بسم الله الرحمن الرحيم

٤٦٥٢
٢٠٠٩

٢٨٠٩٠

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تشییه مدارک

۲۴۵۰ /۹۲ ۲۸

۲۴۵۰ /۹۲ ۲۸

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی کامپیوتر - نرم‌افزار

معماری قرارداد چندگانهٔ راه‌گزینی برچسبی

استاد راهنما:

دکتر بیژن طاهری

013188

جواد رجائی

زمستان ۱۳۷۹

۳۸۰۹۱

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای **جواد رجائی** پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **معماری قراردادهای چندگانه راه‌گزینی برچسبی** در تاریخ **۷۹/۱۰/۲۴** ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی **کامپیوتر** با گرایش **مهندسی نرم‌افزار** پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	آقای دکتر طاهری	
۲ـ استاد مشاور :	—	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر ولائی	
	آقای دکتر پدرام	
۴ـ مدیر گروه : (یا نمایندهٔ گروه تخصصی)	آقای دکتر شیری	

این نسخه به عنوان پایان‌نامه ارساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

بسمه تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ ..... است که در سال ..... در دانشکدهٔ ..... دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... ، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهداکند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب ..... دانشجوی رشته کارشناسی ارشد مهندسی [illegible] مقطع ارشد، تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی: .....

تاریخ و امضا: ۷۹/۱۰/۱۷

تقدیم به

پدر و مادرم

نخستین معلمانم

با تشکر از جناب آقای دکتر طاهری

که جهت راهنمایی پایان نامه متقبل زحمات فراوانی شدند

و

تمامی دوستان و آشنایانی که مرا در این امر یاری نمودند.

چکیده :

شبکه‌های IP گستردگی ، مقبولیت و قابلیت انعطاف زیادی دارند. شبکه‌های مبتنی بر فناوری ATM پهنای‌باند وسیع ، سرعت عمل و کیفیت خدمات را تضمین می‌کنند. یکپارچه‌سازی این دو شبکه به منظور بدست آوردن مزایای هر دو، زمینهٔ یک دهه تحقیقات بوده است که در نتیجه آن ، راه‌حلهای گوناگونی ارائه شده است. به منظور یافتن نقاط قوت این راه‌حلها و تهیهٔ استاندارد در این زمینه، تلاشهایی در حال انجام است. حاصل این تلاش (MultiProtocol Label Switching _MPLS) نام گرفته است. در MPLS قراردادهای مسیریابی IP همراه با ایدهٔ "راه‌گزینی برچسبی" در محیط ATM ، توانایی مسیریابهای شبکه در پشتیبانی از کاربردهای مبتنی بر IP همزمان با تضمین کیفیت خدمات و سرعت بالا را ایجاد می‌کند. در عین حال چندپخشی در حال حاضر یکی از مسائل مهم و مطرح در شبکه‌های IP است که مرور زمان و جهت‌گیری خواسته‌های جدید اهمیت آنرا افزایش نیز خواهد داد. ولی گزارشهای منتشره غالباً بررسی این بخش از IP را به آینده واگذار کرده‌اند. برای پشتیبانی از چندپخشی در MPLS مشکلاتی بنیادی وجود دارد. در این پایان‌نامه نخست ساختار و معماری MPLS مشروحاً بررسی می‌گردد. سپس ضمن بررسی راه‌حلهای ممکن برای حمایت از چندپخشی پیشنهاد تغییری در معماری MPLS ارائه می‌گردد تا توانایی حمایت از چندپخشی در تمام محدوده‌های آن ، اعم از Dense Mode و Sparse Mode ، امکان‌پذیر گردد و در ضمن ساختاری یکدست برای MPLS بدست آید.

کلید واژه‌ها :

قرارداد چندگانهٔ راه‌گزینی برچسبی، قرارداد توزیع برچسب، انقیاد برچسب، چندپخشی، انقیاد بالادست، انقیاد پایین‌دست

KeyWords:

MPLS , LDP , Label Binding , Multicasting , Upstream Binding vs. Downstream Binding

۱ - تاریخچه :..... ۱

۱ -۱ مقدمه: ۲

۱ -۲ شبکهٔ IP ۲

۱ -۳ شبکهٔ ATM : ۳

۱ -۴ اجتماع IP و ATM : ۴

۱ -۵ روشهای پوششی (OVERLAY MODELS): ۵

۱ -۵- ۱ Classical IP -CLIP : ۶

۱ -۵- ۲ NHRP: ۶

۱ -۵- ۳ LANE : ۷

۱ -۵- ۴ MPOA ۷

۱ -۵- ۵ PAR ۸

۱ -۵- ۶ MARS ۸

۱ -۶ روشهای همتا (PEER MODELS) ۸

۱ -۶- ۱ CSR ۹

۱ -۶- ۲ IP Switching ۱۲

۱ -۶- ۳ Tag Switching ۱۵

۱ -۶- ۴ ARIS ۱۷

۱ -۶- ۵ MPLS ۱۹

۱ -۷ خلاصه ۲۱

۲ - قرارداد چندگانهٔ راه‌گزینی برچسبی..... ۲۴

۲ -۱ : مقدمه ۲۵

۲ -۲ : MPLS در یک نگاه اجمالی ۲۷

۲ -۳ : ضروریات ۲۸

۲ -۴ : مفاهیم و مسائل اصلی MPLS..... ۳۰

۲ -۴ -۱ مفاهیم پایه‌ای ۳۱

۲ -۴ -۲ : جداول انتقال داده در مسیریابها..... ۳۳

۲ -۴ -۳ ملاحظات تعیین برچسب‌ها..... ۳۵

۲ -۴ -۴ قرارداد توزیع برچسب..... ۳۷

۲ -۴ -۵ مسیریابی و کنترل حلقه ۳۸

۲ -۴ -۶ مسیرهای سلسله مراتبی و پشته برچسب ۴۲

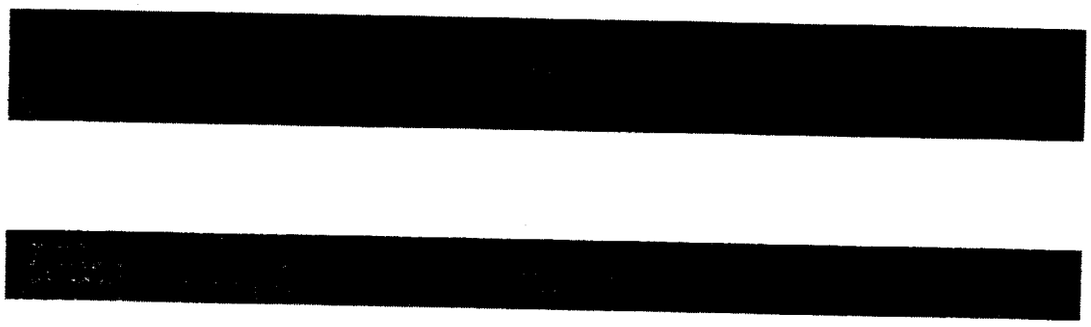
۲ -۴ -۷ مکانیزم راه‌گزینی برچسبی و انتقال ۵۰

۲ -۴ -۸ تخصیص منابع و تامین کیفیت خدمات ۵۱
۲ -۴ -۹ مهندسی ترافیک ۵۲
۱ -۷ خلاصه ۵۴
۳ - قرارداد توزیع برچسب ۵۵
۳ -۱ مقدمه ۵۶
۳ -۲ بخش اول : عملیات و روالها (OPERATIONS & PROCEDURES) ۵۷
۳ -۲ -۱ مجموعهٔ هم‌ارزی انتقال ۵۹
۳ -۲ -۲ مفاهیم اولیه ۶۲
۳ -۲ -۳ کشف همسایه LDP Discovery ۶۴
۳ -۲ -۴ برقراری و نگهداری نشست‌های LDP ۶۶
۳ -۲ -۵ نگهداری مجاورتها ونشستهای LDP ۷۱
۳ -۲ -۶ مدیریت برچسب ۷۳
۳ -۲ -۷ شناسه‌های LDP و آدرس مسیریاب بعدی ۷۷
۳ -۲ -۸ کشف حلقه Loop Detection ۷۸
۳-۳ پیامها و واحدهای طلاعاتی قرارداد توزیع برچسب ۸۵
۳ -۳ -۱ ساختار عمومی پیامهای LDP ۸۸
۳ -۳ -۲ پیام Notification ۹۰
۳ -۳ -۳ پیام سلام Hello Message ۹۴
۳ -۳ -۴ پیام راه اندازی Initialization Message ۹۷
۳ -۴ خلاصه ۱۰۴
۴ - چندپخشی در اینترنت: ۱۰۵
۴ -۱ مقدمه ۱۰۶
۴ -۲ چندپخشی در IP ۱۰۷
۴ -۳ قراردادهای عضویت در گروه ۱۱۲
۴ -۴ قراردادهای مسیریابی چندپخشی ۱۱۷
۴ -۴ -۱ روشهای کلی مسیریابی چندپخشی ۱۱۷
۴ -۴ -۲ Protocol Independent Multicast-Dense Mode : PIM_DM ۱۲۹
۴ -۴ -۳ Protocol Independent Multicast-Sparse Mode : PIM_SM ۱۳۱
۴ -۵ خلاصه ۱۴۱
۵ - چندپخشی در MPLS: ۱۴۲
۵ -۱ مقدمه ۱۴۳

۵ -۲ مسائل چندپخشی در MPLS ۱۴۳
۵ -۲ -۱ پویایی و تغییر ۱۴۳
۵ -۲ -۲ داده گرایی در حالت Dense Mode ۱۴۴
۵ -۲ -۳ احتیاج به ادغام ۱۴۵
۵ -۲ -۴ وجود همزمان درختهای عمومی(RPT) و اختصاصی(SPT) ۱۴۵
۵ -۳ عوامل موثر در پیشنهادها ۱۵۳
۵ -۳ -۱ شروع عملیات تولید مسیر در چندپخشی ۱۵۳
۵ -۳ -۲ انتخاب و انقیاد برچسب ۱۵۶
۵ -۳ -۳ حلقه و تعامل با آن در چندپخشی ۱۵۸
۵ -۴ پیشنهاد FARINACCI ۱۵۹
۵ -۴ -۱ توصیف ۱۶۰
۵ -۴ -۲ جمع‌بندی ۱۶۲
۵ -۵ پیشنهاد ACHARYA ۱۶۳
۵ -۵ -۱ توصیف ۱۶۵
۵ -۵ -۲ جمع‌بندی ۱۷۱
۵ -۶ مقایسه راه حلها ۱۷۲
۵ -۷ روش پیشنهادی ما ۱۷۶
۵ -۷ -۱ انقیاد بالادست برچسب ۱۷۶
۵ -۷ -۲ اعلان برچسب جدید ۱۷۷
۵ -۸ ارزیابی پیشنهاد ۱۷۹
۵ -۸ -۱ معایب انقیاد بالادست برچسب جدید ۱۸۰
۵ -۸ -۲ مزایای انقیاد بالادست برچسب جدید ۱۸۳
۵ -۹ خلاصه ۱۸۴
۶ - شبیه‌سازی ۱۸۵
۶ -۱ مقدمه ۱۸۶
۶ -۲ کلیات مدل شبیه سازی ۱۸۶
۶ -۳ تعیین پارامترهای مدل و مقادیر آنها ۱۸۸
۶ -۴ انتخاب شبیه ساز ۱۸۹
۶ -۵ جزئیات مدل شبیه‌سازی ۱۹۴
۶ -۵ -۱ قسمت اول: زمان پردازش ۱۹۴
۶ -۵ -۲ قسمت دوم : عددهی اولیه ۱۹۵

۶ -۵ -۳ قسمت سوم : حذف برچسب ۱۹۵
۶ -۵ -۴ قسمت چهارم : مسیریاب ۱۹۵
۶ -۶ نتایج ۱۹۷
۶ -۷ نگاه به آینده ۱۹۸
ضمایم ..... الف ۱-۱۶
واژه‌نامهٔ انگلیسی به فارسی
واژه‌نامهٔ فارسی به انگلیسی
اختصارات
مراجع

۱- فصل اول :



۱-۱ مقدمه:

رشد نمایی اینترنت همراه با تقاضای روزافزون برای استفاده از پهنای باند بیشتر در برنامه‌های کاربردی و نیز ایجاد برنامه‌های کاربردی جدید در زمینه انتقال داده‌های چندرسانه‌ای باعث می‌گردد تا خواسته‌های جدیدی مورد توجه قرار گیرند. خواسته‌هایی مبنی بر تضمین کیفیت خدمات ارائه شده و نیز توانایی استفاده از پهنای باند بیشتر. این خواسته‌ها باعث شده است تا فکر ایجاد نسل جدیدی از شبکه‌ها قدرت بگیرد. شبکه‌هایی که در عین سادگی و فراگیری،توانایی تأمین خواسته‌های جدید را نیز داشته باشند. با توجه به خواسته‌های فوق دو نوع از شبکه‌ها گسترش زیادی یافته‌اند: شبکه‌ای که نیازهای کیفیت خدمات و استفادهٔ بهینه از پهنای باند را مدنظر قرار داده است یعنی شبکه‌های مبتنی بر تکنولوژی ATM[1] و دیگر شبکه‌های IP[2] که سادگی و تحمل خطای بالا را مد نظر قرار داده‌اند. این دو نوع شبکه که به اختصار به آنها خواهیم پرداخت در بحث MPLS[3] جایگاه مهمی دارند.

۱-۲ شبکهٔ IP:

در طول دههٔ ۶۰ و ۷۰ قرن بیستم میلادی در گرمترین برهه از جنگ سرد ، ایدهٔ اتصال کامپیوترهای دفاعی ایالات متحده به یکدیگر مطرح گشت. هدف اصلی از این ایده جلوگیری از فلج شدن سیستم دفاعی و تهاجمی در هنگام بروز یک جنگ جهانی و انفجارات هسته‌ای بود. با اتصال سیستم‌ها به یکدیگر حتی در صورت بروز اشکال در پاره‌ای از آنها ، با ایجاد افزونگی ، می‌توانستند وظایف بخش منهدم شده را در دیگر قسمتها به انجام برسانند. این ایده باعث شکل گیری شبکهٔ ARPANET شد. (برای بررسی دقیق زمانی به بخش تاریخچهٔ مختصر در انتهای همین فصل مراجعه شود.) در این شبکه وظیفهٔ انتقال بسته‌ها در شبکه، به عهده قراردادی به نام IP قرار داشت. همراه با

---

1 - Asynchronous Transfer Mode - ATM

2 - Internet Protocol

3 - MultiProtocol Label Switching - MPLS

IP ، در دو گره انتهایی هرخط ارتباطی، برنامه‌ای به نام NCP[1] وظیفه تکمیل نمودن و اطمینان بخش کردن اتصال و جبران خطا را برعهده داشت. با توجه به شرایط و فکر غالب در آن محدودهٔ زمانی قرارداد IP دارای مشخصاتی بود که بتواند کارکرد کلی شبکه را حتی در شرایط بحرانی تضمین کند.

این خواص را می‌توان در چهار عبارت زیر خلاصه نمود: [WRIG98] [METZ98]

۱- هر شبکه به تنهایی قادر بکار می‌باشد و تمام تصمیم‌گیریهای لازم در آن به صورت محلی انجام می‌شود . شبکه‌ها با مسیریابها به یکدیگر وصل می‌شوند.

۲- ارتباط بین شبکه ها به صورت Best-effort است. اگر بسته‌ای از طرف گیرنده اعلام وصول نشود فرستنده مجدداً اقدام به ارسال آن می‌کند.

۳- در مسیریابهایی که شبکه‌ها را به هم وصل می‌کنند اطلاعاتی راجع به داده‌ها و جریانهای عبوری ذخیره نمی‌شود. تمام اطلاعات مورد لزوم دربارهٔ جریانهای عبوری فقط در دو وسیلهٔ انتهاییِ ارتباط، نگهداری می‌شود.

۴- هیچ نقطهٔ مرکزی کنترل در شبکه وجود ندارد و نیازی نیز به وجود آن نیست.

۱-۳ شبکهٔ ATM:

در اواخر دههٔ هشتاد قرن بیستم میلادی شرکتهای تلفن دنیا و ادارات پست و تلگراف و تلفن (PTT) برای ساخت سیستم‌های تلفن راه گزینی مداری کاملاً رقمی با هم به توافق رسیدند. این سیستم جدید ISDN[2] نامگذاری گردید. هدف این سیستم ارائه خدمات مجتمع صوتی و غیرصوتی بود. عملیات استانداردسازی این سیستم توسط CCITT انجام شد. متأسفانه این عملیات سالها بطول انجامید و در اثر سرعت رشد و پیشرفت تکنولوژی ، نتیجهٔ کار بگونه‌ای بود که در هنگام آماده شدن استانداردها دیگر توجیهی و رغبتی برای استفاده از آن ، وجود نداشت . بنابراین CCITT به

---

[1] - Network control Program - NCP

[2] - Integrated Services Digital Network

فکر ارائه خدمات جدید افتاد و B_ISDN را ارائـه نمـود. ایـن اسـتاندارد بـر مبنـای ATM می‌باشـد. تکنولوژی ATM بر مبنای راه‌گزینی بسته‌ای (به عبارت دقیق‌تر راه‌گزینی سلولی[1]) قرار گرفته است.

در این روش ابتدا یک مسیر بین فرستنده و گیرنده با مشـخصات مـورد نظـر برقـرار شـده و منابع مورد نیاز تخصیص می‌یابند. سپس داده‌ها بین دو طرف جریـان می‌یـابند. از همیـن روی امکـان آنکه ارتباطی با کیفیت مشخص و معین و نیز تضمین شده‌ای را تهیه دید، وجود دارد. از طرفی چـون مسیریابی قبلا انجام شده است به مسیریابی مجدد برای هر بسته نیازی نیست. کافیست مشخص شود که بسته به کدام مسیر تعلق دارد تا منطبق با مسیر منتقل گردد. این نـیز بـه صـورت یـک شـاخص بـا ارزش محلی در فاز برقراری مسیر، بیـن گره‌هـای مجـاور توافـق می‌شـود. بنـابراین عملیـات حجیـم مسیریابی به عملیـات انتقـال سـاده‌ای بـدل می‌گـردد کـه پیاده‌سـازی آنـرا بـا سـرعت بـالا در سـطح سخت‌افزار امکان‌پذیر می‌کند. از این روی سرعت عمل سوئیچ‌های ATM بسـیار بیشـتر و بـه نسـبت دارای قیمت بسیار کمـتری از مسـیریابهای IP هسـتند. در عیـن حـال بـرای کاربردهـایی کـه کیفیـت خدمات در آنها فاکتور مهمی‌است بسیار مناسب می‌باشند.

۱-٤ اجتماع IP و ATM:

نکات فوق انگیزه‌ای شد تا ایدهٔ مجتمع‌سازی قابلیت انعطاف و فراگیری IP ، بـر روی بسـتر سریع و بـا کیفیـتِ حـاصل از شـبکه‌های ATM بـه صـورت یـک ایـدهٔ نـو در اوائـل دهـهٔ ۹۰ ذهـن جستجوگران و محققان این وادی را به خود مشغول کند. در نیل به این هدف دو روش کلی پیشـنهاد شده بود: [ATM FORUM 94-1015] روش همتـا (Peer) و روش یـا مـدل پوششـی (Overlay). روش اول فرض می‌کند که لایه ATM به عنوان بستر انتقال مورد اسـتفاده قـرار می‌گـیرد و از فضـای آدرس IP و امکانات آن ، برای مسیریابی اسـتفاده می‌شـود. درخواسـتهای سـیگنالینگ ATM حـاوی آدرس‌های IP بوده و هر سیستم برای مسیریابی از بسته‌های کنترلی قراردادهـای IP (نظـیر - OSPF BGP) استفاده می‌کند. در مقابل ، روش دوم فرض می‌کند که لایه ATM بـا تمـام امکانـات خـود بـه

[1] - Cell Switching