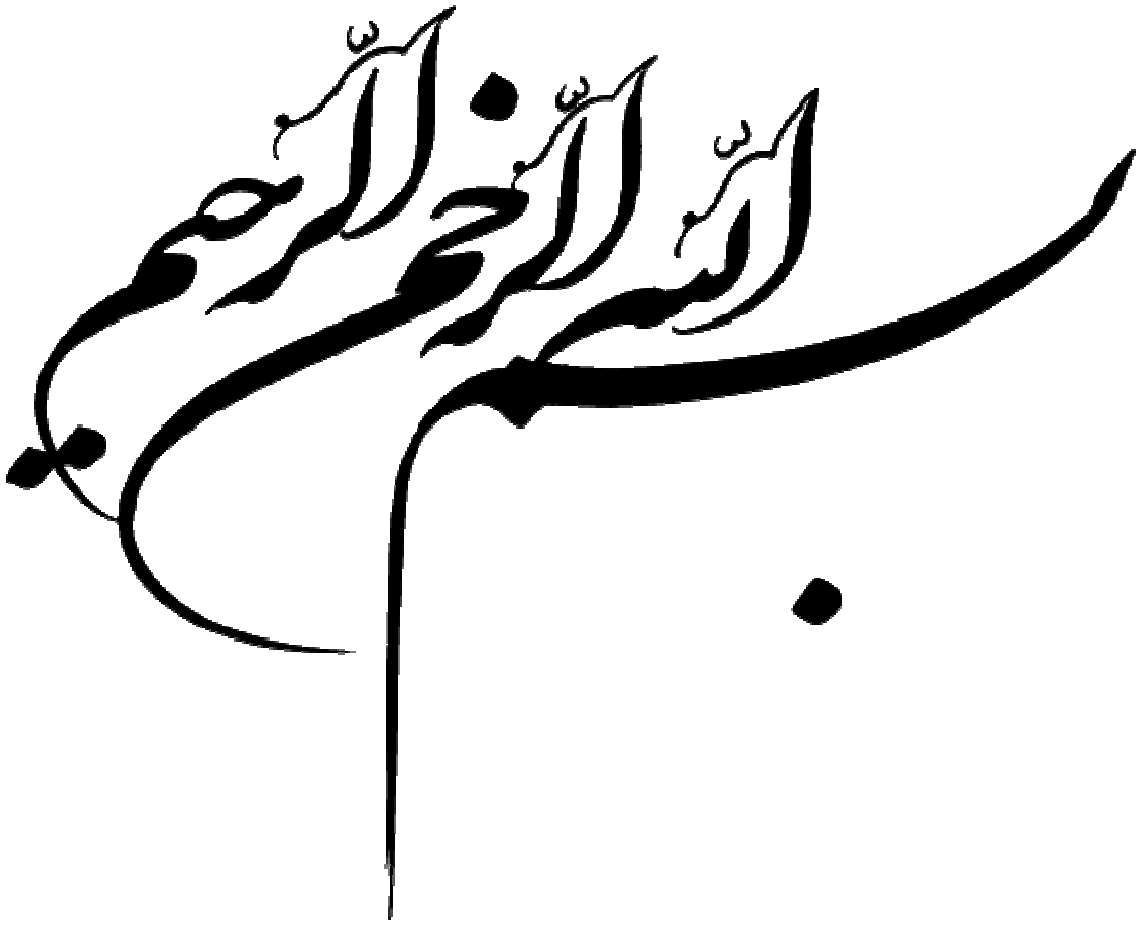

بسم الله الرحمن الرحیم

T.M.U.
دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-کنترل

طراحی یک کنترلگر غیرخطی برای ازدحام شبکه با سرویسهای تفکیک شده با تأخیر زمانی

رضا وحیدنیا

استاد راهنما:

دکتر محمد تقی حمیدی بهشتی

زمستان ۱۳۸۷

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما			
۲- استاد مشاور			
۳- استاد مشاور			
۴- استاد ممتحن			
۵- استاد ممتحن			
۶- نماینده گروه			

تقدیم

تقدیم به آنان که رفتند و با خون سرخ خود سرمشق آزادگی را برای ما به یادگار گذاشتند.

تشکر و قدردانی

پس از حمد و ثنای الهی بر خود لازم می دارم از زحمات و راهنمایی های استاد گرامی جناب آقای دکتر بهشتی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از پدر و مادر عزیزم سپاسگزارم و از خداوند می خواهم همانطور که آنان مرا در کودکی مورد لطف و عنایت خود قرار دادند ایشان را در سایه رحمت و مغفرت خویش قرار دهد.

رضا وحیدنیا
زمستان ۱۳۸۷

چکیده

این گزارش پس از طرح مسئله کنترل ازدحام در شبکه های با سرویس تفکیک شده، به معرفی یک کنترلگر مد لغزشی برای ترافیک شبکه با سرویس تفکیک شده و با در نظر گرفتن تاخیر زمانی می پردازد. کنترلگر طراحی شده برای سرویس premium مبتنی بر تابع لیاپانوف بوده و به گونه ای طراحی شده که در مقابل تاخیر زمانی در سیگنال کنترل مقاوم باشد. بهینه سازی بهره کنترلگر سبب آن شده تا ناحیه جذب خطای کنترل کمینه شود.

همچنین الگوریتم ارائه شده برای تعیین بهره کنترل سرویس ordinary موجب بهبود عملکرد کنترلگر نسبت به کنترلگرهای با بهره سوییچینگ ثابت در حضور تاخیر شده است. نتایج شبیه سازی حاکی از آن است که قوام این کنترلگر به مراتب بهتر از کنترلگر با بهره ثابت می باشد.

کلید واژه: کنترل غیر خطی، تاخیر زمانی، کنترل مود لغزشی، شبکه با سرویسهای تفکیک شده.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها ..... ج

فصل اول ۱

فصل ۱- مقدمه ۲

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- تاریخچه ۲

۱-۳- هدف از انجام تحقیق ۳

۱-۴- نوآوری تحقیق ۴

۱-۵- ساختار گزارش ۴

فصل دوم ۵

فصل ۲- مفاهیم شبکه و کنترل ازدحام ۶

۲-۱- مقدمه ای بر شبکه های کامپیوتری ۶

۲-۲- شبکه های TCP/IP ۷

۲-۲-۱ سگمنت ها و ACK شبکه های TCP ۸

۲-۳- مفهوم ازدحام در شبکه ۱۰

۲-۴- مکانیزم های کنترل ازدحام شبکه TCP ۱۵

۲-۴-۱- شروع کند Slow-Start ۱۶

۲-۴-۲- جلوگیری از ازدحام Congestion Avoidance ۱۷

۲-۴-۳- ارسال مجدد سریع Fast Retransmission ۱۸

۲-۴-۴- بهبود سریع Fast Recovery ۱۸

۲-۴-۵- بررسی مکانیزم های کنترلی در یک شبکه TCP نمونه ۱۹

فصل سوم ۲۱

فصل ۳- سرویسهای تفکیک شده ۲۲

۳-۱- کلاسهای سرویس در اینترنت ۲۲

۳-۱-۱- سرویس های مجتمع ۲۲

۳-۱-۲- سرویس های تفکیک شده ۲۴

۳-۲- مدل جریان سیال ۲۶

۳-۳- استراتژی های کنترلی برای سرویسهای تفکیک شده ۲۷

۳-۳-۱- استراتژی کنترل سرویس Premium ۲۸

۳-۳-۲- استراتژی کنترل سرویس Ordinary ۲۹
۳-۳-۳- استراتژی کنترل سرویس Best Effort ۳۰

فصل چهارم۳۱

فصل ۴- تحقیقات جدید کنترل ازدحام سرویسهای تفکیک شده ۳۲
۴-۱- مقدمه ۳۲
۴-۲- کنترلگر فازی RED ۳۳
۴-۳- کنترلگر غیرخطی تطبیقی ۳۴
۴-۴- کنترلگر مقاوم ۳۷
۴-۵- کنترلگر مد لغزشی ۳۹

فصل پنجم ۴۲

فصل ۵- طراحی کنترلگر غیرخطی سرویسهای تفکیک شده ۴۳
۵-۱- مقدمه ای بر کنترل مد لغزشی ۴۳
۵-۲- طراحی کنترلگر مد لغزشی برای سرویس premium ۴۵
۵-۳- طراحی کنترلگر مد لغزشی برای سرویس ordinary ۵۲
۵-۴- نتیجه گیری ۵۶

فصل ششم ۵۷

فصل ۶- بررسی نتایج شبیه سازی ۵۸
۶-۱- شبیه سازی کنترلگر مد لغزشی سرویس premium ۵۸
۶-۲- شبیه سازی کنترلگر مد لغزشی سرویس ordinary ۶۳

فصل هفتم ۶۹

فصل ۷- نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۰
۷-۱- نتیجه گیری ۷۰
۷-۲- پیشنهادات ۷۰

فهرست مراجع ۷۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: جریان داده ها متشکل از ۸۰۰۰ بایت [۲] ۹
شکل ۲-۲: پاسخ گیرنده به دریافت یک یا چند سگمنت[۲] ۹
شکل ۲-۳: ارسال ACK دوبل در صورت دریافت سیگنال با تغییر ترتیب [۲] ۱۰
شکل ۲-۴: کاهش کارایی شبکه در اثر ازدحام ۱۱
شکل ۲-۵: چگونگی بروز ازدحام در شبکه ۱۲
شکل ۲-۶: نمودار تغییر تاخیر و بازده عملیاتی بر حسب بار ۱۳
شکل ۲-۷: ساختار کنترل ازدحام در شبکه ۱۴
شکل ۲-۸: شروع کند Slow-Start [۲] ۱۶
شکل ۲-۹: شروع مجدد با جلوگیری از ازدحام [۲] ۱۸
شکل ۲-۱۰: بهبود سریع [۲] ۱۹
شکل ۲-۱۱: cwnd در یک شبکه TCP نمونه [۲] ۱۹
شکل ۲-۱۲: cwnd در یک شبکه TCP واقعی [۲] ۲۰
شکل ۳-۱: پیام‌های PATH و RESV در RSVP ۲۳
شکل ۳-۲: مدل جریان سیال ۲۶
شکل ۳-۳: مقایسه مدل جریان سیال با شبیه سازی OPNET [۴] ۲۷
شکل ۳-۴: استراتژی کنترلی در هر پورت خروجی ۲۸
شکل ۴-۱: سناریو سرویس تفکیک شده با کنترل RED [۱۲] ۳۳
شکل ۴-۲: احتمال افت بسته ها در RED و RIO [۱۲] ۳۴
شکل ۴-۳: مدل خطی برای طراحی کنترلگر سرویس با کیفیت بالا [۱۷] ۳۸
شکل ۴-۴: بلوک دیاگرام کنترلگر ترافیک ordinary [۱۷] ۳۸
شکل ۴-۵: تاثیر تاخیر بر روی عملکرد کنترلگرهای premium و ordinary [۲۰] ۴۱
شکل ۵-۱: بلوک دیاگرام کنترلگر مود لغزشی پیش بین [۲۴] ۴۴
شکل ۵-۲: ناحیه جذب خطای کنترل سرویس premium ۴۹
شکل ۵-۳: منحنی حداکثر خطای کنترل بر حسب بهره سوییچینگ ۵۱
شکل ۵-۴: وزوز ناشی از تاخیر در سوییچینگ کنترل ۵۴
شکل ۶-۱: بلوک دیاگرام کنترلی سرویس premium ۵۸
شکل ۶-۲: تعقیب طول صف مرجع توسط $x_p(t)$ ۵۹
شکل ۶-۳: سیگنال کنترل (بالا) سیگنال خطا سرویس premium (پایین) ۵۹
شکل ۶-۴: نرخ بسته های ورودی $\lambda_p(t)$ ۶۰
شکل ۶-۵: تعقیب طول صف مرجع در حضور عدم قطعیت ۶۱

شکل ۶-۶: طول صف سرویس premium سیگنال مرجع مربعی را دنبال می کند ۶۱
شکل ۶-۷: خطای تعقیب طول صف مرجع توسط سرویس premium ۶۲
شکل ۶-۸: تعقیب طول صف مرجع با استفاده از کنترلگر PI (بالا) تعقیب طول صف مرجع با استفاده از کنترلگر مود لغزشی (پایین) ۶۲
شکل ۶-۹: بلوک دیاگرام کنترلی سرویس ordinary ۶۳
شکل ۶-۱۰: طول صف سرویس معمولی با بهره کنترل برابر ۱۰۰۰ ۶۴
شکل ۶-۱۱: طول صف سرویس معمولی با بهره کنترل برابر ۲۰ ۶۴
شکل ۶-۱۲: طول صف سرویس معمولی با بهره تطبیقی ۶۵
شکل ۶-۱۳: سیگنال کنترل (بالا) سیگنال خطا سرویس ordinary (پایین) ۶۶
شکل ۶-۱۴: طول صف سرویس ordinary سیگنال مرجع مربعی را دنبال می کند. ۶۶
شکل ۶-۱۵: تعقیب طول صف مرجع سرویس معمولی با استفاده از کنترلگر خطی سازی با فیدبک بدون حضور تاخیر در سیستم ۶۷
شکل ۶-۱۶: تعقیب طول صف مرجع سرویس معمولی با استفاده از کنترلگر خطی سازی با فیدبک در حضور ۲۵ میلی ثانیه تاخیر (بالا) طول صف سرویس معمولی با استفاده از کنترلگر مود لغزشی با بهره تطبیقی (پایین) ۶۸

فصل اول

مقدمه

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

با گسترش روزافزون اینترنت و تقاضا برای سرویسهای حساس به زمان مانند صدا و تصویر نیاز به طراحی و استفاده از الگوریتمهای کنترلی مناسب برای کنترل ازدحام شبکه امری ضروری به نظر می رسد. ازدحام در یک شبکه هنگامی رخ می دهد که تعداد بسته های عبوری از شبکه بیش از حد ظرفیت شبکه باشد. وقتی شبکه دچار ازدحام می شود، بسته هایی از بین می روند، پهنای باند تلف می شود، تاخیرهای نامعقول پدید می آید و به طور کلی کارایی شبکه کاهش می یابد.

از آنجا که همواره منابع سخت افزاری محدود هستند، افزایش پهنای باند و یا ظرفیت حافظه مسیریاب ها در هنگام وقوع ازدحام جوابگو نمی باشند. اما با کنترل دینامیکی ازدحام شبکه می توان کیفیت سرویس را تا حد قابل قبولی بالا برد.

۱-۲- تاریخچه

ساختار سرویسهای تفکیک شده برای بالا بردن کیفیت سرویس در شبکه های IP[1] در سال ۱۹۹۸ توسط Blake پیشنهاد شد. وظیفه اصلی سرویسهای تفکیک شده استانداردسازی مجموعه ساده ای از مکانیزم ها برای کار با بسته های اطلاعاتی است که دارای اولویت های مختلفی هستند. این اولویت ها توسط یک DS Field در هدر IP هر بسته مشخص می شوند. ذکر این نکته لازم است که در سرویسهای تفکیک شده، دسته بندی بسته های دیتا در لبه های شبکه انجام می شود تا از پیچیدگی عملکردی در هسته شبکه کاسته شده و مقیاس عملکردی بهتری ارائه دهد.

از طرف دیگر هیچ اندازه گیری مشخصی برای اطمینان از این که اولویتها بر اساس کیفیت سرویس مطلوب به بسته ها اختصاص داده می شود وجود ندارد. بنابراین ساختار سرویسهای تفکیک شده استاندارد تنها یک کیفیت سرویس ابتدایی و ناقص فراهم می کند و هیچ تضمین کمی در این مورد وجود ندارد.

با افزایش حجم اطلاعات همزمان ارسالی توسط این سرویسها نیاز به معرفی مکانیزم های کنترلی برای جلوگیری از ازدحام در این شبکه ها احساس شد. به همین خاطر مهندسان با ارائه روشهای مختلف کنترلی چه در سمت فرستنده ها و چه در قسمت روترها[2] سعی در کاهش بار ترافیکی این سرویسها داشته اند.

---

[1] Internet Protocol
[2] Routers

در سالهای اخیر به منظور بهبود الگوریتم‌های مدیریت فعال صف[1] (AQM) [۱]، روشهای کنترل کلاسیک مانند کنترلگرهای PI نیز بکار گرفته شده‌اند که به منظور تعیین پارامترهای این کنترلگرها از مدل ریاضی شبکه استفاده شده است.

همانگونه که مشاهده می‌شود، همه الگوریتم‌های کنترل ازدحام مطرح شده در اینترنت با بسته‌های داده و ترافیک شبکه به صورت یکسان برخورد کرده و اولویت خاصی برای کاربردهای مختلف قائل نمی‌شوند. در صورتی که سرویس‌های تفکیک شده جهت تضمین کیفیت خود به ویژگی‌های مختلفی نیاز دارند. به عنوان مثال یک فایل داده‌ی اطلاعاتی نیازمند رسیدن تمامی بسته‌های آن به مقصد به صورت صحیح می‌باشد (بدون مطرح بودن تاخیر) و برای بسته‌های یک مکالمه‌ی صوتی مهمترین مسئله رسیدن بسته‌ها با کمترین تاخیر است (حتی اگر بسته‌ای/بسته‌هایی در میان هزاران بسته صوتی از بین برود). البته پروتکل‌هایی در زمینه‌ی پشتیبانی از سرویس‌های تفکیک شده در اینترنت وجود دارد که از آن جمله می‌توان به IntServ و DiffServ اشاره نمود.

۱-۳- هدف از انجام تحقیق

با توجه به اینکه امروزه خدمات بسیار زیادی بر بستر شبکه‌های کامپیوتری ارائه می‌گردد، تضمین کیفیت سرویس در شبکه‌های کامپیوتری اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. ارائه خدماتی چون انتقال صوت، انتقال فایل، چت، ویدئو کنفرانس، کنترل ربات از راه دور و بسیاری خدمات دیگر هر یک الزامات خاص خود را برای تضمین کیفیت می‌طلبند که در نتیجه طراحان شبکه‌ها را به خود مشغول داشته است. بر اساس این موضوع، طراحی شبکه‌هایی با راندمان بالا و کیفیت تضمین شده برای هر سرویس از بخش‌های جذاب تحقیقاتی در این چند سال تبدیل شده است و پیش‌بینی می‌شود که این روند ادامه داشته باشد.

در سالهای اخیر تلاشهای فراوانی برای طراحی یک کنترلگر جامع برای سرویسهای تفکیک شده به منظور بالابردن کیفیت سرویس انجام پذیرفته است. هر یک از این طرحها گرچه موجب بهبود عملکرد سرویس شده اند اما به نوبه خود دارای ضعفهایی نیز بوده اند که اکنون نیز پژوهشگران برآنند تا با ارائه راهکارهای جدید بر این مشکلات فائق آیند.

از جمله ضعف هایی که در اکثر کنترلگرهای ارایه شده مشاهده می شود عدم بررسی موضوع تاخیر در سرویسهای شبکه می باشد. حال آنکه وجود تاخیر در شبکه های کامپیوتری امری اجتناب ناپذیر است. گاه نگارندگان مقالات بدون در نظر گرفتن تاخیر به طراحی کنترل کننده پرداخته اند و تنها به آن بسنده کرده اند تا با ارائه نتایج شبیه سازی، قوام کنترلگر را در حضور تاخیر نشان دهند.

در این تحقیق وضعیت ازدحام و معیارهای کیفیت سرویس در مدل‌های ترافیکی جدید بررسی شده و الگوریتمی مناسب برای کنترل ازدحام در شبکه‌هایی با سرویس‌های تفکیک شده ارائه می‌گردد. هرچند

[1] Active Queue Management

کنترل ازدحام تنها معیار تضمین کیفیت سرویس نمی‌باشد، اما به عنوان مرتبط‌ترین بخش با مباحث مهندسی کنترل در این تحقیق به آن خواهیم پرداخت.

در این پژوهش سعی بر آن است تا با در نظر گرفتن پدیده تاخیر در هر یک از سرویسهای تفکیک شده به طراحی کنترلگر غیرخطی برای تنظیم طول صف در این سرویسها بپردازیم. به نظر می رسد طراحی کنترلگر غیر خطی با در نظر گرفتن تاخیر گامی مثبت برای رسیدن به یک کنترلگر ایده آل برای تحقق عملی جلوگیری از ازدحام در شبکه های با سرویس تفکیک شده باشد که بتواند کیفیت سرویس را در سطح مطلوبی تضمین نماید.

۱-٤- نوآوری تحقیق

در پژوهش انجام شده با استفاده از توابع لیاپانوف روش جدیدی برای طراحی کنترلگر مود لغزشی شبکه با در نظر گرفتن تاخیر زمانی معرفی شده است. در این روش با بدست آوردن یک ناحیه جذب برای خطای تعقیب طول صف سرویس premium، یک ناحیه حدی برای حداکثر خطای ماندگار کنترلگر به دست می آید. همچنین برای به حداقل رساندن تاثیر تاخیر بر عملکرد کنترلگر، مقدار بهره کنترلگر سوییچینگ بهینه شده است.

در مورد، سرویسهای ordinary با استفاده از یک لم اساسی مسئله طراحی کنترل کننده برای سیستم با تاخیر به مسئله حذف اغتشاش در ورودی سیستم تبدیل شده است. سپس با ارائه یک الگوریتم کاهش وزوز[1]، و بررسی نتایج شبیه سازی نشان داده شده است که عملکرد این کنترلگر در حضور تاخیر به مراتب بهتر از عملکرد کنترلگر مود لغزشی با بهره سوییچینگ ثابت می باشد.

۱-۵- ساختار گزارش

در این گزارش ابتدا با معرفی شبکه های کامپیوتری و پروتکل های حاکم بر آن، به بررسی الگوریتم ها و اصول کلی حاکم بر کنترل ازدحام پرداخته می شود. همچنین به معرفی انواع مکانیزم های کنترل ترافیک در شبکه خواهیم پرداخت.

سپس با بررسی جدیدترین طرح های مطرح شده برای کنترل ازدحام در سرویسهای تفکیک شده، نقاط ضعف و قوت هر یک از آنها را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

در فصل ۵ کنترلگر غیرخطی پیشنهادی برای ترافیک سرویسهای premium و ordinary مطرح می شود و در نهایت با ارائه نتایج شبیه سازی نشان می دهیم که این کنترلگر به خوبی می تواند طول صف این سرویسها را با وجود تاخیر، بر روی مقدار مرجع تنظیم نماید. در فصل پایانی نیز با جمع بندی نتایج این پژوهش اشاره ای به فعالیت های باز تحقیقاتی در این زمینه خواهیم داشت.

[1] Chattering

فصل دوم

مفاهیم شبکه و کنترل ازدحام

فصل ۲- مفاهیم شبکه و کنترل ازدحام

۲-۱- مقدمه ای بر شبکه های کامپیوتری

هر شبکه کامپیوتری به طور کلی از چند زیر لایه تشکیل شده است که هر کدام از این زیر لایه ها وظیفه خاصی را بر عهده دارد. در زیر توضیح مختصری در مورد هر یک از این زیر لایه ها داده شده است.

لایه فیزیکی: لایه فیزیکی وظیفه انتقال بیتهای خام را از طریق کانال مخابراتی بر عهده دارد. مهمترین نکته در طراحی این لایه این است که وقتی یک طرف یک بیت ۱ می فرستد طرف مقابل یک بیت یک دریافت کند.

لایه پیوند دهنده: مهمترین وظیفه لایه پیوند دهنده عبارتست از تبدیل خط فیزیکی پر از خطا به یک خط ارتباطی عاری از خطا برای لایه بالاتر، یعنی لایه شبکه. لایه پیوند دهنده این کار را با شکستن داده های ورودی به بسته های کوچک چند صد یا هزار بایتی (که فریم داده نامیده می شود)، و ارسال آنها انجام می دهد. وقتی گیرنده هر بسته را دریافت می کند، یک فریم تصدیق دریافت به فرستنده فرستاده می شود، تا آنرا از دریافت صحیح بسته مطلع کند.

لایه شبکه: لایه شبکه عملکرد زیر شبکه را کنترل می کند. اگر تعداد بسته های در حال حرکت در یک زیر شبکه بیش از حد باشد، آنها راه یکدیگر را بند می آورند و وضعیتی را به وجود می آید که به آن گلوگاه[1] گفته میشود. کنترل این وضع نیز به عهده شبکه است. به بیان کلی، کیفیت سرویس، جزء مسئولیت های لایه شبکه است.

لایه انتقال: اصلی ترین وظیفه لایه انتقال گرفتن دادها از لایه بالاتر، تقسیم آن به قطعات کوچکتر (در صورت نیاز)، ارسال آن به شبکه و کسب اطمینان از دریافت صحیح آنها در طرف مقابل است. همچنین، همه این کارها باید به گونه ای موثر و طوری انجام شود که لایه های بالاتر را از تغییرات اجتناب ناپذیر در سخت افزار ایزوله کند.

این لایه همچنین تعریف می کند که چه سرویس هایی باید در اختیار لایه نشست (و از آنجا، در اختیار کاربران شبکه) قرار گیرد. متداول ترین نوع انتقال کانالهای نقطه-به-نقطه[2] عاری از خطاست، که در آن بایتها به همان ترتیبی که فرستاده شده اند، در طرف مقابل دریافت می شوند. با این همه انواع دیگری از سرویس های انتقال وجود دارد، که از میان آنها میتوان به انتقال پیام بدون اطمینان از دریافت صحیح آنها، و ارسال همزمان پیام های پخشی[3] به چندین نقطه اشاره کرد. نوع این سرویس ها در لحظه برقراری اتصال مشخص می شود.

---

[1] bottle neck
[2] peer to peer
[3] broadcasting

لایه انتقال یک لایه نقطه-به-نقطه واقعی است، که در آن کامپیوتر فرستنده مستقیماً با کامپیوتر گیرنده ارتباط دارد. در لایه های پائین تر ارتباط ماشین مبدا معمولا با ماشین های همسایه است.

لایه نشست: این لایه اجازه می دهد تا بین کاربران در ماشینهای مختلف نشست برگزار شود. نشست سرویس های مختلفی ارائه می دهد که از بین آنها میتوان به این موارد اشاره کرد:

- کنترل دیالوگ: کنترل اینکه نوبت چه کسی است.
- مدیریت نشانه: جلوگیری از تداخل کارهای مبهم
- همزمان کردن: کنترل عملیات انتقال طولانی مدت، و از سر گیری آن از نقطه قطع شده در صورت بروز اختلال.

لایه نمایش: بر خلاف لایه های پایین تر که عمدتا با بیت ها سرو کار دارند، لایه نمایش توجه خود را روی ساختار پیامها و مفهوم آنها متمرکز می کند. برای اینکه کامپیوتر هایی با ساختارهایی متفاوت داده بتوانند با هم ارتباط برقرار کنند. ساختار پیامهای مبادله شده بایستی کاملاً مشخص و استاندارد باشد. وظیفه لایه نمایش مدیریت این ساختارها در سطح بالاست.

لایه کاربرد: بسیاری از پروتکل های مورد نیاز کاربران در لایه کاربرد قرار دارد، که از معروفترین آنها می توان به پروتکل اصلی وب اشاره کرد. پروتکل انتقال فایل پروتکل انتقال خبر، و پروتکل پست الکترونیک نیز جز پروتکل های کاربردی هستند.

۲-۲- شبکه های TCP/IP

عناصر یک شبکه برای برقراری ارتباط با یکدیگر نیازمند زبانی مشترک می باشند. این زبانهای مشترک می توانند محلی باشند و یا اینکه در همه شبکه ها استفاده شوند. به این زبانهای مشترک شبکه های کامپیوتری، پروتکل گفته می شود.

از ابتدای به وجود آمدن شبکه های کامپیوتری پروتکل های مختلفی طراحی و ارائه شده اند که از آن جمله می توان به TCP/IP، IPX/SPX و Apple Talk اشاره نمود. در این میان TCP/IP به عنوان پروتکل اصلی جهت برقراری ارتباطات در اینترنت در نظر گرفته شد. یکی از قابلیت های این پروتکل، امکان استفاده از آن در اتصال شبکه ها به منظور ایجاد شبکه وسیعتر می باشد.

به طور کلی ویژگی های شبکه TCP را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- TCP یک سرویس اتصال گراست. این بدین معنی است که قبل از انتقال اطلاعات بین دو میزبان یکی از سیستم ها با صدا زدن سیستم مقابل ارتباط را برقرار می سازد. اگر سیستم میزبان درخواست سیستم مقابل را قبول کند، پیامها می تواند بین دو سیستم رد و بدل شود.

۲- TCP یک سرویس قابل اطمینان برای انتقال اطلاعات می باشد. در حین انتقال جریانی از اطلاعات، در دو سوی ارتباط میزبانها به تبادل سیگنال تصدیق[۱] (ACK) می پردازند تا بدین طریق یکدیگر را از دریافت صحیح اطلاعات با خبر سازند. منبع TCP یک رکورد از بسته های اطلاعاتی که می فرستد را قبل از ارسال بسته بعدی و تا زمان دریافت سیگنال ACK نگه می دارد. همچنین منبع TCP دارای یک تایمر می باشد. اگر زمان دریافت سیگنال ACK که از طرف مقابل ارسال می شود بیشتر از زمان مشخص تایمر شود، بسته اطلاعاتی مجددا ارسال می گردد.

۳- منبع TCP همواره تلاش می کند تا باند بین دو میزبان پر از اطلاعات باشد و همچنین با تنظیم نرخ ارسال داده ها از ازدحام شبکه جلوگیری می نماید. TCP به طور پیوسته نرخ ارسال داده ها را مانیتور کرده و تغییر می دهد طوری که نرخ تزریق داده ها به شبکه کمتر از حدی است که منجر به از دست دادن اطلاعات شود.

۴- کلیه اتصالات TCP به صورت دو طرفه[۲] هستند. این بدین معنی است که داده ها می توانند به طور همزمان از طرف هر یک از دو میزبان ارسال شوند.

۲-۲-۱- سگمنت ها و ACK شبکه های TCP

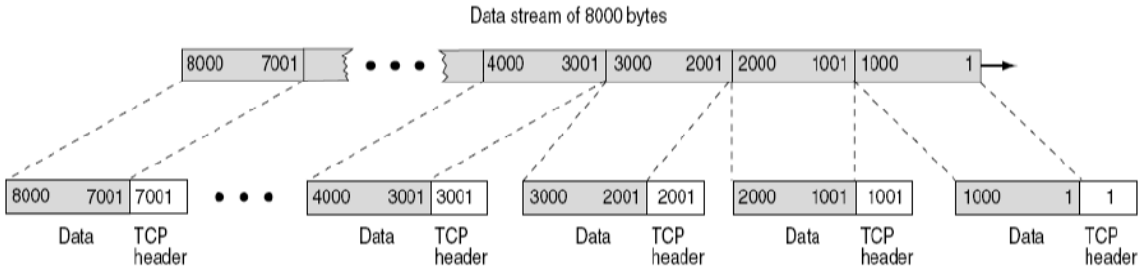
برای درک بهتر استراتژی زمان بندی و انتقال مجدد داده ها در شبکه های TCP به بررسی دو مورد سگمنت و ACK می پردازیم:

۲-۲-۱-۱- سگمنت[۳]

به ساده ترین واحد اطلاعاتی که در شبکه TCP بین دو میزبان رد و بدل می شود سگمنت می گویند. هر سگمنت از یک هدر[۴] و دیتا[۵] تشکیل شده است. از آنجا که هر سگمنت TCP در یک IP دیتاگرام[۶] ارسال می شود و IP دیتاگرام می تواند در طول شبکه دوباره مرتب شود، بنابراین سگمنت های TCP می توانند با ترتیبی غیر از آنچه فرستاده شده اند به مقصد وارد شوند. البته در طول مسیر ممکن است قطع شوند یا دوبار تکرار شوند. برای سیستم بایتی که منبع TCP به مقصد می فرستد، منبع به هر یک از بایتهای جریان داده یک شماره اختصاص می دهد تا گیرنده با دنبال کردن شماره ها بتواند بایتها را مرتب کرده و جریان داده ها را همانند آنچه که از مبدا فرستاده شده بازسازی نماید. هر هدر TCP شامل یک سکانس[۷] ۳۲ بیتی از اعداد جهت شناسایی داده هر سگمنت می باشد. سکانس اعداد در هر هدر TCP توسط منبع TCP به اولین بایت داده در سگمنت اختصاص داده می شود.

---
[1] Acknowledge
[2] Full duplex
[3] Segment
[4] Header
[5] Data
[6] Datagram
[7] Sequence

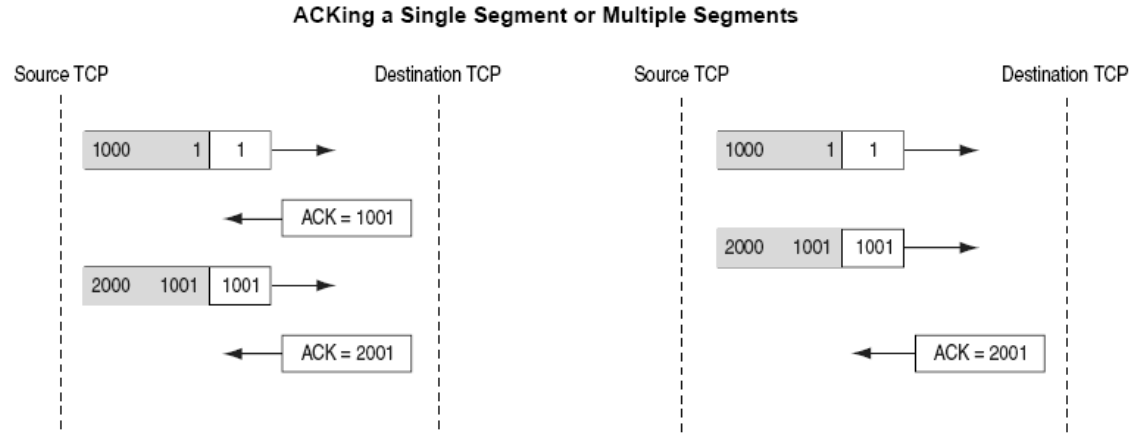
در شکل ۲-۱ منبع TCP جریانی از ۸۰۰۰ بایت را به مقصد ارسال می کند. منبع TCP جریان را به ۸ گروه ۱۰۰۰ بایتی تقسیم می کند و به هر گروه یک TCP هدر اختصاص می دهد تا ۸ سگمنت TCP را ایجاد کند. توجه داشته باشید که عدد سکانس که در هر TCP هدر حمل می شود عددی را ارائه می کند که منبع TCP به اولین بایت از داده های حمل شده از هر سگمنت اختصاص می دهد.



شکل ۲-۱: جریان داده ها متشکل از ۸۰۰۰ بایت [۲]

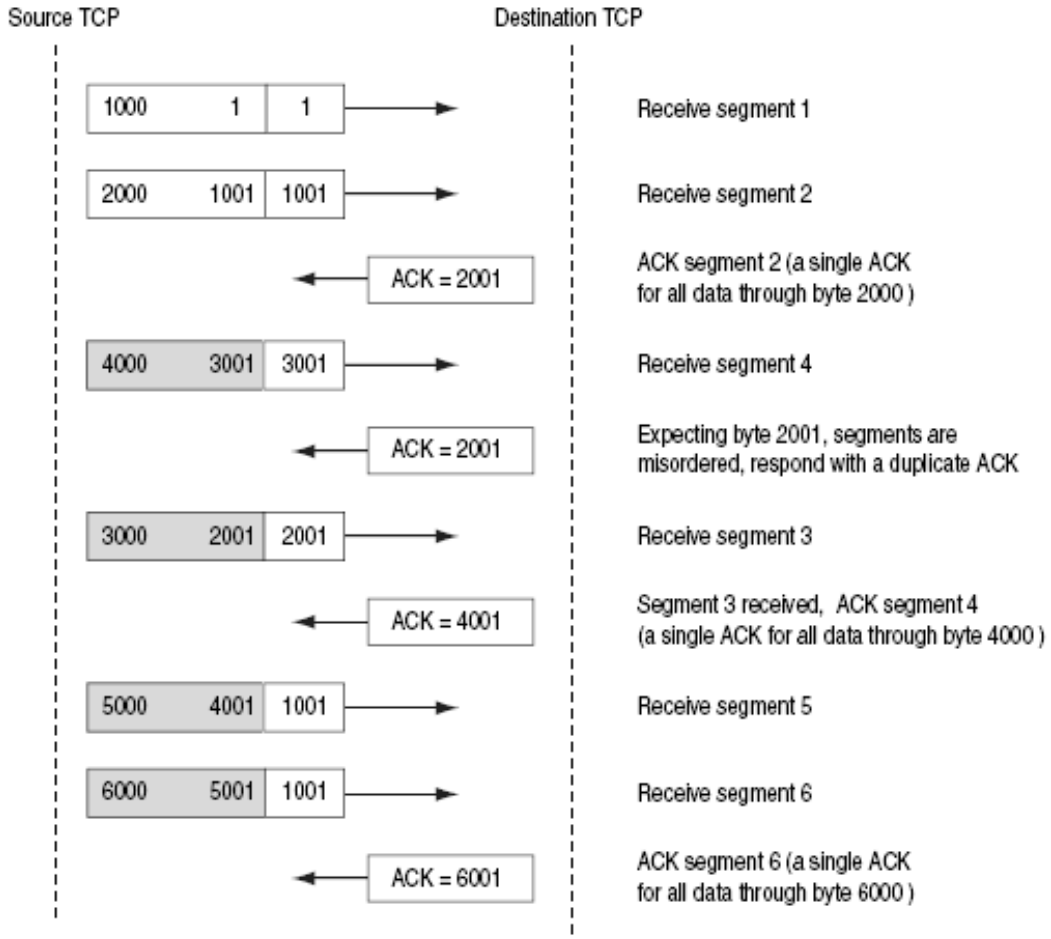
۲-۲-۱-۲- پروسه TCP Acknowledgement

پروتکل TCP از ACK برای حصول اطمینان از انتقال داده استفاده می کند. هنگامی که منبع TCP یک سگمنت را ارسال می کند انتظار دارد که مقصد TCP پس از دریافت سگمنت، سیگنال ACK را ارسال نماید. شکل ۲-۲ نشان می دهد چگونه مقصد TCP با ارسال یک سیگنال ACK به دریافت یک یا چند سگمنت پاسخ می دهد. ذکر این نکته لازم است که شماره ACK که توسط مقصد تعیین می شود همان شماره بایت بعدی از جریان داده است که مقصد انتظار دریافت آن را از منبع دارد. به عنوان مثال اگر مقصد شماره ۲۰۰۱ را به ACK اختصاص دهد این به منبع اطلاع می دهد که همه بایتها تا شماره ۲۰۰۰ دریافت شده اند.



شکل ۲-۲: پاسخ گیرنده به دریافت یک یا چند سگمنت[۲]

از آنجا که ترتیب بسته های IP در طول مسیر ممکن است تغییر کند، این احتمال وجود دارد که ترتیب سگمنت های TCP عوض شود. هنگامی که مقصد TCP یک سگمنت با تغییر ترتیب دریافت کند، با ارسال یک ACK دوبل[1] فورا به منبع پاسخ میدهد. این موضوع در شکل ۲-۳ توضیح داده شده است.



شکل ۲-۳: ارسال ACK دوبل در صورت دریافت سیگنال با تغییر ترتیب [۲]

۲-۳- مفهوم ازدحام در شبکه

پدیده ازدحام[2] در شبکه هنگامی رخ می‌دهد که تعداد بسته‌های عبوری در یک قسمت از شبکه بیش از حد معمول باشد. در این حالت کارایی شبکه کاهش می‌یابد. وقتی تعداد بسته‌هایی که توسط میزبان‌ها به شبکه تزریق می‌شود، به اندازه‌ی ظرفیت حمل شبکه باشد، تمام آنها (به جز آنهایی که تحت تاثیر خطای انتقال قرار می‌گیرند) به مقصدهایشان تحویل داده می‌شوند و در این حالت تعداد بسته‌های

[1] Double
[2] Congestion