت سرویس، فیلترهای وفقی، الگوریتم QI-LMS، انتقال صوت بر روی پروتکل IP.

[1] Delay
[2] Jitter
[3] Packet Loss Concealment (PLC)

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و معرفی

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ ویژگی های مهم Wimax ۲

۱-۳ کیفیت سرویس در شبکه Wimax ۴

۱-۴ بیان مساله ۵

۱-۵ سیستم ارائه شده در پایان نامه ۶

۱-۶ ساختار پایان نامه ۶

فصل دوم: مقدمه‌ای بر WiMAX، VoIP و کدگذار صوتی CS-ACELP

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ پشته‌ی پروتکلی استاندارد IEEE 802.16 ..... ۱۰

۲-۳ حالت‌های PMP و Mesh در شبکه WiMAX ۱۱

۲-۴ کیفیت خدمات (QoS) در WiMAX ۱۴

۲-۴-۱ معماری و ساختار QoS در IEEE 806. 16 ..... ۱۴

۲-۴-۲ تخصیص مینیمم تعداد اسلات‌ها ۱۵

۲-۴-۳ سرویس زمانبندی UGS ۱۷

۲-۴-۴ تحلیل ریاضی کلاس UGS ۱۸

۲-۴-۵ سرویس زمانبندی rtps ۱۸

۲-۴-۶ تحلیل ریاضی کلاس rtps ۱۹

۲-۴-۷ سرویس زمانبندی nrtps ۲۰

۲-۴-۸ تحلیل ریاضی کلاس nrtps ۲۱

۲-۴-۹ سرویس زمانبندی ertps ۲۱

۲-۴-۱۰ تحلیل ریاضی کلاس ertps ۲۲

۲-۴-۱۱ سرویس زمانبندی BE ۲۲

۲-۴-۱۲ تحلیل ریاضی کلاس BE ۲۳

۲-۵ VoIP: انتقال صوت بر روی اینترنت ۲۴

۲-۶ چگونگی عملکرد VOIP ۲۵

عنوان **صفحه**

۲-۷ الگوریتم CS-ACELP ۲۶
۲-۷-۱ کد گذار ۲۷
۲-۷-۲ دیکدر ۲۹
۲-۷-۳ تأخیر ۳۰
۲-۸ جمع بندی ۳۰

فصل سوم: نیازمندی‌های کیفیت سرویس (Qos) در شبکه‌های Wimax و رهیافت‌های مدیریت و بهبود آن

۳-۱ مقدمه ۳۱
۳-۲ بازنگری تکنولوژی Wimax ۳۳
۳-۲-۱ CIR و MIR ۳۶
۳-۲-۲ تنظیم پارامتر ۳۷
۳-۲-۳ معماری QoS ۳۸
۳-۳ زمانبندی QoS در شبکه های Wimax ۴۰
۳-۴ سنجش عملکرد و آزمایشات ۴۴
۳-۵ مدل E هر بسته ۴۵
۳-۶ پیکر بندی بستر آزمایشی ۴۷
۳-۶-۱ تنظیمات Alvarion Breeze MAX ۴۸
۳-۶-۲ الگوهای ترافیک ۴۹
۳-۷ سنجش عملکرد ۵۰
۳-۷-۱ تأخیر : مقایسهٔ ماهوارهٔ ارتباطی و ایستگاه زمینی ۵۲

فصل چهارم: الگوریتم PLC ترکیبی جهت بازسازی بسته های گم شده سیگنال های صوت در Wimax

۴-۱ مقدمه ۵۷
۴-۲ الگوریتم های PLC طرف گیرنده ۵۹
۴-۲-۱ الگوریتم برونیابی مبتنی بر فریم سالم قبلی (بازسازی فریم بعدی) ۶۰
۴-۲-۲ الگوریتمهای PLC درونیاب ۶۰
۴-۳ الگوریتم پیشنهادی بازسازی بسته های گمشده: Forward-Backward-PLC ۶۱

عنوان **صفحه**

۴-۳-۱ نحوه تخمین در بخش پیشرو الگوریتم پیشنهادی ۶۳
۴-۳-۲ نحوه تخمین در بخش پسرو الگوریتم پیشنهادی ۶۳
۴-۳-۳ الگوریتم پیشنهادی: ترکیب تخمینگرهای پیشرو و پسرو ۶۴
۴-۴ مروری بر الگوریتم های وفقی RLS و LMS و ارائه الگوریتم پیشنهادی QI-LMS ۶۴
۴-۴-۱ الگوریتم RLS ۶۵
۴-۴-۲ الگوریتم LMS ۶۶
۴-۴-۳ مروری بر کارهای انجام شده در کوانتیزاسیون فیلترهای وفقی ۶۷
۴-۴-۴ الگوریتم پیشنهادی QI-LMS ۶۹
۴-۵ ارزیابی کارایی الگوریتم های سه گانه فوق ۷۵
۴-۵-۱ معیارهای سنجش کیفیت صوت ۷۵
۴-۵-۲ نتایج آزمایشات ۷۶

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه گیری ۸۲
۵-۲ پیشنهادات ۸۳
منابع و مآخذ ۸۴

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ : پشتهٔ پروتکلی استاندارد 802.16 ..... ۱۰
شکل۲-۲: ساختار فریم برای حالت Mesh ۱۲
شکل۲-۳: ساختار فریم برای حالت PMP [۵۹] ۱۲
شکل ۲-۴: توپولوژی نقطه به چند نقطه (PMP) در شبکه WiMAX [۵۹] ۱۲
شکل ۲-۵ : توپولوژی چند نقطه به چند نقطه (Mesh) در شبکه WiMAX [۵۹] ۱۳
شکل ۲-۶ : معماری QoS استاندارد IEEE 802.16 [۶۲]. ۱۴
شکل ۲-۷: مکانیسم تخصیص فراسو در سرویس زمانبندی UGS [۶۲] ۱۸
شکل ۲-۸: مکانیسم تخصیص فراسو در سرویس زمانبندی rtps [۵۹] ۱۹
شکل۲-۹: مکانیسم تخصیص فراسو در سرویس زمانبندی nrtps [۵۹] ۲۰
شکل۲-۱۰: مکانیسم تخصیص فراسو در سرویس زمانبندی BE [۵۹] ۲۳
شکل ۲-۱۱: بلوک دیاگرام مدل مفهومی سنتز CELP ۲۷
شکل ۲-۱۲: اساس کدگذار در CS-ACELP. ۲۸
شکل ۲-۱۳: اساس کد گشا در CS-ACELP. ۲۹
شکل۳-۱: پیکربندی نوعی سیستم Wimax ۳۲
شکل۳-۲: معماری پروتکل IEEE 802.16 ..... ۳۴
شکل ۳-۳. نمایش گرافیکی معماری (ساختار) سلسله مراتبی ۴۱
شکل۳-۴: آزمایش Wimax ۴۵
شکل۳- ۵ : عملکرد میانگین در هر جلسه VoIP در واحد تعداد افزایشی VoIP در هر SS ۵۰
شکل ۳-۶ : میانگین تأخیرات در مقابل افزایش جریانهای VoIP در SS برای کدک های مختلف ۵۱
شکل۳-۷ : نرخ از دست دادن بسته ها در جریان VoIP درهر SS با استفاده از کدک های مختلف ۵۱
شکل ۳-۸ : میانگین فاکتور R در مقابل تعدادی جریان های VoIP در SS با استفاده از کدک های مختلف ۵۲
شکل ۳-۹ : فاکتور R درماهواره ارتباطی و ایستگاه زمینی درمقابل SS VoIP با استفاده از ۱۱ و ۱۷ تماس به ترتیب G.729.2 و G.723.1 . ..... ۵۳
شکل۳-۱۰ : تابع چگال احتمالی G.723.1 درجهت ایستگاه زمینی ۵۴
شکل ۳-۱۱ : تابع چگال احتمالی G.729.2 درجهت ایستگاه زمینی ۵۴

عنوان **صفحه**

شکل۳-۱۲ : تابع چگال احتمالی G.729.2 در جهت ماهوارهٔ ارتباطی ۵۵
شکل۳-۱۳:تابع چگال احتمالG.723.1درجهت ماهواره ارتباطی. ۵۶
شکل ۴-۱: سیستم انتقال دادهای مالتی مدیا در شبکه های مبتنی بر بسته.....۵۷
شکل ۴-۲: ایده اساسی الگوریتم FB-PLC.....۶۱
شکل ۴-۳: بلوک دیاگرام الگوریتم FB-PLC پیشنهادی. ۶۲
شکل ۴-۴: طرح کوانتیزه کردن دو سطحی برای برش زدن سیگنال یا خطا.....۶۸
شکل ۴-۵: کوانتیزه کردن سه سطحی سیگنال ۶۹
شکل ۴-۶: تابع برش دهنده ورودی در الگوریتم پیشنهادی QI-LMS.....۷۰
شکل ۴-۷: MSE بین سیگنال بازسازی شده و سیگنال اصلی برای ۴۰ سیگنال صوت مختلف.....۷۵
شکل ۴-۸: مثالی از تخمین فریمهای گمشده سیگنال صوتی با الگوریتمهای F-PLC، B-PLC و FB-PLC.....۷۹
۴-۹: مقایسه خطای RLS و LMS. ۸۱

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱: پیغامهای مدیریت شبکه WiMAX حالت Mesh ۱۴

جدول ۲-۲: سرویسهای زمانبندی در WiMAX و پارامترهای آنها ۲۴

جدول ۳-۱ : فاکتور R ، نرخ کیفیت و MOS مربوطه ۴۶

جدول ۳- ۲ : مقادیر فاکتور R های نوعی در برخی موارد ارجاعی ۴۶

جدول۳- ۳ : فاکتور آسیب تجهیزات در G.729.2 و G.723.1 ..... ۴۷

جدول۳-۴ : مقادیر قابل قبول برای پارامتر CT ۴۸

جدول۳-۵ : نگاشت نقش های Alvarion Breez MAX ۴۸

جدول۳- ۶ : کدک های ارجاعی برای ترکیبی از ترافیک VoIP ۴۹

جدول۳- ۷ : پارامتر های جریانهای FTP ۵۰

جدول ۴-۱: مقادیر PESQ برای الگوریتمهای PLC ارائه شده ۸۰

فصل اول:

مقدمه و معرفی

۱-۱ مقدمه

در آغاز هزاره جدید دنیا شاهد تحولات گسترده در دنیای ارتباطات می باشد. در ظرف چند سال گذشته، انواع فناوری‌های بی‌سیم پهن‌باند، بخش عمده‌ای از تصورات و تکنولوژی‌های در حال ایجاد در دنیا را به خود اختصاص داده است. در این میان آنچه بیش از پیش به دنیای بی‌سیم اهمیت می دهد هدف آن است: « اطلاعات در هر زمان، در هر مکان » [۱]. سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم، در هر زمان و هر مکانی ارتباطات را فراهم می‌آورد. قابلیت جابجایی، سادگی توسعه، انعطاف پذیری، هزینه پایین برپاسازی و کاربری، دسترسی سراسری، هوشمندی و توسعه فرهنگی از مزایای فناوری‌های بی‌سیم می باشد.

یکی از فناوری‌های بی‌سیم که می‌توان آن را انقلابی در صنایع دسترسی بی‌سیم به پهنای باند وسیع دانست، استاندارد IEEE 802.16 است. فناوری دسترسی بی‌سیم Wimax[1] "سازگاری جهانی برای دسترسی مایکرو ویو" با تکیه بر توانمندی‌های استاندارد IEEE 802.16 نوید بخش شبکه‌های بی‌سیم باند پهن شهری یکپارچه است که بر روی بستر IP بنا شده اس و برای انتقال صوت، عکس، فیلم و داده از محیط واسط هوایی استفاده می-نماید. تجهیزات مبتنی بر WiMAX ضمن رعایت استاندارد IEEE 802.16 و سایر استانداردهای رادیویی لازم طبق توصیه‌نامه‌های ITU و استانداردهای ETSI سعی در ایجاد بستر دسترسی باند وسیع صوت و داده به

[1] Worldwide Interoperability for Microwave Access

صورت بی‌سیم دارند. طبق تعریف استاندارد 802.16 محدوده‌ی فرکانسی این استاندارد، ۲ الی ۶۶ گیگاهرتز می‌باشد که به خاطر ماهیت این باندها به دو زیر محدوده پایین‌تر از 11 GHz و محدوده 10-66 GHz تقسیم می‌گردند. محدوده ۱۰ الی ۶۶ گیگاهرتز به علت طول موج بسیار کوتاه در این باندهای فرکانسی، لزوم ارتباط دید مستقیم بین فرستنده و گیرنده گریز ناپذیر است و انتشار چندمسیری هم قابل ملاحظه 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 و ممکن است انتشار چندمسیری قابل ملاحظه باشد[1].

نسخهٔ ثابت فن‌آوری WiMAX طبق استاندارد IEEE 802.16 بوده و نسخه موبایل این فن‌آوری طبق استاندارد IEEE 802.16e مصوب سال ۲۰۰۵ می‌باشد. شبکه WiMAX در انواع مدهای کاری نقطه به نقطه(P2P[1]) ، نقطه به چند نقطه(PMP[2]) و Mesh قابل پیاده‌سازی است. قابلیت عملکرد این فناوری به هر دو صورت دید مستقیم(LOS[3]) و همچنین دید غیر مستقیم(NLOS)، این فن‌آوری را در محیط‌های بسیاری جالب توجه و مقرون به‌صرفه می‌سازد. از همان ابتدا این فن‌آوری به عنوان وسیله‌ای برای تامین دسترسی بی‌سیم باند وسیع در سیستم‌های MAN در نظر گرفته شده است، به‌طوری‌که عملکرد و سرویس‌های آن با سرویس‌های متداول DSL، کابل و یا خطوط اجاره‌ای T1/E1 قابل مقایسه و حتی بهتر می‌باشد. از این رو برای ارائه هر سرویس با کیفیت معین و مطلوب باید به الزامات مطرح در هر کدام از این بخش‌ها توجه داشته و آن‌ها را برآورده ساخت [۲].

Wimax از ویژگی‌ها و مزایای بسیار مهمی برخوردار است. این ویژگی‌های در بخش بعدی تشریح شده‌اند. یکی از مزایای اصلی آن ارائه پهنای باند بالا می‌باشد که در آن سعی شده است نیازمندی‌های کیفیت سرویس جهت فراهم نمودن سرویس‌های چند رسانه‌ای برای مشترکین فراهم گردد. در این رساله مساله انتقال صوت روی این شبکه مورد توجه قرار گرفته است.

۲-۱ ویژگی های مهم Wimax

شبکه Wimax نسبت به شبکه‌های دیگر دارای ویژگی‌های منحصر بفردی است. در زیر برخی از مهمترین ویژگی‌های آن مطالعه شده است:

[1] Point to Point
[2] Point to Multipoint
[3] Line of Sight

- **معماری انعطاف پذیر:** Wimax از معماری های متفاوت مثل نقطه به نقطه[1]، نقطه به چند نقطه[2] و مش[3] استفاده می کند.
- **امنیت بالا:** Wimax از استانداردهای امنیتی 3DES و AES جهت رمز نگاری ارتباطات بین ایستگاه مبنا و ایستگاه های مشترک استفاده می نماید. استفاده از این متدهای امنیتی علاوه بر حفظ پوشیدگی اتصالات از سرقت اطلاعات سرویس ها نیز جلوگیری می نماید.
- **کیفیت سرویس[4]:** Wimax به صورت پویا از ترکیبات ترافیکی گوناگون حمایت می نماید. به همین منظور چهار نوع سرویس تضمینی بدون درخواست یا UGS[5]، سرکشی بلادرنگ ، سرکشی غیر بلادرنگ و بهترین تلاش در آن در نظر گرفته شده است.
- **پیاده سازی سریع:** در مقایسه با راه حل های سیمی رایج، Wimax فاقد نیازمندی و یا دارای نیازمندی محدود به طرح های خارجی می باشد. عدم نیاز به سیم کشی و استفاده باندهای با/بدون مجوز، توسعه سریع و راحت آن را تنها با نصب آنتن و تجهیزات Wimax، آن هم در حد چند ساعت به جای چند ماه برای سایر طرح ها، فراهم آورده است.
- **سرویس چند سطحی:** Wimax برای تهیه کیفیت سرویس برای کاربران و کاربردهای متفاوت، پشتیبانی از توافق سطح سرویس[6] بین تهیه کننده سرویس و کاربران نهایی را در دستور کار خود قرار داده است.
- **هزینه مناسب:** Wimax استفاده از استانداردهای رایج و موجود جهانی و وفق پذیری بالای استاندارد، همراه با استفاده از مجموعه چیپ‌های قوی و ارزان، هزینه توسعه بسیار پایینی را به ارمغان آورده است.
- **پوشش گسترده تر:** Wimax با پشتیبانی از سطوح مدولاسیون متفاوت BPSK، QPSK، 16-QAM و 64 –QAM و استفاده از آمپلی فایر های با توان متفاوت می توان محدوده های جغرافیایی مختلفی را تحت پوشش قرار داد.

---

[1] Point-to-Point (P2P)
[2] Point-to-Multi Point (PMP)
[3] Mesh
[4] Quality of Service (Qos)
[5] unsolicited grant service
[6] Service Level Agreement (SLA)

- **عملکرد غیر خط مستقیم** (NLOS[1]): با استفاده از فناوری OFDM در این استاندارد، توانایی دید خارج از خط مستقیم سبب بهبود دسترسی به پهنای باند بالا در محیط های خارج از دید مستقیم گردیده است.
- **ظرفیت بالا:** با استفاده از مدولاسیون QAM– 64 توانایی ارائه پهنای باند خوبی به کاربران نهایی را یافته است. نظر به اهمیت بحث کیفیت سرویس در این استاندارد نو ظهور و نیز اهمیت قابل توجهی که سرویس های چند رسانه ای اینترنتی برای مشترکین یافته اند، این پایان‌نامه بر روی موضوع « بهبود کیفیت سرویس VOIP مبتنی بر Wimax» متمرکز شده است.

۱-۳ کیفیت سرویس در شبکه Wimax

جهت فراهم کردن کیفیت سرویس (Qos)، در کاربردهای مختلف نیازمندی‌های متفاوتی مطرح می‌شود. مهمترین نیازمندی‌های Qos در زیر مطالعه شده است:

- **تأخیر[2]:** تأخیر میانگین کل زمانی است که طول می‌کشد تا یک بسته پس از تولید، در مبدأ تحویل گیرنده نهایی آن در مقصد شود. در پارامتر تأخیر عواملی مثل تأخیر انتشار[3] خط، تأخیر صف بندی[4]، تعداد گام‌های مسیر[5] و تأخیر سوئیچینگ[6] دخیل هستند.
- **لرزش[7] :** عبارت است ازانحراف معیار متغیر تصادفی تأخیر. لرزش را می توان نرخ اختلاف در زمان رسیدن بسته‌ها به مقصد تعبیر کرد. این اختلاف حول مقدار میانگین تأخیر سنجیده می شود. به بیانی ساده‌تر پارامتر لرزش مشخص می‌کند که میزان تأخیر بسته‌های مختلف نسبت به مقدار متوسط تأخیر در چه محدوده‌ای تغییر دارد، یا به اصطلاح می‌لرزد. کاربردهای صدا و تصویر شدیداً نسبت به لرزش حساس اند.
- **نرخ اتلاف بسته[8]:** میانگین از بین رفتن بسته‌های متعلق به یک جریان واحد داده (که به دلایل متعدد در زیر ساخت شبکه اتفاق می‌افتد) به نرخ اتلاف بسته مشهور است.

---

[1] none line of sight
[2] delay
[3] propagation delay
[4] queuing delay
[5] hops
[6] switching delay
[7] jitter
[8] packet loss

- **پهنای باند[1]:** عبارت است از نرخ متوسط تولید داده‌های یک جریان بر حسب بیت بر ثانیه. به عبارتی دیگر نرخ داده‌های تولید شده توسط یک فرآیند کاربردی در واحد زمان، پهنای باند مورد نیاز آن تلقی می‌شود.

در شبکه Wimax کیفیت سرویس (Qos) به چهار دسته تقسیم می شود که عبارتند از:

الف) سرویس تضمین بدون درخواست (UGS): برای پشتیبانی از کاربردهای بلادرنگ(با نیازمندی های تأخیر کم) می باشد که در بازه زمانی بسته های داده با طول ثابت را تولید می نمایند.

ب) سرویس های سرکشی بلادرنگ (RTPS[2]): جهت پشتیبانی از کاربردهای بلادرنگ طراحی شده است که بسته های با طول متغیر را در طول بازه های زمانی تضمین می نمایند.

ج) سرویس های سرکشی غیر بلادرنگ (nRTPS[3]): برای کاربردهای غیر بلادرنگ با پهنای باند متمرکز و طول داده متغیر مثل پروتکل FTP و ایمیل به کار می روند.

د) سرویس بهترین تلاش (BE[4]): این نوع سرویس هیچ تضمینی برای گذردهی و تأخیر فراهم نمی آورد. ایستگاه مشترک درخواست های پهنای باند را به شیوه بازه های دستیابی تصادفی و یا فرصت های انتقال تخصیصی ارسال می نماید.

۱-٤ بیان مساله

همانطوریکه اشاره شد، سرویس UGS جهت فراهم نمودن نیازمندی‌های کیفیت‌سرویس برای کاربردهای بلادرنگ و با نیازمندی تاخیر کم ارائه شده است. در این سرویس، انتقال صوت در تلفن اینترنتی (VoIP[5]) مبتنی بر Wimax به عنوان یکی از چالش‌های اساسی مطرح است که در چند سال اخیر توجه بسیاری از محققین را به خود اختصاص داده است. از آنجاییکه که این کاربرد بلادرنگ است، لذا نسبت به لرزش و تاخیر بسیار حساس بوده و در مقابل به پهنای باند کمتری نیازمند بوده و نسبت به اتلاف مورد بسته‌ها حساس نمی‌باشد.

VoIP جهت انتقال صدا به صورت بسته های داده بر روی شبکه های IP از پروتکل اینترنت استفاده می کند. فرآیندهایی که شامل سیگنال های صوتی دیجیتالی می باشند، از نویزهای مزاحم جدا می شوند و سپس جهت ساخت سیگنال صوتی فشرده‌شده، از الگوریتم های فشرده‌سازی و کد گذار[6] استفاده می شود. پس از عمل فشرده-

[1] band width
[2] real time polling service
[3] none real time polling service
[4] best-effort service
[5] Voice Over IP
[6] codec

سازی، سیگنال گفتار بسته بندی می شود تا بوسیله شبکه IP ارسال گردد. هر کدام از بسته ها به آدرس های مقصد (گیرنده) و شماره ترتیب و نیز به اطلاعاتی (داده هایی) جهت تشخیص خطا نیاز دارند.

یکی از چالش‌های اساسی در کدگشایی بسته‌های صوتی مدیریت بسته‌های گم شده است که مساله PLC[1] معروف است. علارغم کارهای بسیار خوبی که در حوزه مدیریت بسته‌های گم شده در شبکه‌های سیمی انجام شده است، ولی هنوز کار موثری بر روی این مساله در شبکه‌های Wimax انجام نشده است و به عنوان چالش اساسی در این پایان نامه مورد توجه قرار گرفته است.

۱-۵ سیستم ارائه شده در پایان‌نامه

بطور کلی جهت مدیریت بسته‌های گم‌شده دو نوع الگوریتم مرسوم وجود دارد. اولی، عبارتست از الگوریتم های مبتنی بر فریم های سالم قبلی (بازسازی فریم گمشده بعدی) که در اغلب کد کننده های صحبت استاندارد به کار می رود و دیگری، الگوریتم درونیاب[2] جهت تخمین پارامتر های فریم گمشده با استفاده از فریم سالم بعدی است. در این رساله یک رهیافت ترکیبی از هر دو نوع الگوریتم فوق جهت مدیریت بسته‌های گم شده در شبکه‌های Wimax ارائه شده است. این سیستم بر اساس رمزگذار صوتی مبتنی بر CELP [۳] در شبکه Wimax ارائه شده است. رمزگذار مبتنی بر CELP سیگنال صحبت را به مثابه یک بسته طیفی و تحریک در نظر گرفته و آن ها را جهت انتقال کوانتیزه می کند. موقعی که پارامترهای کدینگ کوانتیزه می شوند، کد کننده های صحبت با سرعت پایین، قادرند با استفاده از همبستگی بین فریم های مجاوری که آنالیز می شوند، کیفیت مطلوبی را در صوت تأمین کنند.

علاوه بر این، در این پایان‌نامه جهت افزایش دقت الگوریتم پیشنهادی جهت تخمین بسته‌های صوتی گم شده از یک نسخه بهبود یافته از الگوریتم LMS و RLS [۴] استفاده شده است.

۱-۶ ساختار پایان‌نامه

ساختار رساله به شر زیر است: در فصل اول، مقدمه‌ای بر شبکه Wimax و مساله انتقال صوت در آن و هدف اصلی رساله بیان شد. مروری بر شبکه Wimax و مساله VoIP بر روی آن در فصل دوم صورت گرفته

[1] Packet Loss Concealment
[2] Interpolative

است. در فصل سوم، کارهای انجام شده جهت برآورده کردن نیازمندی‌های کیفیت سرویس در شبکه‌های Wimax ارائه شده است. رهیافت پیشنهادی رساله در فصل چهارم آمده است. نتایج آزمایشات و ارزیابی رهیافت پیشنهادی موضوع فصل پنجم است. در فصل ششم نتایج حاصل از رساله و کارهای آینده گزارش شده است.

فصل دوم:

مقدمه‌ای بر WiMAX، VoIP و کدگذار صوتی CS-ACELP

۲-۱ مقدمه

افزایش روز افزون تعداد کاربران تلفن‌های سلولی و کامپیوترهای قابل حمل همراه با تنوع فراوان در تولید محصولات ارتباطی بی‌سیم، رشد فزاینده‌ی بازار ارتباطات بی‌سیم را در سال‌های اخیر به همراه داشته است. از نتایج مهم و بسیار جذاب این پیشرفت، خلق مفهوم تجارت الکترونیکی و رونق‌بخشی آن است. امروزه، امکان دسترسی به اطلاعات در هر زمان و هر مکان برای کاربران بیش از بیش به عنوان یک ضرورت مطرح است. کاربران مایل هستند تا با رهایی از قید شبکه‌های سیمی بتوانند در محیط‌های مختلف اعم از محیط خانه، کارخانه، بیمارستان‌ها، مراکز علمی و فرودگاه‌ها و مراکز خرید و عمومی به راحتی گردش نموده و در صورت لزوم بتوانند جهت تبادل اطلاعات اقدام نمایند و به اینترنت به عنوان یکی از غنی‌ترین منابع اطلاعاتی دسترسی یابند.

فناوری دسترسی بی‌سیم WiMAX[1] «سازگاری جهانی برای دسترسی مایکروویو» با تکیه بر توانمندی‌های استاندارد IEEE 802.16 نوید بخش 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

[1] Worldwide Interoperability for Microwave Access

استاندارد IEEE 802.16 و سایر استانداردهای رادیویی لازم طبق توصیه‌نامه‌های ITU و استانداردهای ETSI سعی در ایجاد بستر دسترسی باند وسیع صوت و داده به صورت بی‌سیم دارند. طبق تعریف استاندارد 802.16 محدوده‌ی فرکانسی این استاندارد، ۲ الی ۶۶ گیگاهرتز می‌باشد که به خاطر ماهیت این باندها به دو زیر محدوده پایین‌تر از 11 GHz و محدوده 10-66 GHz تقسیم می‌گردند. محدوده ۱۰ الی ۶۶ گیگاهرتز به علت طول موج بسیار کوتاه در این باندهای فرکانسی، لزوم ارتباط دید مستقیم بین فرستنده و گیرنده گریز ناپذیر است و انتشار چندمسیری هم قابل ملاحظه 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 و ممکن است انتشار چندمسیری قابل ملاحظه باشد [۱].

نسخهٔ ثابت فن‌آوری WiMAX طبق استاندارد IEEE 802.16 بوده و نسخه موبایل این فن‌آوری طبق استاندارد IEEE 802.16e مصوب سال ۲۰۰۵ می‌باشد. شبکه WiMAX در انواع مدهای کاری نقطه به نقطه(PtP) ، نقطه به چند نقطه(PMP[1]) و Mesh قابل پیاده‌سازی است. قابلیت عملکرد این فناوری به هر دو صورت دید مستقیم(LOS[2]) و همچنین دید غیر مستقیم(NLOS)، این فن‌آوری را در محیط‌های بسیاری جالب توجه و مقرون به‌صرفه می‌سازد. از همان ابتدا این فن‌آوری به عنوان وسیله‌ای برای تامین دسترسی بی‌سیم باند وسیع در سیستم‌های MAN در نظر گرفته شده است، به‌طوری‌که عملکرد و سرویس‌های آن با سرویس‌های متداول DSL، کابل و یا خطوط اجاره‌ای T1/E1 قابل مقایسه و حتی بهتر می‌باشد. از این رو برای ارائه هر سرویس با کیفیت معین و مطلوب باید به الزامات مطرح در هر کدام از این بخش‌ها توجه داشته و آن‌ها را برآورده ساخت [۱].

در این فصل ابتدا مروری بر شبکه WiMAX انجام خواهیم داد و سپس به مساله انتقال صوت بر روی این شبکه خواهیم پرداخت. در نهایت الگوریتم تخمین‌گر خطی تحریک شده با کد جبری با ساختار مرکب (CS-ACELP[3]) معرفی می‌شود که برای کدگذاری و نحوه مدیریت و بازسازی بسته‌های گم شده می‌پردازد.

[1] Point to Multipoint
[2] Line Of Sight
[3] Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction (CS-ACELP)