بسم الله الرحمن الرحيم

۵-۲۴۴۱۲

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

رساله دکترا (Ph. D.)

گرایش مخابرات سیستم

شیوه‌های نوین در مدل‌کردن ترافیک پویا، مدیریت ترافیک و توزیع مکانی ترافیک در شبکه‌های سلولی پیشرفته CDMA

فرید آشتیانی مفرد طهرانی

کتابخانه مرکزی
بخش نمایه سازی
۱۳۸۲/۴/۸

استاد راهنما

دکتر محمد رضا عارف

اردیبهشت ۱۳۸۲

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

گرایش مخابرات

این رساله با عنوان

شیوه‌های نوین در مدل‌کردن ترافیک پویا، مدیریت ترافیک و توزیع مکانی ترافیک

در شبکه‌های سلولی پیشرفته CDMA

به عنوان بخشی از شرایط احراز درجه دکترای تخصصی (Ph.D) با حضور اساتید ذیل در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۹

توسط آقای فرید آشتیانی مفرد طهرانی ارائه و مورد تأیید قرار گرفت.

۱- آقای دکتر محمد رضا عارف (استاد راهنما)

۲- آقای دکتر جواد صالحی (استاد مشاور)

۳- خانم دکتر معصومه نصیری کناری

۴- آقای دکتر فرخ مروستی

۵- آقای دکتر بابک حسین خلج

۶- آقای دکتر سید حمید رضا جمالی (استاد مدعو خارج از دانشگاه)

۷- آقای دکتر سید مصطفی صفوی (استاد مدعو خارج از دانشگاه)

سالها دل طلب جام جم از ما می‌کرد آنچه خود داشت زبیگانه تمنا می‌کرد

تقدیم به آنان که با سلاح علم و جوشن ایمان در راه رشد و تعالی انسانیت مسیر حق را می‌پویند،

تقدیم به آنان که با تحمل رنج و مصائب به اعتلای وطن و خدمت به ملت خویش می‌اندیشند،

و تقدیم به خانواده بزرگوارم و به خصوص پدر و مادر عزیزم و

تمامی حامیان و مشوقان حقیقی رهروان علم و دانش.

نه هر درخت تحمل کند جفای خزان غلام قامت سروم که این قدم دارد

الحمدلله رب العالمین

مَن لَم یَشْکُرِ الْمَخْلوقَ لَم یَشْکُرِ الْخالِق

بر خود فرض و لازم میدانم که از تمامی کسانی که در پیشرفت این کار تحقیقاتی حقیر را یاری رسانده‌اند تشکر نمایم و به طور ویژه،

از زحمات آقای دکتر محمد رضا عارف که در طی این کار تحقیقاتی با وجود مشغله فراوان همواره بخشی از وقت خویش را به طور منظم جهت راهنمایی حقیر مصروف داشتند بسیار سپاسگزارم،

و از آقای دکتر جواد صالحی که در پیشبرد این کار تحقیقاتی و ارائه مؤثر و موفقیت آمیز نتایج آن به ویژه در رابطه با بازبینی و تصحیح مقالات علمی همکاری و همیاری دلسوزانه داشتند بسیار متشکرم.

بی‌شک اساتیدی که چگونه آموختن را می‌آموزند در هر زمان و مکانی شایسته تکریم و تقدیرند و ذات اقدس احدیت را شاکرم که حقیر را از تلمذ در محضر چنین اساتیدی محروم نفرمود.

همچنین لازم است از سرکار خانم دکتر نصیری به دلیل حمایتهای ایشان از کار تحقیقاتی انجام شده به خصوص با در اختیار نهادن امکانات آزمایشگاه مخابرات بیسیم، و نیز از سایر اساتید بزرگوار که در جلسه دفاع حضور به هم رسانیدند و با راهنمائیهای خویش بر غنای علمی رساله افزودند سپاسگزاری نمایم.

در پایان از زحمات خانواده عزیز و بزرگوارم که همواره شرایطی را فراهم آوردند که این کار تحقیقاتی با فراغت بیشتری به انجام برسد کمال تشکر را می‌نمایم.

چکیده

در این رساله به موضوع تجزیه و تحلیل ترافیک در شبکه‌های CDMA در مسیر معکوس می‌پردازیم. به همین منظور، ابتدا یک مدل ترافیکی جدید به نام مدل ترافیکی سه‌منطقه‌ای را معرفی می‌نماییم. ویژگی مهم این مدل ترافیکی که مبتنی بر روش کنترل ورود بر اساس تداخل است، لحاظ‌کردن اثر تداخل برون‌سلولی و نرخ مهاجرت به صورت پویا و وابسته به ترافیک برون سلولی می‌باشد که در نتیجه محیط مناسبتری نسبت به مدلهای ترافیکی پیشین برای تجزیه و تحلیل ترافیک در شرایط ناهمگن فراهم می‌آید. سپس به اتکاء مدل ترافیکی ارائه شده به بحث پیرامون شیوه‌های مدیریت ترافیک در ارتباط با کنترل ورود کاربران جدید و مهاجر می‌پردازیم. در این راستا دو شیوه مدیریتی تصمیم‌گیری مستقل (IDP) و تصمیم‌گیری جمعی (CDP) را برای کاربران جدید در مناطق مرزی مورد بررسی و مقایسه قرار می‌دهیم و خواهیم دید که شیوه مدیریتی تصمیم‌گیری جمعی که در آن جهت ورود یک کاربر جدید در منطقه مرزی نیاز به مجوز تمام ایستگاههای پایه نزدیک به آن منطقه می‌باشد منجر به بهبود نسبی معیارهای ترافیکی می‌شود. این معیارها شامل احتمال از دست دادن کیفیت ارتباط، ترافیک حمل‌شده، احتمال انسداد و احتمال قطع ارتباط می‌باشد. سپس در زمینه کنترل ورود کاربران مهاجر ضمن بررسی و مقایسه دو شیوه مدیریتی "با یک مرز تصمیم‌گیری (SDB)" و "آستانه‌های اختصاصی (DT)" به معرفی و مقایسه دو شیوه مدیریتی جدید "با دو مرز تصمیم‌گیری (DDB)" و "دو مرز تصمیم‌گیری با آستانه‌های وابسته به مکان (DDB-RDT)" می‌پردازیم و خواهیم دید که دو شیوه اخیر ضمن کنترل منطقی‌تر تداخل علیرغم پیچیدگیهای بیشتر، به بهبود معیارهای ترافیکی منجر می‌گردند. در ادامه، به تأثیر ویژگی ارسال مجدد به عنوان یکی از ویژگیهای اصلی سرویسهای نابهنگام دیتا بر روی افت برخی از معیارهای ترافیکی و تشدید وضعیت تراکم می‌پردازیم. در نهایت نیز موضوع توزیع مکانی ترافیک را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهیم و با ارائه یک مدل جدید تحرک برای کاربران داخل یک سلول، که مبتنی بر تقسیم سلول به نواحی کوچکتر و نگاشت ساختار بدست آمده بر روی یک شبکه صف می‌باشد، فرایندهای مؤثر در توزیع مکانی کاربران را در یک قالب تحلیلی ارائه می‌کنیم.

کلمات کلیدی :روش دسترسی چندگانه تقسیم کد، تجزیه و تحلیل ترافیک، مدل ترافیک، ظرفیت نرم، تبادل نرم، شیوه‌های مدیریت ترافیک، کنترل ورود، تراکم، توزیع مکانی ترافیک، مدل تحرک.

Keywords: Code-division multiple access (CDMA), traffic analysis, traffic model, soft capacity, soft-handoff, traffic management policies, admission control, congestion, spatial traffic distribution, mobility model.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه	۱
۲- مروری بر شبکه مخابرات سیار نسل سومی UMTS	
۲-۱- مقدمه	۷
۲-۲- مروری بر سیر تحول شبکه‌های مخابرات سلولی	۷
۲-۳- برخی ویژگیهای شبکه UMTS	۱۴
۲-۴- معماری و مشخصات کلی شبکه UMTS	۱۹
۲-۴-۱- ساختار لایه‌ای واسط رادیویی در شبکه UMTS	۲۲
۲-۵- کیفیت و رده‌های سرویس در شبکه UMTS	۲۹
۲-۶- نتیجه‌گیری	۳۱
۳- مروری بر ویژگیهای تجزیه و تحلیل ترافیک و مدلهای ترافیکی در شبکه‌های CDMA	
۳-۱- مقدمه	۳۲
۳-۲- آشنایی با مفهوم ترافیک و تجزیه و تحلیل آن درشبکه CDMA	۳۲
۳-۲-۱- ظرفیت نرم (Soft Capacity)	۳۵
۳-۲-۲- تبادل نرم (Soft-Handoff)	۳۸
۳-۳-۳- نحوه مدل کردن توزیع تداخل در مسیر معکوس	۴۲
۳-۳- مدل ترافیکی	۴۶
۳-۳-۱- فرضهای معمول در مدلهای ترافیکی	۴۷
۳-۳-۲- روشهای کنترل ورود کاربران	۴۹
۳-۴- مروری بر مدلهای ترافیکی مطرح شده برای شبکه‌های CDMA	۵۱
۳-۵- نتیجه‌گیری	۵۸
۴- مدل ترافیکی سه‌منطقه‌ای برای مسیر معکوس در شبکه CDMA	
۴-۱- مقدمه	۵۹
۴-۲- مدل ترافیکی سه منطقه‌ای بدون در نظرگرفتن اثر محوشدگی سایه	۵۹

۴-۲-۱- ساختار هندسی مدل ترافیکی جدید ۶۱
۴-۲-۲- روش کنترل ورود در مدل ترافیکی ارائه شده ۶۴
۴-۲-۳- روابط ریاضی حاکم بر مدل ۶۸
۴-۳- اثر محوشدگی سایه در مدل ترافیکی ۷۵
۴-۴- نتیجه‌گیری ۷۸

۵- شیوه‌های مدیریت ترافیک در کنترل ورود کاربران جدید و مهاجر به یک سلول
۵-۱- مقدمه ۷۹
۵-۲- مدیریت ترافیک در کنترل ورود و اهمیت آن در شبکه‌های CDMA ۸۰
۵-۲-۱- معیارهای عددی مقایسه کارایی ۸۱
۵-۳- شیوه های مدیریتی در ارتباط با کنترل ورود کاربران جدید ۸۵
۵-۳-۱- شیوه کنترلی براساس تصمیم‌گیری مستقل (IDP) ۸۵
۵-۳-۲- شیوه کنترلی براساس تصمیم‌گیری جمعی (CDP) ۸۶
۵-۳-۳- شیوه مدیریتی براساس یکسان سازی کنترل ورود در مناطق مختلف ۸۶
۵-۳-۴- تجزیه و تحلیل عددی ۸۷
۵-۴- شیوه‌های مدیریت ترافیک در ارتباط با کنترل ورودکاربران مهاجر ۹۳
۵-۴-۱- شیوه کنترل تبادل نرم با یک مرز تصمیم‌گیری (SDB) ۹۵
۵-۴-۲- شیوه کنترل تبادل نرم با آستانه اختصاصی (DT) ۹۶
۵-۴-۳- شیوه مدیریتی با دو مرز تصمیم‌گیری (DDB) ۹۷
۵-۴-۳-۱- تأثیر مکانیزم هیسترزیس در مدل ترافیکی ۱۰۱
۵-۴-۳-۲- محاسبه نرخ تبادل کنترل توان در منطقه تبادل نرم ۱۰۲
۵-۴-۴- شیوه مدیریتی با دو مرز تصمیم‌گیری و آستانه‌های وابسته به مکان (DDB-RDT) ۱۰۵
۵-۴-۵- تجزیه و تحلیل عددی ۱۰۶
۵-۵- نتیجه‌گیری ۱۱۵

۶- بررسی تراکم درشبکه CDMA در محیطی مرکب از سرویسهای دیتا و صحبت تلفنی
۶-۱- مقدمه ۱۱۷
۶-۲- سرویس دیتا و ویژگیهای آن ۱۱۸
۶-۲-۱- مدل ترافیکی برای سرویس دیتا ۱۱۹

۶-۳- روابط ریاضی حاکم بر مدل ترافیکی ۱۲۲
۶-۴- معیارهای عددی مقایسه کارایی ۱۲۵
۶-۵- تجزیه و تحلیل عددی ۱۲۸
۶-۶- نتیجه‌گیری ۱۳۸

۷- توزیع مکانی ترافیک در یک سلول بر اساس ارائه یک مدل جدید تحرک در سلول
۷-۱- مقدمه ۱۳۹
۷-۲- توزیع مکانی کاربران و اهمیت آن ۱۴۰
۷-۳- فرایند تحرک و مدل سازی آن ۱۴۱
۷-۴- ارائه یک مدل جدید تحرک بر مبنای تقسیم منطقه‌ای وایجاد تناظر با شبکه‌های صف ۱۴۳
۷-۴-۱- مروری بر شبکه‌های صف ۱۴۴
۷-۴-۲- تناظر بین مدل تحرک ارائه شده و شبکه صف ۱۴۷
۷-۵- یک روش تحلیلی جهت توزیع مکانی کاربران ۱۴۹
۷-۶- نحوه تعیین پارامترهای مدل تحرک ۱۵۵
۷-۶-۱- نحوه تعیین پارامترهای مدل تحرک با توجه به توزیع زمان اقامت کاربر در سلول ۱۵۵
۷-۶-۲- تعیین پارامترهای مدل تحرک با توجه به پارامتر آماری زمان نگه‌داشتن کانال توسط یک کاربر در سلول ۱۵۸
۷-۶-۳- استفاده ازمدل تحرک ارائه شده در شبیه سازی ۱۶۰
۷-۷- نحوه استفاده از توزیع مکانی کاربران در مدل ترافیکی سه منطقه‌ای ۱۶۰
۷-۸- چند مثال عددی در ارتباط با کارایی مدل تحرک ۱۶۱
۷-۹- نتیجه‌گیری ۱۶۶

۸- نتیجه‌گیری
۸-۱- مقدمه ۱۶۷
۸-۲- خلاصه‌ای از مباحث گذشته ۱۶۷
۸-۳- پیشنهاد برخی محورهای تحقیقاتی ۱۷۴
پیوست ۱- روش تقریبی محاسبه یک حد بالایی برای نرخ تبادل کنترل توان در منطقه تبادل نرم ۱۸۲
مراجع ۱۸۸

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

۱- شکل۲-۱- سه بخش اساسی در شبکه UMTS ۲۱

۲- شکل ۲-۲- معماری شبکه رادیوئی در UMTS ۲۲

۳- شکل ۲-۳- ساختار لایه‌ای در واسط رادیوئی Uu ۲۴

۴- شکل ۲-۴- دو نمونه از نحوه جریان داده‌ها در ساختار لایه‌ای شبکه UMTS ۲۵

۵- شکل ۳-۱- مکانیزم هیسترزیس دامنه ۴۱

۶- شکل ۳-۲- مکانیزم استفاده از بازه زمانی قبل از تحریک ۴۱

۷- شکل ۳-۳- روش NCAC جهت مدل‌کردن کنترل ورود ۵۰

۸- شکل ۳-۴- روش ICAC جهت مدل‌کردن کنترل ورود ۵۱

۹- شکل ۴-۱- ساختار هندسی مدل ترافیکی سه منطقه‌ای ۶۲

۱۰- شکل ۴-۲- زنجیره مارکوف متناظر با مدل ترافیکی سه‌منطقه‌ای ۷۱

۱۱- شکل ۴-۳- نمودار عضویت یک کاربر ۷۶

۱۲- شکل ۵-۱- مقایسه عملکرد شیوه‌های مدیریتی IDP و CDP از نظر احتمال ازدست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده بازای مقادیر متفاوت آستانه انسداد (به صورت نرمالیزه) ۸۹

۱۳- شکل ۵-۲- مقایسه عملکرد شیوه‌های مدیریتی IDP و CDP از نظر بده‌بستان بین احتمال ازدست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده (بازای مقادیر متفاوت آستانه انسداد به صورت نرمالیزه) ۹۰

۱۴- شکل ۵-۳- مقایسه عملکرد شیوه‌های مدیریتی IDP و CDP از نظر احتمال انسداد و احتمال قطع ارتباط بازای مقادیر متفاوت آستانه انسداد (به صورت نرمالیزه) ۹۰

۱۵- شکل ۵-۴- مقایسه عملکرد شیوه‌های مدیریتی IDP و CDP از نظر احتمال ازدست دادن کیفیت ارتباط، ترافیک حمل‌شده، احتمال انسداد و احتمال قطع ارتباط بازای مقادیر متفاوت نرخ ورود تقاضاهای جدید در سلول A ۹۱

۱۶- شکل ۵-۵- مقایسه عملکرد شیوه‌های مدیریتی IDP و CDP از نظر بده‌بستان بین احتمال ازدست ۹۱

دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده (بازای مقادیر متفاوت نرخ ورود تقاضاهای جدید در سلول A)
۱۷- شکل ۵-۶- تأثیر میزان نفوذ منطقه SHR در معیارهای کارایی برای شیوه مدیریتی CDP ۹۲
۱۸- شکل ۵-۷- تأثیر آستانه انسداد متناظر با منطقه SHR در شیوه مدیریتی CDP، ۹۲
در یکسان سازی احتمال انسداد در سطح سلول و سایر معیارهای کارایی
۱۹- شکل ۵-۸- سه سناریوی مختلف حرکت کاربر مهاجر با توجه به مدل ترافیکی ۹۸
۲۰- شکل ۵-۹- نمودار عضویت در منطقه SHR_1 در حالت بکارگیری مکانیزم هیسترزیس ۱۰۲
۲۱- شکل ۵-۱۰- روش تقریبی استفاده از مرزهای مجازی در محاسبه نرخ تبادل کنترل توان ۱۰۳
۲۲- شکل ۵-۱۱- یک نمای نمونه ازعضویت نقاط مختلف واقع در SHR_1 ۱۰۴
(رنگ خاکستری نشانه کنترل توان با سلول A است)
۲۳- شکل ۵-۱۲- معیارهای کارایی در الف) شیوه SDB بازای مقادیر مختلف آستانه تصمیم‌گیری، ۱۰۹
ب) شیوه DT بازای مقادیر مختلف آستانه قطع ارتباط
۲۴- شکل ۵-۱۳- مقایسه عملکرد شیوه‌های مدیریتی DT ، DDB و DDB-RDT از نظر ۱۱۰
الف) احتمال انسداد و قطع ارتباط، ب) احتمال ازدست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده،
ج) احتمال ختم اجباری ارتباط و نرخ قطع ارتباط، بازای مقادیر متفاوت آستانه قطع ارتباط.
برای شیوه DDB-RDT آستانه قطع متناظر با لبه SHR بصورت نرمالیزه برابر ۱ در نظر گرفته
شده و آستانه قطع متناظر با تبادل کنترل توان تغییر داده شده است
۲۵- شکل ۵-۱۴- مقایسه عملکرد شیوه‌های مدیریتی DT ، DDB و DDB-RDT از نظر ۱۱۱
الف) احتمال انسداد و قطع ارتباط، ب) احتمال ازدست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده،
ج) احتمال ختم اجباری ارتباط و نرخ قطع ارتباط، بازای مقادیر متفاوت آستانه قطع ارتباط
در حالت بکارگیری هیسترزیس (برابر با ۲^{dB}) و کاهش واریانس محوشدگی سایه (برابر با ۴^{dB}).
برای شیوه DDB-RDT آستانه قطع متناظر با لبه SHR بصورت نرمالیزه برابر ۱ در نظر گرفته شده
و آستانه قطع متناظر با تبادل کنترل توان تغییر داده شده است
۲۶- شکل ۵-۱۵- مقایسه عملکرد شیوه های مدیریتی DT ، DDB و DDB-RDT از نظر ۱۱۲
الف) احتمال انسداد و قطع ارتباط، ب) احتمال ازدست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده،

ج) احتمال ختم اجباری ارتباط و نرخ قطع ارتباط، بازای مقادیر متفاوت نرخ خروج از سلول ناشی از حرکت کاربر

۲۷- شکل ۵-۱۶- مقایسه عملکرد شیوه‌های مدیریتی DT ، DDB و DDB-RDT از نظر الف) احتمال انسداد و قطع ارتباط، ب) احتمال ازدست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده، ج) احتمال ختم اجباری ارتباط و نرخ قطع ارتباط، بازای مقادیر متفاوت نرخ ورود کاربران جدید به سلول نمونه. ۱۱۳

۲۸- شکل ۶-۱- مدل ترافیکی برای سرویس دیتا ۱۲۱

۲۹- شکل ۶-۲- نحوه ارتباط احتمال ارسال مجدد و ضریب فعالیت کاربران دیتا در حالات مختلف متناظر با الف) تعداد کاربران داخلی از سرویس صحبت تلفنی، ب) زمان متوسط مجموعه پاکت. ۱۲۵

۳۰- شکل ۶-۳- تفاوت نسبی ایجاد شده در الف) احتمال انسداد و احتمال قطع ارتباط، ب) احتمال از دست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده، ج) احتمال خطای پاکت و ضریب فعالیت، د) تأخیر انتقال و راندمان ارسال، در حالتهای با ویژگی ارسال مجدد و بدون آن بر حسب نرخ ورود کاربران جدید سرویس صحبت تلفنی در هر سلول ۱۳۳

۳۱- شکل ۶-۴- تفاوت نسبی ایجاد شده در الف) احتمال انسداد و احتمال قطع ارتباط، ب) احتمال از دست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده، ج) احتمال خطای پاکت و ضریب فعالیت، د) تأخیر انتقال و راندمان ارسال، در حالتهای با ویژگی ارسال مجدد و بدون آن بر حسب زمان خواندن در مدل ترافیک دیتا (شکل (۶-۱)) ۱۳۴

۳۲- شکل ۶-۵- تفاوت نسبی ایجاد شده در الف) احتمال انسداد و احتمال قطع ارتباط، ب) احتمال از دست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده، ج) احتمال خطای پاکت و ضریب فعالیت، د) تأخیر انتقال و راندمان ارسال، در حالتهای با ویژگی ارسال مجدد و بدون آن بر حسب مقادیر مختلف بهره پردازش ۱۳۵

۳۳- شکل ۶-۶- تفاوت نسبی ایجاد شده در الف) احتمال انسداد و احتمال قطع ارتباط، ب) احتمال از دست دادن کیفیت ارتباط و ترافیک حمل‌شده، ج) احتمال خطای پاکت، ضریب فعالیت و احتمال تأخیر بیش از حد در دریافت پاکت ($\Delta=1^{sec}$)، د) تأخیر انتقال و ۱۳۶

راندمان ارسال، در حالتهای با ویژگی ارسال مجدد و بدون آن بر حسب مقادیر مختلف طول پاکتها
۳۴- شکل ۷-۱- مدل تحرک پیشنهادی براساس تقسیم سلول به نواحی کوچکتروتناظر با یک شبکه صف ۱۴۴
۳۵- شکل ۷-۲- مدل تحرک اصلاح‌شده جهت محاسبه توزیع مکانی کاربران، ۱۵۱
در حالت وجود یک رده سرویس و در نظر گرفتن فرایندهای مؤثر در کاهش و یا افزایش تعداد
کاربران در سلول و نحوه ارتباط آنها
۳۶- شکل ۷-۳- نمایش تصویری مدل (توزیع) عمومی SOHYP ۱۵۶
(هر مربع بیانگر یک متغیر تصادفی نمایی منفی می‌باشد)
۳۷- شکل ۷-۴- نمایش تصویری مدل (توزیع) عمومی فوق ارلانگ ۱۵۷
(هر مربع بیانگر یک متغیر تصادفی نمایی منفی می‌باشد)
۳۸- شکل ۷-۵- نمایش تصویری مدل (توزیع) عمومی کاکس ۱۵۹
(هر مربع بیانگر یک متغیر تصادفی نمایی منفی می‌باشد)
۳۹- شکل ۷-۶- نمایش دو الگوی آماری مکانی مختلف (یکنواخت و شبه زنگ) ۱۶۲
برای ورود کاربران جدید به نواحی متفاوت
۴۰- شکل ۷-۷- چگالی مکانی کاربر متناظر با سناریوی حرکتی مثال اول ۱۶۴
۴۱- شکل ۷-۸- چگالی مکانی کاربر متناظر با سناریوی حرکتی مثال دوم ۱۶۴
۴۲- شکل ۷-۹- چگالی مکانی کاربر متناظر با سناریوی حرکتی مثال سوم ۱۶۵
در حالت الگوی مکانی یکنواخت برای کاربران جدید
۴۳- شکل ۷-۱۰- چگالی مکانی کاربر متناظر با سناریوی حرکتی مثال سوم ۱۶۵
در حالت الگوی مکانی شبه زنگ برای کاربران جدید
۴۴- شکل پ۱-۱- روش محاسباتی نرخ تبادل کنترل توان بر اساس تقسیم ۱۸۳
منطقه به نواحی متحدالشکل
۴۵- شکل پ۱-۲- همبستگی مکانی محوشدگی سایه و تقریب آن با توابع پله‌ای و نردبامی ۱۸۴

فهرست جداول

عنوان	صفحه
۱- جدول ۳-۱- مقایسه برخی از مدلهای ترافیکی مطرح شده تاکنون از حیث نحوه در نظرگرفتن ظرفیت نرم، تبادل نرم و تداخل	۵۷
۲- جدول ۵-۱- مشخصات نمونه برای پارامترهای بکاررفته در تجزیه و تحلیل عددی مربوط به کنترل ورود کاربران جدید	۸۸
۳- جدول ۵-۲- مشخصات نمونه برای پارامترهای بکاررفته در تجزیه و تحلیل عددی مربوط به کنترل ورود کاربران مهاجر	۱۰۷
۴- جدول ۶-۱- مشخصات نمونه برای پارامترهای بکاررفته در تجزیه و تحلیل عددی در حالت ترکیبی صحبت تلفنی و دیتا	۱۳۰

فصل اول

مقدمه

یکی از مسائلی که امروزه در تحقیقات علمی تأثیرگذار میباشد مسائل اقتصادی است. این امر در شبکه‌های مخابراتی نیز بسیار حائز اهمیت میباشد. اصولاً شبکه‌ای می‌تواند در درازمدت موفق باشد که در طراحی آن، جنبه‌های اقتصادی مدنظر قرار گرفته باشد. در یک شبکه مخابراتی، یکی از عوامل اصلی در اقتصادی بودن شبکه که کاهش هزینه‌ها بر مشترک را به دنبال خواهد داشت، قابلیت شبکه در جذب مشترکین بیشتر میباشد. در این ارتباط دو زمینه حائز اهمیتند، یکی در ارتباط با قابلیت شبکه در سرویس‌دهی به مشترکین بیشتر و دیگری در داشتن جاذبه‌های لازم برای افزایش تعداد مشترکین. در مورد اول، و در چهارچوب مخابرات بیسیم، مسئله مهم استفاده بهینه از باند فرکانسی است. چرا که میتوان گفت منابع یک شبکه مخابراتی بدون سیم،کانالهای فرکانسی است که بالطبع محدود می‌باشند و برای هر شبکه مخابراتی بیسیم، باند فرکانسی محدودی اختصاص داده میشود و لذا توانایی شبکه در پذیرش هر چه بیشتر مشترکین در یک باند فرکانسی محدود، از امتیازات شبکه مخابراتی مذکور به حساب می‌آید.

در مورد دوم یعنی وجود جاذبه‌های لازم برای افزایش تعداد مشترکین، مهمترین مسئله توانایی شبکه در ارائه طیف وسیعتری از خدمات است. اصولاً وقتی که بحث از سرویسهای متعدد در یک شبکه پیش می‌آید به دنبال آن بحث کیفیت سرویس (QoS[1]) مطرح می‌گردد. امروزه حجم وسیعی از مقالات تحقیقاتی در مخابرات به بحث پیرامون شبکه‌های ارتباطی بر می‌گردد و کمتر مقاله‌ای در این زمینه وجود دارد که به نوعی با مسئله QoS مرتبط نباشد. مطرح شدن سرویسهای متعدد با کیفیتهای متفاوت که عامل مهمی در جذب تعداد مشترکین میباشد موضوعی است که افزایش قابلیتهای شبکه‌های مخابراتی را طلب می‌کند.

۱- Quality of Service (QoS)

از طرف دیگر مخابرات بیسیم و نوع خاصی از آن یعنی مخابرات سیار، امروزه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است [۱] . میتوان گفت که این اهمیت از دو جنبه قابل بحث است که البته ریشه هر دو باز هم به مسائل اقتصادی برمی‌گردد. یک جنبه از اهمیت این نوع شبکه، به تقاضای بیشتر برای استفاده از سرویسهای آن برمی‌گردد که این امر ناشی از محبوبیت بیشتر این نوع از ارتباط میباشد چرا که مشترکین معمولاً مایل هستند برای ایجاد ارتباط، به مکان و یا زمان خاصی محدود نباشند .

جنبه دوم از اهمیت این نوع شبکه‌ها به هزینه‌های راه‌اندازی و خصوصاً تعمیر ونگهداری آنها مرتبط است. نسبت زیادی از هزینه‌های یک شبکه مخابراتی سیمی به مسائل مرتبط با کابل‌کشی برمیگردد که بر پایه دو عامل نیروی انسانی و مواد اولیه استوار است و هزینه هر دو مورد با توجه به تورم جهانی روبه افزایش است. این در حالی است که شبکه‌های مخابرات سیار، این بخش از هزینه‌های یک شبکه مخابراتی را حذف می‌کنند و عمده هزینه آنها به فنّاوری وابسته است که این هزینه روزبروز کاهش می‌یابد. این مسئله به قدری اهمیت دارد که امروزه کشورهای پرجمعیتی که از ضریب نفوذ کوچکی در بخش تلفن ثابت نسبت به متوسط جهانی برخوردارند سرمایه‌گذاریهای عظیمی روی استفاده از این شبکه‌ها نموده‌اند و در اصطلاح خود را جهت نوعی جهش فنّاوری آماده می‌کنند.

موضوع دیگر در ارتباط با اهمیت مخابرات سیار و رویکرد سیستمهای جدید مخابرات سیار مانند سیستمهای نسل سوم، اهمیت سرویسهای دیتا در مقایسه با سرویس صحبت تلفنی است که این امر با توجه به رشد سرویسهای شبکه‌های دیتا و اهمیت بیش از پیش تبادل اطلاعات، مطرح می‌گردد [۲] . این موضوع باعث شده است که شبکه‌های مخابراتی جدید که در استانداردهای قبلی از ابتدا براساس سرویس صحبت تلفنی طراحی می‌شدند، به افزایش قابلیتهای خود جهت ارائه سرویسهای مختلف دیتا بپردازند. شبکه‌های باند وسیع انتقال دیتا بطور سریعی رو به گسترش است و آنچه که در مخابرات قرن حاضر اهمیت دارد هماهنگ شدن شبکه‌های مختلف با قابلیتهای متفاوت میباشد که برای این منظور، شبکه‌هایی که به دلایلی از جایگاه

ویژه و از قابلیتهای کمتری برخوردارند باید جهت افزایش قابلیتهای خود و ایجاد هماهنگی بیشتر با شبکه‌های باند وسیع، متحول گردند که یک نمونه بارز آن در تحول شبکه‌های مخابرات سیار سلولی از نسل دوم به نسل سوم تحقق یافته است [۳-۴].

با نگاهی به روند رشد سیستمهای مخابرات سیار، وخصوصاً شبکه مخابرات سیار نسل سوم، میتوان دریافت که روش CDMA[۱] [۳-۵]، در شبکه‌های مخابرات کنونی و آینده نزدیک از جایگاه ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. دو ویژگی مهم این شبکه‌ها که آنها را از شبکه‌های مخابراتی غیرCDMA متمایز میسازد، ظرفیت نرم[۲] و امکان اعمال فرایند تبادل نرم[۳] میباشد [۶-۷] . با عنایت به این ویژگیها و نیز اهمیت روز افزون سرویسهای دیتا در شبکه های مخابرات سیار و همچنین منابع محدود رادیویی ازیک طرف و رشد روزافزون مشترکین از طرف دیگر، استفاده بهینه از منابع امری ضروری و اجتناب ناپذیر است و لذا موضوع تجزیه و تحلیل ترافیک که روش مناسب و کارآمدی جهت مقایسه شیوه‌های متفاوت مدیریت منابع رادیویی و میزان و نحوه استفاده مشترکین از شبکه و نیز میزان رضایت آنان میباشد از جایگاه خاصی برخوردار خواهد بود.

نظر به اهمیت این موضوع، رساله حاضر در ارتباط با موضوعات متنوع مرتبط با تجزیه و تحلیل ترافیک در شبکه‌های CDMA شامل مدلهای ترافیکی، شیوه‌های مدیریت ترافیک در کنترل ورود کاربران به شبکه، ایجاد تراکم در شبکه ونقش سرویسهای متفاوت در آن و نیز توزیع مکانی کاربران، تدوین شده است. درهمین راستا در فصل دوم این رساله، مروری مختصر به روند تحول شبکه‌های مخابرات سیار ونیز ساختار و معماری شبکه مخابرات سیار نسل سوم UMTS[۴] [۸] که مبتنی بر روش CDMA می‌باشد خواهیم داشت و با جایگاه بحث ترافیک در این شبکه آشنا خواهیم شد. شایان ذکر است که این شبکه در واقع تکامل یافته

۱- Code-Division Multiple-Access (CDMA)

۲- Soft Capacity

۳- Soft-Handoff

۴- Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)

شبکه نسل دوم GSM[1] میباشد [۹-۱۰] و این استاندارد که در کشور ما نیز پیاده سازی شده است گسترده‌ترین استاندارد شبکه نسل دوم درحال حاضر در جهان میباشد لذا شبکه UMTS را میتوان یکی از با اهمیت‌ترین شبکه‌های مخابرات سیار نسل سوم در دنیا دانست.

در فصل سوم، مروری بر موضوع تجزیه و تحلیل ترافیک در شبکه‌های CDMA و ویژگیهای متمایز آن نسبت به شبکه‌های غیرCDMA خواهیم داشت و ضمن بحث و بررسی مختصر پیرامون ویژگیهای ظرفیت نرم، تبادل نرم و نحوه محاسبه توزیع تداخل به موضوع مدلهای ترافیکی به عنوان ابزار ریاضی جهت تجزیه و تحلیل ترافیک میپردازیم. دراین ارتباط ضمن آشنایی با دوشیوه اصلی کنترل ورود کاربران در شبکه‌های CDMA، مدلهای ترافیکی ارائه شده برای شبکه‌های مزبور را به اختصار مرور می‌نمائیم. دراین بررسی خواهیم دید که در اکثر مدلهای ترافیکی ارائه شده، ترافیک کاربران تداخل‌کننده بطور کامل بصورت پویا درنظر گرفته نشده است و این یک نقص جدی در مدلهای ترافیکی مزبور میباشد. جهت رفع این نقص (هر چند به طور تقریبی)، در فصل چهارم این رساله به معرفی یک مدل جدید ترافیکی بنام مدل ترافیکی سه‌منطقه‌ای میپردازیم. مهمترین ویژگی این مدل ترافیکی جدید که به حل یک زنجیره مارکوف سه بعدی منجر میشود، لحاظ‌کردن تداخل کاربران واقع در سلولهای مجاور بصورت پویا و به اتکاء برخی تقریبها و تخمینها میباشد. در این فصل علاوه بر نوشتن روابط ریاضی حاکم بر مدل، اثر محوشدگی سایه را درروابط مزبور خواهیم دید و در نهایت معادلات لازم را جهت انجام تجزیه وتحلیلهای عددی بدست خواهیم آورد. در این مدل ترافیکی نرخ اقدام به مهاجرت نیز بصورت وابسته به حالت ترافیکی ومتغیر با زمان در نظر گرفته می‌شود. مدل ترافیکی سه منطقه‌ای مدلی مناسب‌تر از مدلهای پیشین جهت لحاظ‌کردن شرایط ناهمگن در شبکه میباشد.

درفصل پنجم، به بحث پیرامون مدیریت ترافیک [۱۱] می‌پردازیم. دراین راستا پس از آشنایی با مفهوم و

۱- Global System for Mobile communications (GSM)

اهمیت شیوه‌های مدیریت ترافیک در رابطه با کنترل ورود کاربران به دو مقوله کنترل ورود کاربران جدید و مهاجر می‌پردازیم و ضمن بحث پیرامون دوشیوه مدیریتی دررابطه با کنترل ورود کاربران جدید ضمن مقایسه آنها براساس مدل ترافیکی سه منطقه‌ای، راهکاری را جهت یکسان سازی کنترل ورود در تمام نواحی جغرافیایی ارائه می‌دهیم. همچنین در بخش کنترل ورود کاربران مهاجر، ضمن بحث پیرامون عدم کارایی دوشیوه مدیریتی رزرو کانال و نیز در صف قرار دادن کاربران مهاجر [۱۲] درشبکه‌های CDMA با توجه به وابستگی ظرفیت به تداخل، به ارائه ومقایسه چند شیوه مدیریتی جدید خواهیم پرداخت. شیوه‌های مقایسه شده دراین فصل شامل شیوه مدیریتی با یک مرز و یک آستانه تصمیم‌گیری، شیوه مدیریتی با آستانه‌های اختصاصی، شیوه مدیریتی با دومرز تصمیم‌گیری و شیوه مدیریتی با دومرز تصمیم‌گیری و آستانه‌های منطقه‌ای میباشند که هر کدام از آنها نسبت به شیوه قبل از خود، از پیچیدگی و قابلیت انعطاف بیشتری در تصمیم‌گیری برخوردار است و به استناد نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل عددی ملاحظه خواهیم نمود که دراین شیوه‌ها با اعمال کنترل بیشتر تداخل، قادر به بهبود کیفیت سرویس درارتباط با معیارهای ترافیکی میباشیم.

در فصل ششم، به موضوع تراکم[۱] [۱۳] در شبکه در یک محیط مرکب از سرویسهای دیتا و صحبت تلفنی می‌پردازیم و ضمن بحث و بررسی ویژگی امکان ارسال مجدد در موردسرویسهای نابهنگام دیتا و تأثیر این ویژگی در روابط حاکم بر مدل ترافیکی، افزایش احتمال تراکم ناشی از کاربران دیتا را مورد تأکید قرار میدهیم واین موضوع را با استفاده از مدل ترافیکی سه منطقه‌ای و در شرایط مختلف مورد تجزیه وتحلیل عددی قرار خواهیم داد. در همین ارتباط دو شیوه مدیریت ترافیک جهت کنترل ورود کاربران مهاجر را که در فصل پنجم بیان نمودیم با یکدیگر مقایسه خواهیم کرد.

در فصل هفتم به یکی دیگر از موضوعات مرتبط با ترافیک یعنی توزیع مکانی ترافیک [۱۴] میپردازیم که

۱- Congestion

این موضوع هم به عنوان بحثی مستقل از مدل ترافیکی قابل طرح است و هم میتواند درافزایش دقت تخمین تعداد کاربران تداخل‌کننده درمدل ترافیکی سه منطقه‌ای بکار رود. در این فصل ضمن ارائه یک مدل جدید تحرک[1] که بر مبنای تقسیم یک سلول به نواحی کوچک و معادل‌سازی آن با یک شبکه صف [۱۵] استوار می‌باشد با استفاده از راهکارهایی، فرایندهای مرتبط درتوزیع مکانی ترافیک را دریک قالب تحلیلی در نظر خواهیم گرفت. این فرایندها شامل الگوهای آماری تحرک کاربران، الگوهای آماری- مکانی ورود کاربران جدید، و کاربران مهاجر به مناطق مرزی سلول میباشند که ارتباط بین آنها را با استفاده از یک شبکه صف نشان می‌دهیم ویک رابطه تحلیلی بسته رابرای چگالی مکانی کاربران بدست می‌آوریم و در قالب چند سناریوی حرکتی، کارایی رابطه بدست آمده را ملاحظه خواهیم نمود. همچنین در این فصل به اختصار در مورد کارایی مدل تحرک ارائه شده و نیز نحوه استفاده از توزیع مکانی کاربران در مدل ترافیکی سه منطقه‌ای بحث خواهیم کرد.

در نهایت در فصل هشتم به جمع‌بندی مباحث مطرح شده و نتایج بدست آمده و معرفی برخی از محورهای تحقیقاتی در راستای مباحث این رساله خواهیم پرداخت.

۱- Mobility Model