بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی فناوری اطلاعات-گرایش شبکه‌های کامپیوتری

یک سیستم صف‌بندی جدید بر اساس خودشبیهی لرزش و مقدارRTT برای بهبود کیفیت سرویس در VoIP

استاد راهنما:

دکتر مهدی آقا صرام

استاد مشاور:

دکتر کیارش میزانیان

پژوهش و نگارش:

محسن آهنگری

مهر ماه ۱۳۹۳

کلیه‌ی حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعـات، ابتکـارات و نـوآوری‌هـای ناشـی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه / رساله متعلق به دانشگاه یزد است و هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی از این پایان‌نامه / رساله برای تولید دانش فنی، ثبت اختراع، ثبت اثر بدیع هنری، همچنـین چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس و ارائه مقاله در سـمینارها و مجـلات علمـی از ایـن پایان‌نامه / رساله منوط به موافقت کتبی دانشگاه یزد است.

تقدیم به

پدر

و

مادرم

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله

که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان.

آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود

تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- پارامترهای کیفیت سرویس ۲

۱-۱-۱- تاخیر ۲

۱-۱-۲- لرزش ۴

۱-۱-۳- اتلاف بسته..... ۴

۱-۲- صف‌بندی ۵

۱-۳- تحقیقات پیشین ۶

۱-۴- اهداف و نتایج حاصل از این پایان‌نامه ۶

۱-۵- ساختار پایان‌نامه ۷

فصل دوم: فناوری VoIP ۹

۲-۱- مزایای VoIP..... ۱۱

۲-۲- معایب VoIP..... ۱۱

۲-۳- مبدل ۱۲

۲-۴- تماس ۱۴

۲-۵- پروتکل‌های برقراری ارتباط ۱۶

۲-۵-۱- پروتکل H.323..... ۱۷

۲-۵-۲- پروتکل SIP ۲۱

۲-۵-۳- پروتکل MGCP ۲۴

۲-۵-۴- پروتکل Skype..... ۲۶

۲-۵-۵- پروتکل IAX ۲۷

۲-۶- کیفیت سرویس..... ۲۷

۲-۶-۱- تاخیر ۲۸

۲-۶-۲- لرزش ۲۹

۲-۶-۳- اتلاف بسته ۳۱

۲-۶-۴- روش‌های تامین کیفیت سرویس ۳۳
۲-۷- امنیت ۳۷
۲-۷-۱- پیاده‌سازی روش‌های امنیتی..... ۳۹
فصل سوم: خودشبیهی ۴۳
۳-۱- تعریف خودشبیهی ۴۵
۳-۱-۱- خودشبیهی دقیق ۴۵
۳-۱-۲- خودشبیهی مرتبه دوم..... ۴۵
۳-۲- خصوصیت وابستگی بلند مدت..... ۴۵
۳-۳- توزیع دنباله سنگین ۴۶
۳-۴- تخمین میزان خودشبیهی..... ۴۷
۳-۴-۱- روش‌های حوزه زمانی ۴۷
۳-۴-۲- روش‌های حوزه فرکانسی ۴۹
۳-۴-۳- مقایسه روش‌های تخمین پارامتر هرست ۵۰
۳-۶- ویژگی خودشبیهی در شبکه ۵۳
۳-۵-۱- خودشبیهی ترافیک شبکه‌های محلی..... ۵۳
۳-۵-۲- خودشبیهی ترافیک شبکه‌های گسترده..... ۵۵
۳-۵-۳- خودشبیهی ترافیک VoIP..... ۵۶
۳-۵-۴- خودشبیهی در دنباله لرزش تماس‌های VoIP..... ۵۹
۳-۵-تاثیر ویژگی خودشبیهی بر کارایی شبکه ۶۲
فصل چهارم: صف‌بندی..... ۶۳
۴-۱- مدیریت صف..... ۶۵
۴-۱-۱- Drop Tail ۶۵
۴-۱-۲- RED ۶۵
۴-۱-۳- WRED ۶۶
۴-۱-۴- ARED ۶۷
۴-۱-۵- FRED ۶۷
۴-۱-۶- REM ۶۸

۴-۲- زمان‌بندی صف ۶۹
۴-۲-۱- FIFO ۶۹
۴-۲-۲- PQ ۷۰
۴-۲-۳- FQ ۷۱
۴-۲-۴- WFQ ۷۲
۴-۲-۵- CBWFQ ۷۳
۴-۲-۶- LLQ ۷۵
فصل پنجم: صف‌بندی پیشنهادی ۷۷
۵-۱- توصیف سیستم صف‌بندی پیشنهادی ۷۹
۵-۲- پیاده‌سازی ۸۲
۵-۲-۱- مرحله اول ۸۲
۵-۲-۲- مرحله دوم ۸۴
۵-۲-۳- مرحله سوم ۸۵
۵-۳- تولید ترافیک VoIP ۸۶
۵-۴- شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج ۸۷
۵-۴-۱- تنظیم پارامترهای شبیه‌سازی ۸۸
۵-۴-۲- شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج مرحله اول ۸۹
۵-۴-۳- شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج مرحله دوم ۹۱
۵-۴-۴- شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج مرحله سوم ۹۲
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۵
۶-۱- نتیجه‌گیری ۹۶
۶-۲- پیشنهادات ۹۷
مراجع ۹۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: شبکه VoIP ۱۰
شکل ۲-۲: مقایسه تاخیر پروتکل‌های مختلف لایه انتقال برای برقراری ارتباط..... ۱۶
شکل ۲-۳: پشته پروتکل H.323 ..... ۱۷
شکل ۲-۴: شبکه H.323 ..... ۱۸
شکل ۲-۵: مراحل برقراری تماس در H.323..... ۲۱
شکل ۲-۶: شبکه SIP..... ۲۲
شکل ۲-۷: مراحل برقراری تماس در SIP ۲۴
شکل ۲-۸: تاثیر بسته‌سازی بر تاخیر ۲۹
شکل ۲-۹: رابطه بین لرزش، بافر لرزش و کیفیت سرویس ۳۱
شکل ۲-۱۰: تاثیر بار ترافیک بر کیفیت سرویس ۳۲
شکل ۳-۱: اشکال فراکتال خودشبیه ۴۴
شکل ۳-۲: مقایسه نزول دنباله توزیع پارتو و توزیع نمایی ۴۷
شکل ۳-۳: روش قدر مطلق برای محاسبه میزان خودشبیهی ۴۸
شکل ۳-۴: روش واریانس برای محاسبه میزان خودشبیهی..... ۴۸
شکل ۳-۵: روش تحلیل بازه گسترده برای محاسبه میزان خودشبیهی..... ۴۹
شکل ۳-۶: روش واریانس باقیمانده برای محاسبه میزان خودشبیهی ۴۹
شکل ۳-۷: روش Periodogram برای محاسبه خودشبیهی ۵۰
شکل ۳-۸: ترافیک تولیده شده در FGN..... ۵۱
شکل ۳-۹: ترافیک خودشبیه شبکه ۵۳
شکل ۳-۱۰: مقایسه ترافیک واقعی شبکه و ترافیک تولیدی توزیع پواسون..... ۵۴
شکل ۳-۱۱: مقدار پارامتر هرست در شبکه‌های محلی..... ۵۵
شکل ۳-۱۲: مقدار پارامتر هرست برای ترافیک وب ۵۶
شکل ۳-۱۳: فواصل فعال و غیرفعال در جریان تماس صوتی..... ۵۶
شکل ۳-۱۴: مقدار پارامتر هرست برای جریان صوت..... ۵۸
شکل ۳-۱۵: توزیع مناسب برای طول مدت تماس ۵۹
شکل ۳-۱۶: میزان پارامتر هرست در مجموعه تماس اول و دوم ۶۰
شکل ۳-۱۷: میزان پارامتر هرست در مجموعه تماس سوم و چهارم..... ۶۰
شکل ۳-۱۸: کیفیت سرویس و اتلاف بسته در مجوعه تماس اول و دوم ۶۱
شکل ۳-۱۹: کیفیت سرویس و اتلاف بسته در مجوعه تماس سوم و چهارم ۶۱
شکل ۳-۲۰: رابطه میان مقدار هرست RTT و پارامتر RTO ۶۲
شکل ۴-۱: زمان‌بندی FIFO..... ۷۰

شکل ۴-۲: زمان‌بندی PQ ۷۱
شکل ۴-۳: زمان‌بندی FQ ۷۲
شکل ۴-۴: زمان‌بندی WFQ ۷۳
شکل ۴-۵: زمان‌بندی CBWFQ ۷۴
شکل ۴-۶: زمان‌بندی LLQ ۷۵
شکل ۵-۱: نمای شماتیک از سیستم صف‌بندی پیشنهادی ۷۹
شکل ۵-۲: تابع ورود به صف ۸۳
شکل ۵-۳: تابع خروج از صف ۸۳
شکل ۵-۴: ارسال بسته‌های ICMP ۸۳
شکل ۵-۵: محاسبه میزان خودشبیهی با استفاده از تبدیل موجک ۸۵
شکل ۵-۶: کلاس‌بندی ترافیک ورودی ۸۵
شکل ۵-۷: تابع ورود به صف ۸۶
شکل ۵-۸: تابع خروج از صف ۸۶
شکل ۵-۹: توپولوژی شبیه‌سازی ۸۸
شکل ۵-۱۰: تاخیر انتها به انتها در سه فاز بدون ازدحام، ازدحام پایین و ازدحام بالا ۹۰
شکل ۵-۱۱: تاخیر انتها به انتها در سه فاز بدون ازدحام، ازدحام پایین و ازدحام بالا ۹۰
شکل ۵-۱۲: تاخیر انتها به انتها در سه فاز بدون ازدحام، ازدحام پایین و ازدحام بالا ۹۱
شکل ۵-۱۳: تاخیر انتها به انتها در سه فاز بدون ازدحام، ازدحام پایین و ازدحام بالا ۹۲
شکل ۵-۱۴: اتلاف بسته در سه فاز بدون ازدحام، ازدحام پایین و ازدحام بالا..... ۹۲
شکل ۵-۱۵: شبه کد محاسبه میزان کیفیت سرویس ۹۳
شکل ۵-۱۶: مقایسه کیفیت سرویس سیستم صف‌بندی پیشنهادی و LLQ..... ۹۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: مقایسه مبدل‌های مختلف ۱۳
جدول ۳-۱: مقادیر پارامتر هرست برای سری زمانی مورد آزمایش ۵۱
جدول ۳-۲: مقادیر خطای استاندارد ۵۲
جدول ۳-۳: تنظیمات اولیه برای آنالیز خودشبیهی در تماس VoIP ۵۹
جدول ۵-۱: تنظیم پارامترهای تماس صوتی و اتصال بین گره ۲ و ۵ ..... ۸۹

چکیده

شبکه‌های همگرای امروزی مشکلات خاص خود را دارا می‌باشند؛ به معنای دقیق‌تر، در این شبکه‌ها سرویس‌های متعدد بر سر پهنای‌باند و منابع مشترک دیگر با یک‌دیگر رقابت دارند. کمبود پهنای‌باند منجر به بروز بیشترین مشکلات کیفیتی می‌شود. در اثر کمبود پهنای‌باند، بسته‌های داده ممکن است تحت‌تاثیر مشکلاتی از قبیل تاخیر، لرزش و اتلاف بسته قرار بگیرند و این مشکلات منجر به نزول کیفیت سرویس شود. برخی از سرویس‌های شبکه‌های همگرا مانند VoIP، در مقایسه با سرویس‌های دیگر حساسیت بیش‌تری نسبت به تاخیر و پارامترهای کیفیت سرویس دارند.

اولویت دادن به بسته‌های صوتی روشی است که توسط محققین برای مقابله با مسئله تاخیر ارایه شده است. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که سیستم صف‌بندی PQ کارایی بهتری در قیاس با دیگر روش‌ها دارد و FIFO گزینه نامناسبی برای استفاده در VoIP می‌باشد.

هیچ کدام از سیستم‌های صف‌بندی بین تماس‌های مختلف VoIP تمایزی قائل نمی‌شوند؛ در حالی که بعضی از تماس‌ها دارای کیفیت بالاتر و برخی دیگر دارای کیفیت پایین‌تری هستند. سیستم صف‌بندی جدید ارائه شده با استفاده از پارامتر RTT و بررسی میزان خودشبیهی دنباله‌ی لرزش تماس‌ها، تماس‌های با پایین‌ترین کیفیت را شناسایی می‌کند و با اولویت بالاتری انتقال می‌دهد. سیستم صف‌بندی جدید با اولویت دادن به تماس‌های با کیفیت پایین و کاهش میزان تاخیر، بین تماس‌ها از لحاظ کیفیت سرویس تعادل برقرار می‌کند. نتایج حاصل از پیاده‌سازی این ایده و مقایسه آن با صف‌بندی LLQ که در سیستم‌های سیسکو برای صوت به کار می‌رود، نشان می‌دهد که سیستم صف‌بندی پیشنهادی با کاهش میزان تاخیر تماس‌های بی‌کیفیت، منجر به بهبود کیفیت سرویس آن‌ها شده است.

واژه‌های کلیدی: VoIP، کیفیت سرویس، صف‌بندی، خودشبیهی، RTT.

فصل اول:

مقدمه

شبکه‌های همگرای امروزی مشکلات خاص خود را دارند. به معنای دقیق‌تر، در این شبکه‌ها سرویس‌های متعددی بر سر پهنای‌باند با یک‌دیگر رقابت دارند. کمبود پهنای‌باند منجر به بروز بیشترین مشکلات کیفیتی می‌شود. در اثر کمبود پهنای‌باند، بسته‌ها ممکن است تحت‌تاثیر یک یا چند مشکل زیر قرار بگیرند[۱]:

تاخیر: زمان مورد نیاز یک بسته برای حرکت از مبدا تا مقصد است.

لرزش[1]: لرزش صدا ناشی از نامنظم رسیدن بسته‌ها است.

اتلاف بسته: اتلاف بسته‌ها زمانی اتفاق می افتد که اتصال دچار ازدحام شده و ظرفیت حافظه میانجی پر شده است و سیستم صف‌بندی مجبور است برخی بسته‌ها را دور بریزد.

برخی از سرویس‌های شبکه‌های همگرا مانند VoIP [2] ، در مقایسه با سرویس‌های دیگر حساسیت بیش‌تری نسبت به تاخیر و پارامترهای کیفیت سرویس دارند. فاکتورهای زیادی کیفیت VoIP را تحت‌تاثیر قرار می دهند. این عوامل می توانند در دو دسته قرار بگیرند: عوامل شبکه (اتلاف بسته، بار سنگین شبکه، لرزش و تاخیر) – عوامل غیرمرتبط با شبکه (نوع مبدل[3]، انعکاس[4]، اختلال[5]، جنسیت/زبان). از بین این عوامل تاخیر، لرزش و اتلاف بسته‌ها[۲]، [۳] به صورتی جدی کیفیت تماس‌های VoIP را دگرگون می‌کنند.

۱-۱- پارامترهای کیفیت سرویس:

۱-۱-۱- تاخیر:

جریان صوتی VoIP توسط تاخیر شدیدا دچار اختلال می‌شود. تاخیر جریان صوتی توسط عوامل مختلفی ایجاد می‌شود؛ برخی از این عوامل عبارتند از[۴]، [۵]:

[1] Jitter
[2] Voice over IP
[3] Codec
[4] Echo
[5] Noise

۱. تاخیر رمزگشایی[۶]: تاخیر رمزگشایی مقدار زمان مورد نیاز برای تبدیل سیگنال صوت می‌باشد که به نوع مبدل مورد استفاده وابسته است.

۲. تاخیر بسته‌سازی[۷]: زمان موردنیاز برای قراردادن فریم‌های جریان صوتی تبدیل شده در قالب بسته‌ها می‌باشد.

۳. تاخیرشبکه: مجموع تاخیر حاصل از انتقال، انتشار و صف‌بندی می‌باشد.

۴. تاخیر پخش: تاخیر ناشی از بافر پخش که در سمت دریافت‌کننده قرار دارد و برای متعادل‌کردن اثر لرزش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵. تاخیر رمزگذاری[۸]: زمان مورد نیاز برای بازیابی سیگنال‌های صوتی آنالوگ اولیه می‌باشد.

۶. تاخیر مرتب‌سازی[۹]: زمان مورد نیاز برای قرار دادن بسته‌ها به صورت مرتب بر روی اتصال می‌باشد.

تاخیر دو اثر حاد بر کارایی جریان صوت دارد. تاخیر اثر انعکاس را افزایش می‌دهد و همان‌طور که در مرجع[۶] اشاره شده است حتی زمانی که انعکاس کنترل شود، تاخیر بر خود مکالمه تاثیر می‌گذارد. یعنی با تاخیر بالای MS 150، کاربران متوجه اختلال کمی در پاسخگویی طرف مقابلشان خواهند شد در حالی که با تاخیر بیش‌تر از MS 400، کاربران دچار وقفه می‌شوند.

اولویت دادن به بسته‌های صوتی روشی است که برای مقابله با مسئله تاخیر ارایه شده است. روش‌های مختلف زمانبندی از لحاظ ایجاد تاخیر در مراجع [۷]، [۸] مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که PQ [۱۰] کارایی بهتری در قیاس با دیگر روش‌ها دارد و FIFO [۱۱] گزینه نامناسبی برای استفاده در VoIP می‌باشد.

[6] Encoding
[7] Packetization
[8] Decoding
[9] Serialization
[10] Priority Queuing
[11] First In First Out

۱-۱-۲- لرزش

لرزش حاصل ازدحام و صف‌بندی نامناسب می‌باشد. در طرف فرستنده، بسته‌های صوت با نرخ ثابتی ارسال می‌شود، در حالی که در طرف دیگر، بسته‌ها ممکن است با نرخ متغیری دریافت شوند. با این وجود، برای بازیابی جریان صوت آنالوگ اولیه، بسته‌ها باید در نرخ ثابتی پخش شده و به رمزگشا تحویل داده شوند. اگر لرزش خیلی بزرگ باشد، بسته‌ها از بین رفته و باعث به وجود آمدن فاصله[۱۲] صوتی خواهند شد. زمانی که تعدادی از بسته‌های پشت سر هم از دست بروند صوت غیرقابل فهم خواهد شد. کیفیت صوت به فاصله‌های صوتی کم خیلی حساس می‌باشد و برای همین لرزش باید در سطح خیلی پایینی نگه داشته شود. در حالت ایده‌آل لرزش باید کمتر از 30 MS باشد ولی با این وجود با توجه به مقدارتاخیر، نوع مبدل و اندازه بسته‌ها مقادیری بین 30 تا 75 MS قابل قبول می‌باشد[۹].

در پیاده‌سازی‌های VoIP، روشی که برای مقابله با لرزش در نظر گرفته شده است، بافر پخش می‌باشد که به بافر لرزش نیز معروف است. وظیفه بافر پخش ذخیره بسته‌ها و پخش آنها با یک نرخ ثابت است.

۱-۱-۳- اتلاف بسته

اتلاف بسته‌ها معیار دیگری برای کیفیت سرویس صوت می‌باشد. طبق محاسبات انجام شده نرخ تحویلی بیش‌تر از 99% برای VoIP مورد نیاز می‌باشد[۱۰-۱۲]. اتلاف بسته‌ها می‌تواند به دلیل ازدحام در شبکه رخ دهد. بسته IP ممکن است در مقصد دور انداخته شود؛ برای مثال زمانی که بسته‌ای به دلیل تاخیر زیاد قابل پخش نمی‌باشد.

اتلاف بسته‌های صوتی کیفیت سرویس صوت را دگرگون می‌کند. روش‌های بازیافت[۱۳] زیادی وجود دارند که برای کم کردن اثر اتلاف بسته‌ها بر کیفیت صوت ارائه شده‌اند.

---

[12] Gap
[13] Recovery

۱-۲- صف‌بندی

روش‌های تامین کیفیت سرویس، از ترکیب روش‌های کنترلی و طبقه‌بندی استفاده می‌کنند که شامل روش‌های QoS لایه‌پیوند، روش‌های QoS لایه‌شبکه، روش‌های صف‌بندی، روش‌های شکل‌دهی[۱۴] و میزان‌سازی[۱۵] می‌باشند[۱۳].

روش‌های صف‌بندی در مسیریاب‌ها می‌توانند برای اولویت‌بندی ترافیک و کنترل ازدحام، عملکرد بهتری را نسبت به روش‌های لایه دوم و سوم داشته باشند. برخی از این روش‌های صف-بندی عبارتند از: WFQ[۱۶] ، CBWFQ[۱۷] ، LLQ[۱۸] .

WFQ [۱۴] به منظور رفع محدودیت‌های FQ طراحی شده است. این روش به هر صف وزنی می‌دهد که مشخص کننده درصد متفاوتی از پهنای‌باند درگاه خروجی است که به آن تخصیص می‌یابد. WFQ قادر است جریان‌هایی با نیازهای مختلف پهنای‌باند را پشتیبانی نماید.

CBWFQ، این روش امتیاز تعیین مقدار پهنای‌باند را برای کلاس‌های مختلف ارائه می‌دهد. کاری که با استفاده از WFQ یا PQ نمی‌توان انجام داد. هم‌چنین اتفاقی که در PQ رخ می‌دهد، در این روش رخ نمی‌دهد و هیچ بسته با اولویت پایینی محروم نمی‌ماند. تنها مشکل عمده این روش فقدان روش صفی بر اساس اولویت می‌باشد.

LLQ [۱۵] شباهت بسیار زیادی به WFQ دارد و در پیکربندی تقریبا با CBWFQ یکسان است[۱]. اما این روش می‌تواند به یک یا چند کلاس دستور دهد تا بسته‌ها را به یک صف اولویت هدایت کنند. زمانی که بسته‌ها در در یک صف اولویت قرار می‌گیرند، نه تنها یک مقدار پهنای‌باند به آن اختصاص می‌یابد، بلکه بر بسته‌ها نظارت[۱۹] هم می‌شود. عمل نظارت به منظور جلوگیری از آنچه در PQ رخ می‌دهد، یعنی محروم شدن بسته‌های با اولویت پایین توسط بسته‌های با اولویت بالا، ضرورت دارد. با توجه به مزایای زیاد LLQ، این روش، روش صف‌بندی مورد علاقه سیسکو برای بسته‌های حساس به تاخیر، مانند صوت و یا تصویر می‌باشد[۱].

---

[14] Shaping
[15] Tuning
[16] Weighted Fair Queue
[17] Class Based Weighted Fair Queue
[18] Low Latency Queue
[19] Policing

۱-۳- تحقیقات پیشین

در مرجع[۱۶] یک روش جدید برای بهبود کیفیت شبکه VoIP براساس DiffServ[۲۰] ارایه شده است. روش پیشنهاد شده اهمیت هر بسته را بر اساس میزان تغییراتی که گم شدن آن بسته حاصل می‌کند، اندازه‌گیری می‌کند و اولویتی بر اساس آن به بسته‌ها نسبت می‌دهد. در این روش برای محاسبه اهمیت هر بسته از PLC [۲۱] استفاده شده است. با استفاده از این روش، بسته‌های با اهمیت، با احتمال گم شدن کمتری ارسال می‌شوند و در نتیجه کیفیت سرویس بهبود می‌یابد. در مرجع[۱۷] با توجه به ویژگی خودشبیهی[۲۲] دنباله‌های لرزش تماس‌ها، رابطه‌ای بین میزان خودشبیهی و میزان اتلاف بسته بیان شده است. بر اساس نتایج آن با افزایش میزان اتلاف بسته، خودشبیهی دنباله لرزش افزایش خواهد یافت. در مرجع[۱۸] تاثیر الگوریتم‌های صف‌بندی مختلف بر تاخیر تماس‌های VoIP مورد مطالعه قرار گرفته است. در این کار با ترکیب کردن الگوریتم‌های صف‌بندی مختلف، میزان تاخیر در این شرایط نیز بررسی شده است. در مرجع[۱۹] روشی برای اولویت دادن به بسته‌های صوتی بیان شده است که براساس آن ترافیک صوتی از ترافیک غیر صوت جدا شده و بر هر ترافیک نظارت می‌شود. طبق نتایج حاصل شده، با جداسازی ترافیک صوت از غیر صوت، توان خروجی افزایش خواهد یافت. در مرجع[۲۰] با استفاده از طول عمر بسته و تعداد گام‌های باقیمانده تا مقصد معیاری برای اهمیت بسته‌ها ارائه می‌شود. این کار با استفاده از این معیار، اتلاف بسته‌های حساس به تاخیر را کاهش می‌دهد.

۱-۴- اهداف و نتایج حاصل از این پایان‌نامه

با توجه به اهمیت کیفیت تماس‌های VoIP، در این پایان‌نامه روش جدیدی برای صف‌بندی ترافیک در شبکه‌های همگرا ارائه می‌شود. سیستم صف‌بندی جدید جریان‌های ترافیکی مختلف را به کلاس‌های سرویس متفاوت تفکیک می‌کند و به جریان صوتی اولویت می دهد. در این سیستم، در کلاس سرویس صوت تماس‌های با پایین‌ترین کیفیت با اولویت انتقال داده می‌شوند.

---

[20] Differentiated Services
[21] Packet Loss Consealment
[22] Self-Similarity

در این روش ترافیک شبکه بر اساس نوع ترافیک کلاس‌بندی شده و ترافیک صوتی در یک صف مجزا قرار می‌گیرد و در زمان سرویس‌دهی در اولویت قرار دارد. از آنجایی که کیفیت همه تماس‌ها یکسان نبوده و هرکدام از تماس‌ها به دلیل طی مسیرهای مختلف دارای تاخیر و اتلاف بسته متفاوتی هستند، با استفاده از پارامتر RTT، که تخمینی از تاخیر انتها به انتهای بسته‌ها است و میزان خودشبیهی دنباله لرزش تماس‌ها که نمایان‌گر میزان اتلاف بسته در مسیر است، بین تماس‌ها تمایز قائل می‌شود و به تماس‌های با RTT و میزان خودشبیهی بیشتر، اولویت بالاتر ارسال داده می‌شود. این ایده در شبیه‌ساز NS2 پیاده‌سازی شده است. برای تولید ترافیک صوتی در این شبیه‌ساز از NS2VoIP++ که قادر است ترافیکی همبسته[۲۳] را تولید کند که به واقعیت نزدیک‌تر باشد، استفاده شده است و برای تولید ترافیک‌های دیگر از توزیع پارتو[۲۴] که ترافیکی خودشبیه که به واقعیت نزدیک است تولید می‌کند استفاده شده است. تاخیر و کیفیت تماس‌ها در سیستم پیشنهادی که بین تماس‌ها تمایز قائل می‌شود با کیفیت تماس‌ها در سیتم صف‌بندی LLQ مقایسه شده است، نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که سیستم صف پیشنهادی با کاهش تاخیر انتها به انتهای تماس‌های بی‌کیفیت، سطح کیفیت آنها را بهبود می‌بخشد و تعادلی بین کیفیت تماس‌ها پدید می‌آورد.

۱-۵- ساختار پایان‌نامه

در ادامه این پایان‌نامه به ترتیب در فصل دوم، بر مفاهیم اولیه VoIP، الزامات کیفیت سرویس، امنیت و اثر آن بر کیفیت سرویس صوت پرداخته می‌شود. در فصل سوم مفاهیم اولیه خودشبیهی، ویژگی خودشبیهی در شبکه‌های محلی، گسترده، چندرسانه‌ای و هم‌چنین خودشبیهی در دنباله لرزش تماس‌های VoIP بیان می‌شود. در فصل چهارم سیستم‌های صف‌بندی موجود برای مدیریت و زمان‌بندی صف در مسیریاب‌ها توصیف می‌شود. در فصل پنجم، سیستم صف‌بندی پیشنهادی برای زمان‌بندی اولویت‌دار تماس‌های VoIP ارائه شده و به شبیه‌سازی،

[23] Correlated
[24] Pareto

ارزیابی و تفسیر نتایج آن پرداخته شده است. و در فصل آخر جمع‌بندی و پیشنهادات برای کارهای آینده بیان می‌شود.