سوئیچ و شبکه‌های LAN

مفاهیم و پیاده‌سازی

مبتنی بر CISCO CCNA Switching

به همراه multimedia صوتی و تصویری

تألیف:

مهندس مجید اسدپور

مهندس مائده امامی

انتشارات پندار پارس

سرشناسه	:	اسدپور، مجید، ۱۳۵۶ -
عنوان و نام پدیدآور	:	سوییچ و شبکه‌های Lan : مفاهیم و پیاده‌سازی/ مجید اسدپور.
مشخصات نشر	:	تهران: پندار پارس، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	:	۳۰۴ ص.: مصور،جدول.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۲۹۸۹-۶۹-۰
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	شبکه‌های کامپیوتری
موضوع	:	شبکه‌های محلی
رده بندی کنگره	:	TK۵۱۰۵/۵/الف۵س۹ ۱۳۹۰
رده بندی دیویی	:	۰۰۴/۶
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۹۲۰۱۳۲

انتشارات پندارپارس

دفتر فروش: انقلاب، ابتدای کارگرجنوبی، کوی رشتچی، شماره ١٤، واحد ١٦ **www.pendarepars.com**

تلفن: ٦٦٥٧٢٣٣٥ - تلفکس: ٦٦٩٢٦٥٧٨همراه: ٠٩١٢٢٤٥٢٣٤٨ **info@pendarepars.com**

نام کتاب : **سوئیچ و شبکه‌های LAN، مفاهیم و پیاده‌سازی**

ناشر : **انتشارات پندار پارس ناشر همکار: مانلی**

تالیف : **مجید اسدپور**

چاپ اول : **بهار ۹۰**

شمارگان : **۱۰۰۰ نسخه**

لیتوگرافی : **ترام‌سنج**

چاپ، صحافی : **صالحان، نوین‌برتر**

قیمت : **۸۹۰۰ تومان به‌همراه DVD مالتی مدیای آموزشی شابک : ۹۷۸-۹٦٤-۲۹۸۹-٦۹-۰**

هرگونه کپی برداری، تکثیر و چاپ کاغذی یا الکترونیکی از این کتاب بدون اجازه ناشر تخلف بوده و پیگرد قانونی دارد

پیشگفتار

سوئیچ، ابزاری است که ارتباطات را بین کامپیوترها در شبکه‌های محلی (LAN) برقرار می‌نماید. در این کتاب سعی شده است تا برقراری ارتباطات در این نوع شبکه‌ها از دو بعد مفاهیم تکنولوژی و پیاده‌سازی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

این کتاب در دو بخش طراحی شده است. بخش اول صرفا به مفاهیم پایه‌ای ارتباطات در شبکه‌های LAN و WAN می‌پردازد که به ترتیب مبتنی بر سوییچ (switch) و روتر(router) هستند. بخش دوم کتاب به انواع تکنولوژی‌های مرتبط با سوییچ می‌پردازد.

روند هر فصل بدین صورت است که در ابتدای فصل، تئوری تکنولوژی مورد بحث در آن فصل، مورد بررسی قرار می گیرد و سپس به دنبال آن، پیاده‌سازی است که مبتنی بر مباحث تئوری انجام می‌شود.

پیاده‌سازی سناریوها، مبتنی بر تجهیزات کمپانی CISCO انجام شده است. این کمپانی بزرگترین فروشنده تجهیزات سوییچ و روتر در دنیاست و به همین دلیل نیز محصولات این کمپانی به عنوان مرجعی برای پیاده‌سازی سناریوها انتخاب شده است. تمام سناریوهایی که در این کتاب آورده شده است، مبتنی بر تجارب شخصی اینجانب می‌باشد. کتب کمپانی CISCO به عنوان ابزار کمکی مورد استفاده قرار گرفته است.

این کتاب با توجه به سالها تجربه کاری و تدریس دوره‌های سیسکو تا سطح CCIE در سه تخصص سوییچ و روتر (Switch & Router)، امنیت (Security) و ارتباطات (Service Provider) بنا نهاده شده است که در مؤسسات خصوصی، سازمانهای دولتی و همچنین تدریس در دانشگاه تهیه شده است. پیش از آنکه نوشتن این کتاب آغاز شود، چندین جزوه مختلف تهیه و در اختیار دانشجویان قرار گرفته بود. از بازخوردهای آن، جهت هر چه بهتر شدن محتویات این کتاب استفاده شده است. در طول زمان تدریس، ضرورت وجود یک کتاب فارسی که تالیف باشد (ترجمه نباشد) و به تجربیات عملی و تدریس نویسنده متکی باشد، برای اینجانب محرز گردید. به همین دلیل در صدد نوشتن دو کتاب سوییچ و روتر برآمدم.

به همراه کتاب، یک DVD در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد که محتویات آن شامل فیلم صوتی و تصویری سناریوهای مشابه این کتاب است که در کلاس‌های اینجانب ضبط شده است. به دلیل استقبال بسیار زیاد دانشجویان از فیلم‌های مذکور، این DVD دسته‌بندی و به کتاب اضافه شده است. سرفصل دوره‌های CCNA، CCNP Switch و CCNP Route در فیلم های ضبط شده، پوشش داده شده است

مخاطبین این کتاب شامل ۳ گروه اصلی مدیران شبکه، کارشناسان شبکه و دانشجویان دروس شبکه‌های کامپیوتری و آزمایشگاه شبکه‌های کامپیوتری هستند.

در این کتاب علاوه بر سناریوهای عملی، مفاهیم تئوری مباحث شبکه‌های کامپیوتری نیز به خوبی گنجانده شده است که مکمل مناسبی برای دانشجویان دانشگاه‌ها است. علاوه بر آن، همراه شدن سناریوهای عملی در کنار مباحث تئوری، به درک هر چه بیشتر دانشجویان بسیار کمک می‌کند. در ضمن این کتاب، منبع مناسبی برای کارشناسان و مدیران اجرایی سازمان‌ها و شرکت‌ها است که به دنبال سناریوهای عملی و کاربردی هستند. مضاف بر آن، دانشجویانی که با هدف دریافت مدرک CCNA مطالعه می‌کنند، نیز می‌توانند از این کتاب استفاده کرده و با اطمینان در آزمون CCNA شرکت نمایند

بدیهی است که دو کتاب سوییچ و روتر، همه مطالب مرتبط با شبکه‌های کامپیوتری را پوشش نمی‌دهد. اما در صورتی که دو کتاب فوق مورد استقبال مخاطبان قرار بگیرد و احساس شود که نیاز به تکمیل کتاب وجود دارد، در مراحل بعدی مطالب کامل‌تری به این دو کتاب اضافه خواهد شد. این اعتقاد وجود دارد که امکان اصلاح و توسعه کتاب‌های فعلی بدون کمک خوانندگان وجود ندارد. لذا درخواست می‌گردد هر گونه پیشنهاد و انتقادی که در جهت بهبود محتویات کتاب باشد را به آدرس الکترونیکی majid.asadpoor@gmail.com ارسال نمایید.

مجید اسدپور

فروردین ۹۰

فهرست کلی فصل‌ها

بخش اول

فصل ۱ مفاهیم شبکه ۳

فصل دوم اینترفیس ETHERNET ۲۳

فصل سوم اینترفیس‌های POINT-TO-POINT ۴۳

فصل ۴ آدرس‌دهی IP ۵۳

فصل ۵ لایه انتقال (TRANSPORT) ۷۹

بخش دوم

فصل ۶ پیکربندی اولیه سوئیچ و روتر ۹۷

فصل ۷ مفاهیم مقدماتی سوئیچ ۱۳۷

فصل ۸ VLAN & INTER-VLAN ROUTING ۱۶۱

فصل ۹ پروتکل STP (SPANNING- TREE PROTOCOL) ۲۰۵

فصل ۱۰ افزایش پهنای باند بین سوئیچ‌ها ۲۵۵

فصل ۱۱ کاربرد مسیریابی در طراحی شبکه‌های LAN ۲۶۵

فهرست

بخش اول

فصل ۱ مفاهیم شبکه ۳

۱-۱- مدل لایه‌بندی شبکه ۳

۱-۲- لایه Physical Layer ۵

۱- ۳- لایه DataLink ۷

۱-۳-۱- دیگر پروتکل‌های لایه DataLink ۹

۱-٤- لایه InterNetwork ۱۰

۱-٤-۱- دیگر پروتکل‌های لایه InterNetwork ۱۷

۱-٤-۲- مکانیزم ARP ۱۷

۱-٥- لایه Transport ۱۸

۱-٥-۱- پروتکل‌های لایه Transport ۲۰

۱-٦- تعاریف ۲۱

۱-٦-۱- تعریف Encapsulation (بسته بندی) ۲۱

۱-٦-۲- تعریف Frame، Packet، Datagram و Segment ۲۲

فصل دوم اینترفیس ETHERNET ۲۳

۲-۱- لایه فیزیکی اینترفیس Ethernet ۲۳

۲-۱-۱- 10BaseT-Shared ۲٤

۲-۱-۲- 100BaseT ۲۷

۲-۱-۲-۱ سوئیچ ۲۸

۲-۱-۲-۲- ویژگی Auto-negotiation ۳۰

۲-۱-۳- 1000BaseT ۳۲

۲-۱-٤- 1000Base-SX ۳۲

۲-۱-٥- 1000Base-LX/LH ۳۳

۲-۱-٦-1000Base-ZX ۳۳

۲-۲- لایه DataLink در اینترفیس Ethernet ۳٤

۲-۲-۱- آدرس‌دهی Ethernet ۳٤

۲-۲-۲- کنترل دسترسی به مدیای مشترک Arbitration ۳٥

۲-۲-۳- تشخیص خطا (Error Detection) ۳۷

۲-۲-٤- تشخیص پروتکل لایه ۳(Ether Type) ۳۸

۲-۲-٥- Ethernet Framing ٤۰

فصل سوم اینترفیس‌های POINT-TO-POINT ۴۳

۳-۱- لایه Physical (استاندارد فیزیکی) ٤٤

۳-۱-۱- چندین واژه WAN ٤۷

۳-۱-۲- شبیه سازی ارتباطات Point-to-Point در آزمایشگاه ٤۸

۳-۱-۳- اتصال چندین شعبه از طریق اینترفیس Point-to-Point ٤٩
۳-۲- لایه DataLink در ارتباطات Point-to-Point ٥٠
فصل ۴ آدرس‌دهی IP ٥٣
٤-١- کلاس‌های آدرس‌دهی ٥٣
٤-٢- Subnet Mask ٥٦
٤-٣- آدرس‌های رزرو شده ٦٠
٤-٣-١- Network Address ٦٠
٤-٣-٢- Broadcast Address ٦٢
٤-٤- انواع آدرس‌های IPV4 (Private / Public) ٦٣
٤-٤-١- آدرس‌های اختصاصی (غیراینترنتی یا Private) ٦٣
٤-٤-٢- آدرس اینترنتی (عمومی یا pablic) ٦٤
٤-٥- آدرس‌دهی هر Subnet (شبکه) در سازمان ٦٥
٤-٦- آدرس‌دهی چندین Subnet ٧٠
٤-٧- آدرس‌دهی با روش کدگذاری ٧٢
فصل ۵ لایه انتقال (TRANSPORT) ٧٩
٥-١- Multiplexing ارائه و دریافت چند سرویس همزمان روی بستر IP ٨٠
٥-٢- Error Recovery (Reliability) و یا ارائه سرویس مطمئن در بستر IP ٨١
٥-٣- Flow Control (کنترل سرعت فرستنده) ٨٤
٥-٣-١- کنترل سرعت فرستنده توسط گیرنده ٨٥
٥-٣-٢- کنترل سرعت فرستنده توسط خود فرستنده ٨٦
٥-٤- درخواست ایجاد اتصال در سرویس‌های مبتنی بر TCP ٨٧
٥-٥- درخواست خاتمه اتصال در سرویس‌های مبتنی بر TCP ٨٩
٥-٦- بخش‌بندی داده‌های بزرگ و ارسال مرتب آنها ٩٠
٥-٧- کاربردهای پروتکل TCP و UDP ٩١
٥-٧-١- سرویس وب (HTTP) ٩٢
٥-٧-٢- سرویس DNS ٩٢
بخش دوم
فصل ۶ پیکربندی اولیه سوئیچ و روتر ٩٧
٦-١- روش‌های اتصال ٩٧
٦-١-١- اتصال از طریق وب ٩٧
٦-١-٢- اتصال از طریق Console ٩٧
٦-١-٣- اتصال از طریق VTY ٩٩
٦-١-٤- روش اتصال از طریق AUX ١٠٠
٦-٢- انواع محیط‌های پیکربندی Configurations Mode ١٠١
٦-٢-٢- Enable Mode (Priviledge Mode) ١٠٢

٦-٢-٣- Global Configuration Mode ١٠٣
٦-٢-٤- Context Setting Mode ١٠٣
٦-٣- تفاوت ٢ دستور show و debug در محیط Enable ١٠٦
٦-٤- CLI help Features (ابزارهای کمکی در پیکربندی سوئیچ و روتر) ١٠٧
٦-٥- اجزاء سخت افزاری سوئیچ و روتر ١١٠
٦-٥-١- RAM (حافظه) ١١٠
٦-٥-٢-NVRAM ١١١
٦-٥-٢-١- خام کردن سوئیچ و روتر ١١٢
٦-٥-٢-٢- Setup Mode (محیط setup) ١١٣
٦-٥-٣- Flash ١١٣
٦-٥-٣-١- نام فایلIOS و ویژگیهای آن ١١٤
٦-٥-٤- ROM (حافظه فقط خواندنی) ١١٥
٦-٥-٥- اینترفیس ١١٦
٦-٦- مدیریت فایل ١١٨
٦-٦-١- تخصیص آدرس IP به سوئیچ و روتر ١٢١
٦-٧- امن کردن Enable Mode و User Mode ١٢٢
٦-٧-١- امن کردن User Mode ١٢٢
٦-٧-١-١- امن کردن User Mode با پسورد (رمز) ١٢٢
٦-٧-١-٢-امن کردن User Mode با نام کاربری و رمز ١٢٣
٦-٧-٢- امن کردنEnable Mode ١٢٤
٦-٨- راه‌اندازی Telnet Server روی سوئیچ و روتر ١٢٤
٦-٩- راه‌اندازی SSH Server روی سوئیچ و یا روتر ١٢٧
٦-٩-١- فعال کردن SSH Server ١٢٧
٦-١٠- مدیریت چندین IOS در سوئیچ و روتر ١٣٠
٦-١١- مکانیزم Password Recovery ١٣١
٦-١٢- چندین دستور ساده و کاربردی ١٣٢
٦-١٢-١- History ١٣٢
٦-١٢-٢- دستور Logging Synchronous ١٣٣
٦-١٢-٣- دستور exec-Timeout ١٣٣
٦-١٢-٤- دستوراتbanner ١٣٤
٦-١٢-٥- دستور service Password- encryption ١٣٥
فصل ٧ مفاهیم مقدماتی سوئیچ ١٣٧
٧-١-Switch Learning and Forwarding ١٣٨
٧-١-١- مقایسه شبکه‌های مبتنی برHub و سوئیچ ١٣٨
٧-١-٢- چگونگی عملکرد سوئیچ(Switch processing) ١٤٠

مکانیزم Forwarding در سوئیچ ۱٤۰
۷-۱-۳-Collision Domain ۱٤٦
۷-۱-۳-۱- اثر Collision Domain در طراحی شبکه ۱٤۸
۷-۱-٤- Broadcast Domain ۱٤۹
۷-۱-٤-۱- اثر Broadcast Domain در طراحی شبکه ۱۵۰
۷-۲- تکنیک های اولیه رفع اشکال در شبکه‌های Ethernet ۱۵۱
۷-۲-۱- مشاهده جدولMAC ۱۵۱
۷-۲-۲- مشاهده وضعیت اینترفیس های سوئیچ ۱۵۱
۷-۲-۲-۱- مدیریت پورت‌های err-Disabled ۱۵٤
۷-۲-۳- مشاهده جزئیات اینترفیس ۱۵٤
۷-۳- امن کردن پورتهای سوئیچ (Port Security) ۱۵٦
۷-۳-۱- پیکربندی Port-security روی پورتهای Access ۱۵۷
فصل ۸ VLAN & INTER-VLAN ROUTING ۱٦۱
۸-۱-VLAN ۱٦۱
۸-۱-۱- نحوه پردازش سوئیچ در محیط VLAN ۱٦۳
یادگیری در سوئیچ ۱٦٤
Forwarding در سوئیچ ۱٦٤
۸-۱-۲- پیکربندی VLAN در یک سوئیچ ۱٦۵
۸-۲-VLAN Trunking ۱٦۸
۸-۲-۱- پروتکل های Trunking ۱۷۱
۸-۲-۲- پیکربندی VLAN روی بیش از یک سوئیچ ۱۷۲
۸-۲-۳-Native VLAN ۱۷۸
۸-۳-Inter-VLAN Routing ۱۷۹
۸-۳- Inter-VLAN Routing با روتر ۱۸۱
۸-۳-۱-SubInterface ۱۸۲
۸-۳-۲- پیکربندی روتر برای پیاده‌سازیInter-VLAN Routing ۱۸۲
۸-۳-۳- پیاده‌سازی Inter-VLAN Routing با سوئیچ لایه ۳ ..... ۱۸٤
۸-۳-٤- پیکربندی VLAN، VLAN Turnkig و Inter-VLAN Routing ۱۸٦
۸-٤- DTP (Dynamic Trunking Protocol) ۱۸٦
۸-٤-۱- ساده‌سازی پیاده‌سازی Trunking با پروتکل DTP ۱۹۱
۸-۵-VTP (VLAN Trunking Protocol) ۱۹۲
۸-۵-۱- تشریحVTP Modes ۱۹۳
۸-۵-۱-۱- VTP Server ۱۹۳
۸-۵-۱-۲-VTP Client ۱۹٤
۸-۵-۱-۳- VTP Transparent ۱۹۵

۸-۵-۱-٤- مقایسهVTP Server، VTP clicent و VTP Transparent ۱۹٦
۸-۵-۲- اطلاعات *کنترلی* بسته‌های VTP ۱۹٦
۸-۵-۳- پیاده‌سازی VTP ۱۹۸
۸- ۵-٤- عملکرد پیش فرض پروتکل VTP و ساده‌سازی آن در پیاده‌سازی VTP..... ۲۰۱
۸-۵-۵- ملاحظه در اجرای پروتکلVTP ۲۰۱
۸-۵-٦- هرس کردن Broadcast روی لینک‌های Trunk با ابزار VTP ۲۰۲
۸-۵-۷- ساده‌سازی پیاده‌سازی VLAN با پروتکلVTP و DTP ۲۰٤
فصل ۹ پروتکل STP (SPANNING- TREE PROTOCOL) ۲۰۵
۹-۱- تشریح پروسه STP ۲۰۸
۹-۱-۱- تشریح پروسه STP به زبان سطح بالا ۲۰۸
۹-۱-۲- تشریح پروسه STP به زبان سطح میانی ۲۱۲
۹-۱-۲-۱- خلاصه ۲۱٦
۹-۱-۳- تشریح پروسه STP به زبان پروتکل ۲۱۷
۹-۱-۳-۱- نحوه تعیین Root Bridge ۲۲۰
۹-۱-۳-۲- نحوه تعیین Root Port ۲۲۳
۹-۱-۳-۳- نحوه تعیینDesignated Port ۲۲٦
۹-۲- تشریح پروسه همگرایی در پروتکل STP..... ۲۳۱
۹-۲-۱- انواع تغییرات در توپولوژی شبکه..... ۲۳۲
۹-۲-۱-۱- تشخیص بلافاصله تغییرات توپولوژی شبکه ۲۳۳
۹-۲-۱-۲- تشخیص غیرمستقیم تغییرات توپولوژی شبکه ۲۳۳
۹-۲-۱-۳- تشخیص تغییرات بی اهمیت در توپولوژی شبکه..... ۲۳۳
۹-۲-۲- نقش و حالت هر پورت در پروتکل STP..... ۲۳٤
۹-۲-۲-۱- STP States (حالت‌های STP)..... ۲۳٦
۹-۲-۳- پارامترهای زمانی در پروتکلSTP ۲۳۸
۹-۲-٤- (TCN) TopoLogy chang Notification ۲٤۰
۹-۲-۵- چند مثال از پروسه همگراییSTP ۲٤۱
۹-۳-PVST (Per-VLAN STP) ۲٤٦
۹-٤-PortFast ۲۵۲
فصل ۱۰ افزایش پهنای باند بین سوئیچ‌ها ۲۵۵
۱۰-۱- شرایط Aggregation ۲۵٦
۱۰-۲- پروتکل‌های Aggregation ۲۵٦
۱۰-۳- الگوریتم‌هایLoad-Balancing..... ۲۵۸
۱۰-٤- پیکربندی Aggregation ۲٦۰
فصل ۱۱ کاربرد مسیریابی در طراحی شبکه‌های LAN ۲۶۵

بخش اول

مفاهیم پایه‌ای لایه‌های شبکه

در این بخش به مفاهیم پایه‌ای و صرفاً تئوری شبکه‌های کامپیوتری و به‌ویژه، ارتباطات خواهیم پرداخت. در پایان این بخش که شامل ۵ فصل است، یاد خواهیم گرفت که چگونه یک کامپیوتر از یک شبکه قادر است با کامپیوتر دیگری در همان شبکه و یا در شبکه دیگری (مثلاً در اینترنت) ارتباط برقرار نماید و از طریق یک Appellation داده‌ای را منتقل نماید.

در فصل اول مروری بر مدل مرجع لایه‌بندی OSI و مدل لایه‌بندی TCP/IP خواهیم داشت. در هر یک از این دو مدل، به لایه‌های شبکه و وظیفه هر لایه به صورت مختصر اشاره می‌شود. همچنین تفاوت دو مدل لایه‌بندی تشریح می‌گردد. ویژگی این فصل در کاربردی بودن مطالب ارائه شده در خصوص لایه‌های شبکه است. در پایان فصل قادر خواهید بود، بسته‌ای (Packet) را که از روی یک کامپیوتر تولید و به کامپیوتر دیگری در همان شبکه و یا در شبکه دیگری ارسال می‌شود، دنبال نمایید و رخدادهای مرتبط به Packet را در مسیر شبکه تا به مقصد تحلیل نمایید.

در فصل دوم، لایه Interface در مدل TCP/IP و معادل آن، دو لایه Physical و DataLink در مدل OSI مورد بحث ما خواهد بود. در این فصل مباحث مربوط به این لایه و اینکه چگونه می‌توانید در این لایه، ارتباطات را در محدوده یک سازمان و یا یک شبکه برقرار نمایید، موشکافی خواهد شد.

در فصل سوم نیز به لایه Interface پرداخته می‌شود. لایه Interface، مسئول برقراری ارتباطات در محدوده یک بستر فیزیکی است. در فصل دوم، نمونه‌ای از یک اینترفیس در شبکه‌های LAN و در فصل سوم نمونه‌ای از یک اینترفیس در شبکه‌های WAN بررسی خواهد شد.

اینترفیس LAN قادر است ارتباطات را بین کامپیوترها در محدوده یک سازمان ایجاد نماید. اما اینترفیس WAN، ارتباط را بین دفاتر یک سازمان که در فواصل راه دور هستند، برقرار می‌کند.

در فصل چهارم لایه InterNetwork در مدل TCP/IP و معادل آن لایه Network در مدل OSI موضوع بحث است. یاد می‌گیرید که چگونه این لایه کمک خواهد کرد تا بتوانید ارتباطات را در سطوح فراتر از یک سازمان و یا یک شبکه (Interface) برقرار نمائید. ارتباطات بین شبکه‌ای (مانند ارتباطات در اینترنت) مدیون این لایه است.

از اصلی‌ترین مباحثی که در این فصل بحث می‌گردد، آدرس‌دهی IP است.

در فصل پنجم که آخرین فصل از این بخش است، موضوع، لایه Transport در دو مدل لایه‌بندی OSI و TCP/IP است. این لایه و مباحث پیاده‌سازی شده در آن، شما را قادر می‌سازد تا چندین Application و همچنین چندین Session را به صورت همزمان روی هر کامپیوتر ایجاد نمائید. به عبارت دقیق‌تر، ترکیب دو لایه Interface و لایه InterNetwork در مدل TCP/IP، قادر هستند تا بین هر دو کامپیوتر ارتباط ایجاد نمایند. اما هر یک از کامپیوترها چگونه می‌توانند در آن واحد با چندین مقصد مختلف ارتباط برقرار نماید و یا اینکه با هر مقصد، چندین برنامه تحت شبکه را به صورت همزمان اجرا نمایند؟ این وظیفه لایه Transport است.

فصل ۱

مفاهیم شبکه

۱-۱- مدل لایه‌بندی شبکه

در این فصل مروری کاربردی بر لایه‌های شبکه خواهیم داشت. این انتظار وجود دارد که در پایان این فصل بتوانید مسیر یک Packet را از هر مبدأ تا هر مقصد دنبال نموده و همچنین رخدادهای لایه‌های شبکه را در طول مسیر (در مبدأ، در مقصد و در نودهای میانی (سوییچ ها و روترها)) تحلیل نمائید.

مدل مرجع OSI	مدل TCP/IP
L7 Application	L7 Application
L6 Presentation	L4 Transport
L5 Session	L3 InterNetwork
L4 Transport	L1&2 اینترفیس
L3 Network	
L2 DataLink	
L1 Physical	

مدل مرجع OSI صرفاً به عنوان یک مدل مرجع دیده می‌شود که مباحث تئوریک در آن به صورت دقیق‌تری، قابل تجزیه و تحلیل است. اما مدل TCP/IP مدل پیاده سازی شده‌ای است که به واقعیت‌های بیرونی نزدیک تر است.

شاید یک مثال بتواند درک بهتری از مقایسه این دو مدل به ما بدهد. امروزه در اکثر دستگاههای مرتبط به شبکه، مانند کارت شبکه، سوئیچ و یا روتر، با انواع اینترفیس ها (Interface) روبرو

هستید. اینترفیس‌ها همان پورت‌های داخل این دستگاهها هستند که با اتصال یک مدیا به این پورت‌ها، ارتباط این دستگاهها با شبکه برقرار می‌گردد. اینترفیس‌ها وظیفه دو لایه Physical و لایه DataLink در مدل OSI را انجام می‌دهند، اما هیچگاه این دو لایه به صورت تفکیک شده قابل مشاهده نیستند. به عنوان مثال اینترفیس Ethernet قادر است ارتباط را در شبکه Ethernet برقرار نماید. لذا می‌توان گفت که کلمه اینترفیس در مدل TCP/IP به واقعیت بیرونی نزدیکتر است، چرا که این دولایه را با هم در نظر گرفته است.

برخی از اینترفیس ها با نام استاندارد لایه فیزیکی آن شناخته شده هستند. اما بعضی از دیگر اینترفیس ها، با نام پروتکل لایه DataLink آن صدا زده می‌شوند.

اینترفیس Ethernet، FrameRelay و ATM، بعضی از انواع اینترفیس هایی هستند که با نام پروتکل لایه DataLink آن مشهور شده‌اند.

اینترفیس ISDN، E1، T1 و Serial از انواع اینترفیس هایی هستند که صرفاً با نام استاندارد فیزیکی آن نام گذاری شده‌اند.

چند خط بالا صرفاً به مقایسه این دو مدل پرداخته است، بدون آنکه جزئیات لایه‌های هر یک از دو مدل را تشریح نماید. صرفاً هدف این بوده است که تاکید شود مدل OSI، مدل مرجعی است که در مباحث تئوری بهتر می‌تواند عملکرد شبکه‌های کامپیوتری را تشریح نماید. اما مدل TCP/IP به واقعیت های موجود نزدیکتر است.

اگر بخواهیم هر یک از لایه‌های شبکه را تنها در یک جمله تعریف کنیم، عبارات زیر مناسب به نظر می رسند:

- **لایه فیزیکی**: انتقال سیگنال (و نه داده) روی بستر فیزیکی.

- **لایه دیتالیک**: انتقال داده روی بستر فیزیکی.

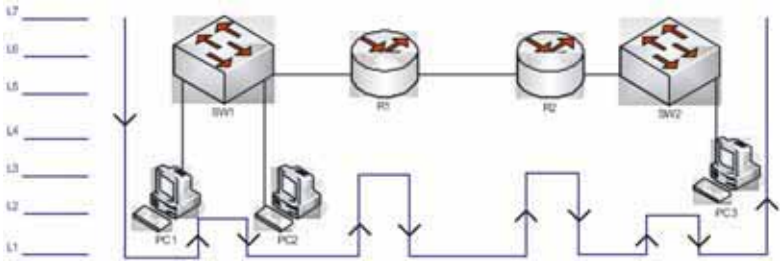
لایه Interface در مدل TCP/IP، دو لایه فوق را ترکیب می‌نماید.

- **لایه InterNetwork**: انتقال داده بین نودهایی که روی یک بستر فیزیکی نیستند (در محدوده شبکه یکسان نیستند).

- **لایه Transport**: قابلیت ایجاد چندین Session و یا Application تحت شبکه به صورت همزمان روی هر کامپیوتر.

- **لایه Application**: ارتباط و انتقال داده روی شبکه‌های کامپیوتری در سطح برنامه کاربردی تحت شبکه (Network Based Application).

در ارتباط بین هر کامپیوتر با کامپیوتر دیگر، با هدف انتقال داده در سطح Application، همه لایه‌ها درگیر خواهند شد. کامپیوتر مبدأ داده‌ای را در لایه Application آماده و سپس ارسال می‌نماید. این داده در مدل لایه‌بندی شبکه از لایه 7 به لایه‌های پایین و نهایتاً به لایه Physical انتقال داده می‌شود. این داده از طریق مدیای ارتباطی و نودهای میانی (سوئیچ‌ها و روترها) که در لایه‌های ۱ تا ۳ عمل می‌نمایند، منتقل می‌شود تا به مقصد برسد (عملکرد سوئیچ‌ها محدود به لایه ۱ و ۲ و عملکرد روترها محدود به لایه ۱، ۲ و ۳ است). در مقصد، داده از لایه Physical به صورت سیگنال تحویل گرفته می‌شود و تا لایه 7 بالا می‌رود و به صورت داده، تحویل Application در مقصد می‌شود. لذا در ارتباطات، همواه داده در لایه 7 در مبدأ تولید می‌شود و به لایه 7 در مقصد تحویل داده می‌شود. شکل زیر نشانگر این موضوع است.



شکل ۱- ۱- جریان ترافیکی تحت شبکه از مبدأ تا مقصد

۱-۲- لایه Physical Layer

هدف از لایه Physical، انتقال سیگنال بین هر دو نود روی بستر فیزیکی است. تأکید می‌شود که لایه Physical، قادر است هر داده‌ای را به صورت سیگنال دیجیتال و یا آنالوگ کد نموده و سپس به مقصد موجود در همان بستر فیزیکی منتقل نماید. مقصد، سیگنال دریافتی را از حالت کد شده خارج می‌نماید و همان داده‌ای را استخراج می‌نماید که در مبدأ تولید شده است؛ اما این داده از دید مقصد بی معناست.

به عبارت دیگر مقصد نمی‌داند این داده‌ها از چه مبدأیی ارسال شده است؟ ابتدای داده کجاست؟ انتهای داده کجاست؟ آیا داده دریافتی نویزی شده است؟

بنابراین تأکید می‌شود که در این لایه، هدف، صرفاً انتقال سیگنال است، بدون آنکه سیگنال دریافتی معنای خاصی داشته باشد.

استانداردهای فیزیکی مختلفی وجود دارند که همه آنها هدف یکسانی را دنبال می‌کنند، انتقال سیگنال؛ اما تفاوت های استانداردهای فیزیکی از چندین بُعد قابل بررسی هستند. از بُعد فنی و بُعد کاربردی. هر استاندارد فیزیکی در بُعد فنی دارای چندین وجه است:

- **مکانیکی**: شکل ظاهری اینترفیس، تعداد پین‌ها، اندازه اینترفیس، نوع کابل و ...

- **الکتریکی**: مشخصات سیگنال الکتریکی مانند نوع سیگنال (الکتریکی، نوری...) (آنالوگ یا دیجیتال) روش کد نمودن سیگنال (مثلاً Manchester در انتقال دیجیتال و یا QPSK در انتقال آنالوگ) و... .

- **Functional) Pinout**: هر اینترفیس چندین پین دارد که هر پین وظیفه خاصی را به عهده دارد. مثلاً پین ارسال سیگنال، پین دریافت سیگنال، پین Ground، پین Clock و پین‌های کنترلی.

- **Procedural**: ترتیب عملکرد پین‌ها با هدف ارسال و دریافت سیگنال

هر یک از موارد فوق در هر استاندارد فیزیکی، در دروس دانشگاهی مخابرات و انتقال داده موشکافی می‌شود. در این کتاب به هیچ وجه قصد نداریم به جزئیات استانداردهای فیزیکی بپردازیم، اما مهندسین شبکه باید مشخصات کاربردی هر یک از استانداردهای فیزیکی را بشناسند. مهمترین مشخصات **کاربردی** هر استاندارد فیزیکی عبارتند از:

- مسافت

- سرعت

هر استاندارد فیزیکی قادر است سیگنال را در مسافتی محدود و با حداکثر سرعت مشخص، انتقال دهد. مشخصه‌های استاندارد فیزیکی ـ یعنی سرعت و مسافت ـ کاربرد هر استاندارد فیزیکی را مشخص می‌نماید. مثلاً استانداردی که قادر است سیگنال را با سرعت 1Gbps روی مدیا فیبر تا چند صد کیلومتر انتقال دهد، هیچگاه برای انتقال داده در محیط‌های با مقیاس کوچک و کاربردهای با حجم داده پائین مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

$$LAN\begin{cases}100BaseT\\1000BaseT\\1000Base-SX\\1000Base-LX\\1000Base-ZX\end{cases}\qquad WAN\begin{cases}E1/E3\\T1/T3\\STM1,STM4,..(STMn)\\XDSL(ADSL,HDSL,SHDSL,VDSL,...)\\.\\.\\.\end{cases}$$

بعضی از استانداردهای فیزیکی معمول که مدیران و کارشناسان شبکه با آنها آشنایی دارند، عبارتند از:

$$Personal \begin{cases} USB \\ Bluetooth \\ . \\ . \\ . \end{cases} \qquad Wireless \begin{cases} Wifi\ (802\cdot11a, 802.11b, 802.11g) \\ Wi\max\ (802.16) \\ VSAT \\ . \\ . \end{cases}$$

در شبکه‌های LAN امروزه 100BaseT، معمول‌ترین استاندارد فیزیکی مورد استفاده است که قادر است سیگنال را با سرعت حداکثر 100Mbps و با مسافت حداکثر 100m روی مدیای زوج سیم مسی انتقال دهد. کاربرد استاندارد فیزیکی 100BaseT، در شبکه‌های محلی است (LAN).

در ارتباطات WAN، تکنولوژی STM1 قادر است سیگنال را با سرعت حداکثر 155Mbps روی مدیای فیبر با مسافت‌های طولانی منتقل کند که کاربرد آن عمدتاً در ارتباطات بین مراکز مخابراتی است. البته امروزه تکنولوژی ارتباطی مذکور، قابل استفاده در ISPها نیز می‌باشد.

WiFi نیز یکی دیگر از استانداردهای فیزیکی است که مهمترین خصوصیت آن بی سیم بودن ارتباط است. لذا هر سازمانی می‌تواند بدون وابسته بودن به Provider و یا ISP، دفاتر مختلف خود را از طریق تکنولوژی 802.11 به هم مرتبط نمایند.

WiMax در باند فرکانسی که معمولاً نیاز به مجوز دارد، ارتباطات را برقرار می‌نماید. لذا کمتر سازمانی از تکنولوژی WiMax برای ارتباط استفاده می‌کند و عمدتاً ISPها، دفاتر مختلف هر سازمان را از طریق این تکنولوژی به هم متصل می‌کنند. همچنین ممکن است روی بستر WiMax سرویس‌هایی مانند اینترنت و یا VPN به مشتری ارائه شود.

VSAT تنها تکنولوژی بی سیمی است که قادر است ارتباطات راه‌های بسیار دور را برقرار نماید. امروز اگر نخواهیم دفاتر یک سازمان را که در کشورهای مختلف هستند، از طریق اینترنت به هم متصل نمائیم، تنها راه‌حل ارتباط، تکنولوژی ماهواره‌ای است.

هر مهندس شبکه باید با انواع استانداردهای فیزیکی، کاربرد آنها، سرعت و مسافتی که هر استاندارد فیزیکی پشتیبانی می‌نماید و بعضی مشخصات مکانیکی آن مانند نوع مدیا، کانکتور و...آشنایی داشته باشد. جزئیات بیشتر استانداردهای فیزیکی به خواننده واگذار می شود.

۱- ۳- لایه DataLink

فصل دوم و فصل سوم این کتاب، جزئیات لایه DataLink را بررسی می‌کند. در این فصل قصد داریم لایه DataLink و هدف آن را به صورت کاربردی درک کنیم.

همانطور که گفته شد، استاندارد فیزیکی، وظیفه انتقال سیگنال را به عهده دارد. سیگنالی که در مقصد دریافت می‌شود، هیچ معنا و مفهومی ندارد. لایه DataLink در کنار لایه Physical، امکان انتقال داده را روی بستر فیزیکی فراهم می‌نماید. با کمک این لایه، سیگنال دریافتی در مقصد، تبدیل به یک داده (فریم) معنادار خواهد شد؛ فریمی که ابتدا و انتهای آن، ارسال کننده آن، و نویزی بودن و یا نویزی نبودن آن مشخص و قابل شناسایی است.

به عبارت دیگر لایه DataLink به همراه لایه Physical (لایه Interface در مدل TCP/IP)، امکان انتقال فریم را روی بستر فیزیکی، بین چندین نود یا کامپیوتر فراهم می‌کند.

به نظر شما برای فراهم کردن چنین قابلیتی چه مولفه‌هایی مورد نیاز است؟ فرض کنید مبدأ می‌خواهد داده‌ای را به مقصدی در همان بستر فیزیکی منتقل نماید. ابتدا داده‌اش را در صورت بزرگ بودن اندازه آن، بخش بخش کرده و هر بخش را به صورت یک فریم (Frame) آماده کرده و سپس ارسال می‌کند. ساختار معمول فریم در اینترفیس Ethernet در شکل پایین نشان داده شده است.

شروع فریم	آدرس مقصد	آدرس مبدأ	طول فریم	داده با حداکثر سایز	توالی بیتها برای چک کردن خطا
۸بایت (Byte)	۶بایت (Byte)	۶بایت (Byte)	۲بایت (Byte)	۱۵۰۰بایت (Byte)	۴بایت (Byte)

شکل۱-۲- فرمت فریم Ethernet

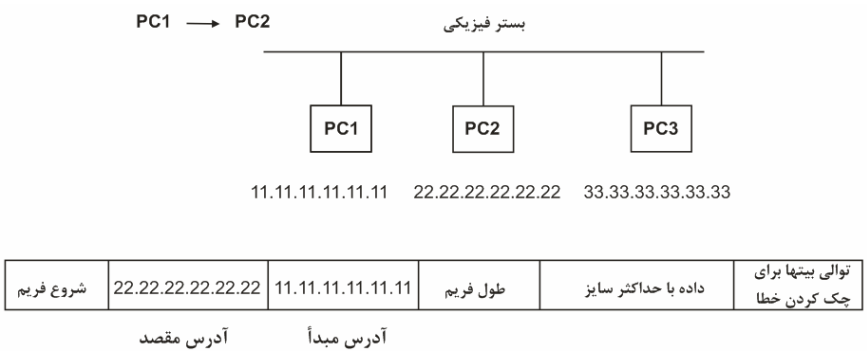
برای انتقال داده بین چندین نود روی بستر فیزیکی ، مولفه‌های زیر مورد نیاز است:

- سیستم آدرس‌دهی Addressing
- فُرمت (شکل) فریم Framing
- مکانیزم تشخیص خطای Error Detection
- کنترل دسترسی به مدیا در صورت اشتراکی بودن مدیا بین چند نود (Arbitration)
- و بقیه موارد.

به عنوان مثال ، اینترفیس Ethernet در لایه DataLink دارای قابلیت‌های زیر است:

- **Addressing**: MAC-address که یک آدرس ٦ بایتی است.
- **Framing**: استاندارد IEEE 802.3.
- **Error Detection**: مکانیزم CRC.
- **Arbitration**: مکانیزم CSMA/CD.

به عنوان مثال اگر در در شبکه Ethernet در شکل زیر، PC1 بخواهد با PC2 ارتباط برقرار کند، فریمی به شکل زیر ارسال می‌گردد:



شکل ۱-۳- ارتباط PC1 باPC2 در شبکه Ethernet و ساختار فریم مربوطه

- توالی چک کردن خطا در هر فریم، از روی محتوی فریم تولید می‌شود.
- توالی شروع فریم همواره ثابت و مشخص است.

۱-۳-۱- دیگر پروتکل‌های لایه DataLink

به‌جز پروتکل Ethernet، پروتکل‌های دیگری نیز وجود دارند که هدف همه آنها ارتباط و انتقال فریم روی اینترفیس است. بعضی از این پروتکل‌ها عبارتند از:

$$WAN\ (Po\text{int}-to-Po\text{int})\begin{cases}HDLC\\PPP\end{cases}\qquad LAN\begin{cases}Ethernet\\Token-Ring\\FDDI\end{cases}\qquad WAN\ (Multi-po\text{int})\begin{cases}Frame\ Relay\\ATM\end{cases}$$

- اینترفیس Ethernet، به طور معمول برای ایجاد ارتباط کامپیوترها در شبکه محلی کاربرد دارد.
- اینترفیس های HDLC و PPP برای برقراری ارتباط بین دو شعبه سازمان در دو نقطه با فاصله زیاد، کاربرد دارند (Point-to-Point).
- اینترفیس های FrameRelay و ATM در برقراری ارتباط بین شعب مختلف (بیش از ۲ شعبه) سازمان در WAN کاربرد دارند (MultiPoint).

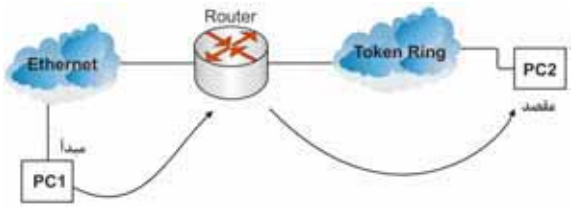
۱-۴- لایه InterNetwork

تصور کنید دو کامپیوتری که در شبکه‌های مختلفی هستند، بخواهند داده‌ای را بین هم جابجا نمایند. ارتباط بین دو کامپیوتر صرفاً با دو لایه Physical و DataLink امکان پذیر نیست. زیرا کامپیوترها در شبکه‌های مختلفی قرار دارند. ممکن است نوع اینترفیس در دو شبکه مختلف یکسان نباشد. مثلاً کامپیوتر مبدأ در شبکه Ethernet و کامپیوتر مقصد در شبکه Token-Ring باشد. نوع فریم و نوع آدرس‌دهی در این دو شبکه متفاوت است. لذا فریم ارسالی توسط مبدأ، در مقصد قابل درک نیست. مبدأ نمی‌تواند از آدرس مقصد مطلع باشد، زیرا نوع آدرس‌دهی این دو شبکه کاملاً متفاوت است. حتی اگر نوع شبکه‌ها هم یکسان باشند، باز مبدأ از آدرس مقصد اطلاع ندارد. زیرا مقصد در شبکه‌ای قرار دارد که تحت مدیریت متفاوتی است.

به دلایل فوق ارتباط دو کامپیوتر در دو شبکه مختلف، از طریق دو لایه پایینی Physical و DataLink امکان‌پذیر نیست.

برای ارتباط بین کامپیوترهایی که در شبکه‌های مختلف هستند، از دستگاه‌هایی به نام روتر ما بین شبکه ها استفاده می‌شود. روترها ۳ لایه پائینی شبکه را پشتیبانی می کنند. روترها به ازاء هر شبکه‌ای که به آن متصل می‌شوند، اینترفیسی از نوع همان شبکه دارند.

در شکل زیر، کامپیوتر مبدأ، بسته‌ای[1] را به روتری که به شبکه خودش متصل است، تحویل می‌دهد. بدیهی است که برقراری ارتباط با دو لایه پائینی امکان پذیر است (زیرا در یک شبکه هستند). سپس روتر، بسته را به کامپیوتر مقصد که در شبکه متفاوتی، اما متصل به همین روتر است، تحویل می‌دهد.



شکل ۱-٤- ارتباط بین دو کامپیوتر در دو شبکه مختلف از طریق روتر

شبکه‌های مختلف از طریق روترها به یکدیگر متصل می‌شوند. روتر قادر است ارتباط بین کامپیوترهای انتهایی را که در شبکه‌های مختلفی هستند، برقرار نماید.

---

[1] Packet