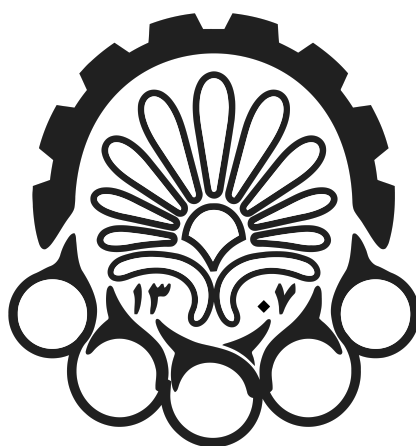


# معماری افزاره‌های شبکه دکتر صبائی



**دانشگاه صنعتی امیرکبیر**  
( پلی تکنیک تهران )  
دانشکده مهندسی کامپیوتر

رضا آدینه پور ۴۰۲۱۳۱۰۵۵

تمرین سری اول

۲۷ مهر ۱۴۰۳



## سوال اول

تفاوت‌های اصلی تکنیک‌های سوئیچینگ مداری و سوئیچینگ بسته‌ای را با استفاده از یک مثال کاربردی توضیح دهید. تأثیر هر یک از این تکنیک‌ها بر کیفیت و سرعت انتقال داده‌ها چیست؟

### پاسخ

#### ۱. سوئیچینگ مداری (Circuit Switching):

این تکنیک معمولاً در شبکه‌های تلفن ثابت و موبایل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تکنیک، قبل از شروع انتقال داده، یک مسیر فیزیکی ثابت بین فرستنده و گیرنده برقرار می‌شود و این مسیر تا پایان ارتباط به طور انحصاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مثال: تصور کنید دو نفر در حال مکالمه تلفنی هستند. زمانی که شما شماره‌گیری می‌کنید، یک مسیر ارتباطی مستقیم بین شما و مخاطبتان در شبکه تلفن برقرار می‌شود. در طول مکالمه، این مسیر به طور اختصاصی در اختیار شما و مخاطب قرار دارد و هیچ کاربر دیگری نمی‌تواند از آن استفاده کند.

#### تأثیر بر کیفیت و سرعت:

- کیفیت: کیفیت در سوئیچینگ مداری بالاست، زیرا مسیر ثابتی اختصاص داده می‌شود و هیچ وقفه‌ای در جریان داده‌ها وجود ندارد.
- سرعت: سرعت ثابت و قابل پیش‌بینی است، اما ممکن است شبکه کارآمدی لازم را نداشته باشد زیرا مسیر انحصاری حتی در زمان‌های عدم استفاده نیز اشغال می‌ماند.

#### ۲. سوئیچینگ بسته‌ای (Packet Switching):

در این روش، داده‌ها به بسته‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شوند و هر بسته به صورت مستقل از طریق مسیرهای مختلف به مقصد ارسال می‌شود. پروتکل‌هایی مثل TCP/IP از این تکنیک استفاده می‌کنند.

مثال: یک ایمیل را تصور کنید. هنگامی که ایمیل ارسال می‌شود، پیام شما به چندین بسته کوچک تقسیم می‌شود و این بسته‌ها به صورت جداگانه از طریق شبکه به گیرنده می‌رسند. هر بسته ممکن است از مسیری متفاوت عبور کند و در مقصد دوباره جمع‌آوری و به شکل اصلی بازگردانده شود.

#### تأثیر بر کیفیت و سرعت:

- کیفیت: کیفیت ارتباط در سوئیچینگ بسته‌ای ممکن است متغیر باشد، زیرا بسته‌ها ممکن است با تأخیر مواجه شوند یا حتی از بین بروند. با این حال، مکانیزم‌های کنترلی برای باز ارسال و تصحیح خطا وجود دارد.
- سرعت: سرعت به دلیل تقسیم‌بندی داده‌ها و ارسال آنها از مسیرهای مختلف به طور کلی بالاتر است و شبکه از پهنای باند بهتری استفاده می‌کند، اما بسته‌ها ممکن است با تأخیرهای کوچک مواجه شوند.

## پاسخ

در نتیجه می‌توان گفت:

- سوئیچینگ بسته‌ای برای انتقال داده‌های حجیم مثل ارسال ایمیل، فایل‌های بزرگ یا وب‌گردی بهتر است زیرا از پهنای باند کارآمدتر استفاده می‌کند و امکان اشتراک‌گذاری منابع بین چندین کاربر را فراهم می‌کند.
- سوئیچینگ مداری برای ارتباطات حساس به تأخیر مثل مکالمات صوتی یا تصویری زنده مناسب‌تر است زیرا مسیر ثابتی برای جریان داده‌ها وجود دارد و کیفیت ثابتی ارائه می‌دهد.

## سوال دوم

شرکت "توسعه‌دهندگان نوآور" تصمیم دارد یک کنفرانس آنلاین برای معرفی محصول جدید خود برگزار کند. در این کنفرانس، تیم‌های مختلف از نقاط مختلف کشور شرکت خواهند کرد. برای برقراری ارتباط بین شرکت‌کنندگان، دو شبکه یکی مبتنی بر تکنیک سوئیچینگ مداری و دیگری مبتنی بر سوئیچینگ بسته‌ای در دسترس است. با توجه به نیازمندی شرکت‌کنندگان، توضیح دهید برای برقراری ارتباط با هریک از این شرکت‌کنندگان استفاده از کدام تکنیک سوئیچینگ مناسب‌تر است.

۱. تیم فنی (شامل ۵ نفر) - نیاز به ارتباط صوتی و تصویری با کیفیت بالا

پاسخ

با توجه به توضیحاتی که در سوال اول در مورد این دو تکنیک داده شد، به نظر برای تیم فنی که نیاز به ارتباط صوتی و تصویری با کیفیت بالا دارند، سوئیچینگ مداری گزینه مناسبی است. دلیل این انتخاب این است که در ارتباطات صوتی و تصویری زنده، تأخیر بسیار کم و کیفیت ثابت مورد نیاز است. در سوئیچینگ مداری، یک مسیر انحصاری برای کل زمان ارتباط برقرار می‌شود که می‌تواند نیاز به پهنای باند پایدار و کیفیت ثابت برای تماس‌های صوتی و تصویری را فراهم کند.

۲. تیم بازاریابی (شامل ۱۰ نفر) - نیاز به ارسال و دریافت اطلاعات و اسناد

پاسخ

برای تیم بازاریابی که بیشتر نیاز به ارسال و دریافت اطلاعات و اسناد دارند، سوئیچینگ بسته‌ای گزینه بهتری است. در این نوع ارتباطات، ارسال داده‌ها می‌تواند به صورت غیر همزمان و بهینه انجام شود. همچنین این تکنیک برای ارسال فایل‌های حجیم و مدیریت پهنای باند بسیار مناسب است، چرا که بسته‌ها به صورت مجزا و از مسیرهای مختلف ارسال می‌شوند و نیازی به مسیر انحصاری نیست.

۳. تیم مدیریت (شامل ۳ نفر) - نیاز به ارتباط سریع و مؤثر

پاسخ

برای تیم مدیریت سوئیچینگ بسته‌ای مناسب است. زیرا این تکنیک می‌تواند به صورت کارآمد داده‌های کم حجم و سریع را در شبکه انتقال دهد و منابع شبکه را بین چندین کاربر به اشتراک بگذارد. همچنین از آنجا که تیم مدیریت به ارسال پیام‌های فوری و دستورات نیاز دارند، سوئیچینگ بسته‌ای با توانایی ارسال سریع بسته‌ها و توزیع کارآمد داده‌ها، نیازهای آن‌ها را برآورده می‌کند.

## سوال سوم

رده‌بندی ارائه‌دهندگان خدمات اینترنت به سه سطح Tier1, Tier2, Tier3 صورت می‌گیرد.

۱. نقش هر یک از این سطوح در معماری شبکه اینترنت را توضیح دهید.

پاسخ

## (آ) ارائه‌دهندگان سطح ۱ (Tier 1 ISPs):

این ارائه‌دهندگان خدمات اینترنت (ISPها) بزرگ‌ترین شرکت‌های ارائه‌دهنده اینترنت هستند که به هیچ ارائه‌دهنده اینترنت دیگری بابت ترانزیت اینترنت هزینه‌ای نمی‌پردازند. آن‌ها مستقیماً به سایر شبکه‌های Tier 1 متصل می‌شوند و به تبادل داده‌ها می‌پردازند. Tier 1 ISPs مسئولیت مدیریت شبکه‌های عظیم بین‌المللی را دارند و ستون فقرات اصلی اینترنت را تشکیل می‌دهند. این شبکه‌ها معمولاً ارتباطات مستقیم با PoPهای بین‌المللی دارند و داده‌ها را در سطح جهانی انتقال می‌دهند.

## (ب) ارائه‌دهندگان سطح ۲ (Tier 2 ISPs):

این ارائه‌دهندگان اینترنت به صورت محلی یا منطقه‌ای فعالیت می‌کنند و به ارائه‌دهندگان سطح ۱ متصل می‌شوند تا به اینترنت جهانی دسترسی پیدا کنند. همچنین ممکن است برای کاهش هزینه‌های ترانزیت به سایر ارائه‌دهندگان سطح ۲ نیز ارتباط برقرار کنند. Tier 2 ISPs از طریق خرید خدمات از Tier 1 ISPs به اینترنت دسترسی دارند و بخشی از ترافیک داده را از طریق تبادل‌های داخلی (پیرینگ) مدیریت می‌کنند.

## (ج) ارائه‌دهندگان سطح ۳ (Tier 3 ISPs):

این ارائه‌دهندگان، کوچک‌تر و محلی‌تر هستند و عموماً برای ارائه خدمات اینترنت به کاربران نهایی (مصرف‌کنندگان خانگی یا تجاری) فعالیت می‌کنند. Tier 3 ISPs برای دسترسی به اینترنت جهانی نیاز به خرید خدمات از Tier 2 ISPs یا Tier 1 ISPs دارند. آن‌ها اغلب مسئول ارائه خدمات نهایی به کاربران هستند و به شبکه‌های محلی یا شهری متصل می‌شوند.

۲. نقاط حضور (PoP) را تعریف کنید و در ادامه ارتباط این نقاط با هزینه‌های سرمایه‌گذاری (CAPEX) و نگهداری (OPEX) را شرح دهید.

پاسخ

## (آ) تعریف نقاط حضور (PoP): نقاط حضور یا Point of Presence (PoP) مکان‌های فیزیکی

هستند که در آن‌ها تجهیزات شبکه مانند روترها، سوئیچ‌ها و سرورها قرار دارند و اتصال اینترنت از طریق آن‌ها انجام می‌شود. این نقاط معمولاً در مراکز داده یا ساختمان‌های خاصی قرار دارند که امکان اتصال مستقیم بین ارائه‌دهندگان خدمات اینترنت (ISPs) و سایر شبکه‌ها فراهم می‌کنند. نقاط حضور به عنوان مرکز ارتباطات شبکه‌ای برای تبادل ترافیک داده عمل می‌کنند.

## (ب) ارتباط PoP با هزینه‌های سرمایه‌گذاری (CAPEX) و نگهداری (OPEX):

• CAPEX (Capital Expenditure): هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه برای ایجاد نقاط حضور شامل خرید تجهیزات شبکه (روترها، سرورها، سوئیچ‌ها)، ساخت یا اجاره ساختمان، و زیرساخت‌های لازم (نظیر سیستم‌های خنک‌کننده، تامین برق اضطراری) است. این هزینه‌ها اغلب بسیار زیاد هستند، زیرا ایجاد PoPهای جدید نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجهی برای تجهیزات و زیرساخت‌های فیزیکی است.

## پاسخ

• OPEX (Operating Expenditure): هزینه‌های عملیاتی و نگهداری نقاط حضور شامل هزینه‌های برق، نگهداری و تعمیر تجهیزات، نیروی انسانی برای مدیریت و پشتیبانی فنی، و هزینه‌های اجاره مکان است. این هزینه‌ها باید به طور مداوم پرداخت شوند تا نقاط حضور به صورت مداوم و بدون وقفه کار کنند. همچنین هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه‌های پهنای باند و ترافیک داده نیز می‌شود که ممکن است بر اساس مقدار مصرف متغیر باشد.

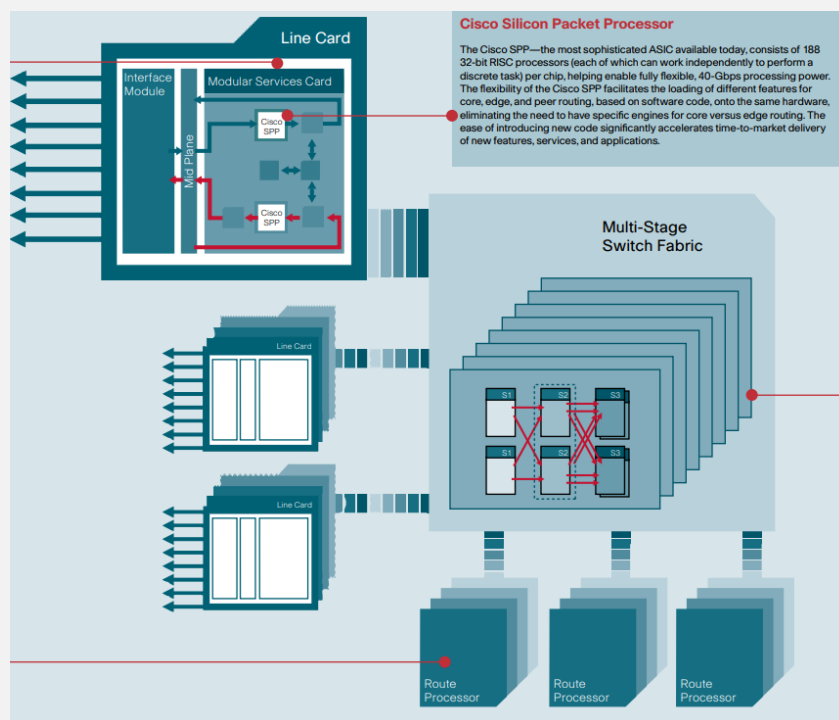
در نهایت، میزان CAPEX و OPEX بسته به مقیاس و محل قرارگیری PoP ها متفاوت است. یک PoP بزرگ و مرکزی در یک منطقه شهری ممکن است هزینه‌های بالاتری نسبت به PoP های کوچک‌تر در مناطق روستایی داشته باشد.

## سوال چهارم

با جستجو در اینترنت یک نمونه مسیریاب IP با کارایی بالا مقیاس پذیر (قابل توسعه) را پیدا نموده و معماری آن را شرح دهید.

پاسخ

در این سوال به بررسی روتر سیسکو CRS-1 می‌پردازیم. معماری این روتر را در شکل زیر آورده شده است:



شکل ۱: روتر CRS-1

در ادامه به توضیح هریک از بخش‌های این روتر می‌پردازیم.

۱. **Line Card**: هر Line card توسط یک Midplane به دو جزء اصلی جدا می‌شود. ماژول رابط و MSC. هر لاین کارت سیسکو CRS-1 یک نسخه مجزا از جدول مجاورت و پایگاه‌های اطلاعاتی فورواردینگ را حفظ می‌کند و حداکثر مقیاس‌پذیری و کارایی را ممکن می‌سازد.

۲. **Interface Module**: ماژول رابط، اتصالات فیزیکی به شبکه، از جمله عملکردهای لایه ۱ و ۲ را فراهم می‌کند. ماژول‌های رابط برای این روتر عبارت‌اند از:

- 1-port OC-768c/STM- 256c PoS
- 4-port OC- 192c/STM-64c PoS
- 16-port OC-48c/STM-16c PoS
- 8-port 10 Gigabit Ethernet
- 1-port OC-768c/STM- 256c tunable WDMPOS
- 4-port 10 Gigabit Ethernet tunable WDMPHY

## پاسخ

۳. **Service Card Module**: یک Forwarding engine لایه ۳ با کارایی بالا است. هر سیسکو CRS-1 MSC مجهز به دو SPP با کارایی بالا و انعطاف پذیر است، یکی برای ورودی و دیگری برای پردازش بسته‌های خروجی.

این کارت مسئولیت تمامی پردازش‌های بسته شامل کیفیت خدمات (QoS) طبقه‌بندی و شکل‌دهی را بر عهده دارد و مجهز به صف‌های سلسله مراتبی سه سطحی با مجموع ۱۶۰۰۰ صف است.

۴. **Cisco Silicon Packet Processor**: پیچیده‌ترین ASIC موجود امروزی، از ۱۸۸ پردازنده RISC سی‌ودو بیتی (که هر کدام می‌توانند به طور مستقل از یک کار مجزا کار کنند) در هر تراشه تشکیل شده است که به توان پردازش کاملاً انعطاف پذیر و ۴۰ گیگابایت بر ثانیه کمک می‌کند.

انعطاف‌پذیری SPP سیسکو با بکارگیری ویژگی‌های مختلف برای مسیریابی هسته، لبه و هم‌تا بر اساس کد نرم‌افزار، بر روی یک سخت‌افزار را تسهیل می‌کند و نیاز به موتورهای خاص برای مسیریابی هسته در مقابل لبه را از بین می‌برد. سهولت معرفی کد جدید به طور قابل توجهی باعث تسریع زمان عرضه ویژگی‌ها، خدمات و برنامه‌های جدید به بازار می‌شود.

۵. **Route Processors**: مدیریت و حسابداری هر پردازنده سیستم CRS Route عملکردهای کنترلر Rack را مدیریت می‌کند و با ۴ گیگابایت حافظه با دسترسی تصادفی پویا (DRAM) در RP-B و ۱۲/۶ گیگابایت در PRP به اضافه یک هارد دیسک ۴۰ گیگابایتی در RP-B یا x32-GB2 پشتیبانی می‌کند.

۶. یک سیسکو CRS-1 Distributed Route Processor (DRP) را می‌توان در هر شکاف لاین کارت موجود قرار داد و با افزایش مقیاس صفحه کنترل یا افزودن سرویس‌های جدید در صورت نیاز به جلوگیری از تنگناهای حافظه یا پردازش کمک می‌کند.

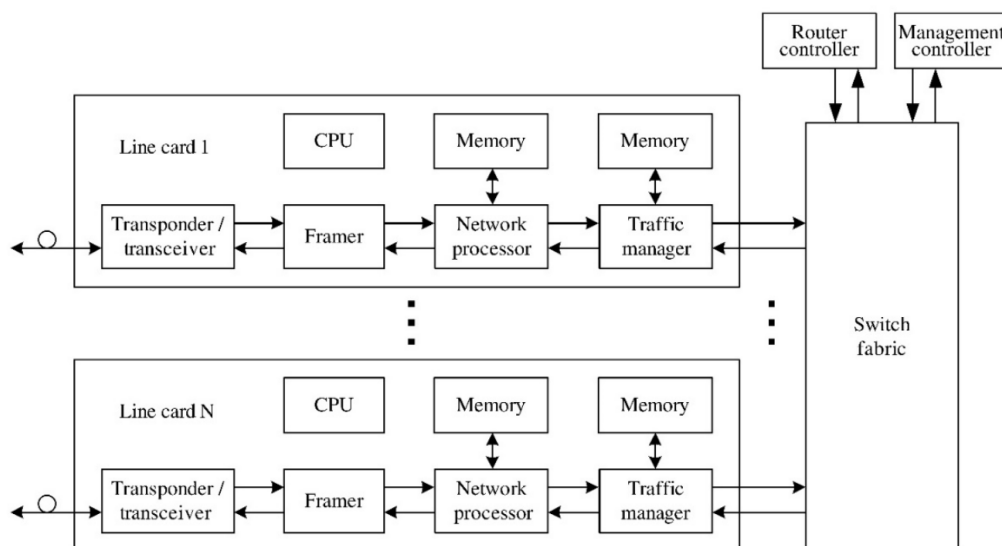
۷. **Service-Intelligent Switch Fabric**: سوئیچ فابریکی که مسیر ارتباطی بین لاین کارت‌ها را فراهم می‌کند، معماری Benes سه مرحله‌ای و خود مسیریابی (برای اولین بار برای مسیریاب‌های IP) با بافر ۱۲۹۶×۱۲۹۶ سوئیچینگ غیر مسدود کننده است. از نظر فیزیکی، سیسکو CRS-1 به هشت صفحه تقسیم می‌شود که بسته‌ها به سلول‌های شکسته شده به طور مساوی توزیع می‌شوند.

۸. **Cisco IOS XR Software**: از آنجایی که نرم‌افزار سیستم CRS-1 بر روی معماری نرم‌افزار مبتنی بر میکروکنترل حفاظت شده از حافظه ساخته شده است، تنها عناصر پردازش ضروری مانند ارسال پیام، مدیریت حافظه، زمان‌بندی فرآیند و توزیع رشته در سطح هسته انجام می‌شوند. این معماری تأثیر هرگونه خرابی نرم‌افزار را در درایورهای دستگاه به حداقل می‌رساند و راه‌اندازی مجدد یا ارتقا این فرایندها را بدون نیاز به راه‌اندازی مجدد در سطح سیستم تسهیل می‌کند. این معماری مبتنی بر میکروکنترل امکان توزیع فرایندهای صفحه کنترل، ارسال و مدیریت را برای استفاده کارآمد از منابع و حداکثر عملکرد صفحه کنترل فراهم می‌کند. مجموعه‌ای بسیار ساختاریافته از رابط‌های برنامه‌نویسی کاربردی (API) و مکانیسم‌های ارسال پیام تضمین می‌کند که ارتباطات بین فرآیندی به‌طور یکسان و با کارایی یکسان در هر دو سیستم تک پردازنده و چند پردازنده عمل می‌کنند.



## سوال پنجم

در معماری مسیریاب شکل زیر نقش هر یک از بخش‌های (Transponder/Transceiver - Traffic manager - Network processor - Framer - CPU - Switch fabric - Line card - Management controller - Router Controller) را شرح دهید.



شکل ۲: معماری یک مسیریاب نمونه

پاسخ

### ۱. Network processor:

پردازش برای فهمیدن لینک خروجی را انجام می دهد.

### ۲. Framer:

امواجی که توسط Transiver به رشته بیت تبدیل شده اند توسط Framer دریافت می شوند و مشخص می شود که از کدام بیت تا کدام بیت آن یک Packet است. بنابراین Packet ها استخراج می شوند.

### ۳. Traffic manager:

وظیفه کنترل و مدیریت ترافیک بسته ها را بر عهده دارد.

### ۴. Transponder/Transceiver:

فرستنده و گیرنده دستگاهی است که هم می تواند سیگنال ها را ارسال و هم دریافت کند. دریافت کننده، ورودی را به صورت امواج رادیویی گرفته و آن را به رشته بیت تبدیل می کند.

### ۵. Router controller:

قسمتی از واحد Control plane است که وظیفه اجرای پروتکل های مسیریابی را برعهده دارد.

### ۶. Management controller:

قسمتی از واحد Management plane است که وظیفه اجرای پروتکل های مدیریتی را برعهده دارد.

### Line card

ماژولی است که شامل Traf- Framer Network Processor Cpu Transponder/Transceiver Manager

پاسخ

۷. **Switch fabric:**

عمل Packet Switching را انجام میدهد.

۸. **CPU:**

سیاست‌های ترافیک را از واحد کنترل دریافت میکند و روی Line card ها اعمال میکند.

## سوال ششم

اهداف و چالش‌های طراحی مسیریاب‌های با کارایی بالا را نام برده و شرح دهید؟

پاسخ

مسیریاب‌های با کارایی بالا اکثراً در هسته شبکه بکار می‌روند و برای رسیدن به اهداف زیر ساخته شده‌اند:

۱. Packet Forwarding Performance: باید سرعت سوییچینگ بالایی داشته باشند.
۲. Scalable: باید مقیاس پذیری بالایی داشته باشند و با بزرگتر شدن شبکه، کارایی آنها به صورت نمایی افت نکند.
۳. Bandwidth Density: باید چگالی پهنای باند زیاد برایش قابل تحمل باشد.
۴. Service Delivery Features: تنوع در سرویس
۵. Available: بدون وقفه کارش را ادامه دهد و در واقع Downtime پایینی داشته باشد.
۶. Security: باید امنیت داشته باشد.

همچنین چالش‌های موجود در مسیر طراحی مسیریاب‌های با کارایی بالا را می‌توان به صورت زیر معرفی نمود:

۱. سرعت حافظه: حجم حافظه‌ها هر سال نسبت به سال قبل دو برابر می‌شود ولی سرعت دسترسی به حافظه تغییری ایجاد نشده است بنابراین با توجه سرعت لینک‌هایی که داریم چالش بزرگی خواهد بود. راه حلش هم آن است که سراغ روشهایی برویم که به حافظه کمتری نیاز داشته باشد.
۲. داوری نمودن بین Packet‌ها: در صورتی که یک سوییچ داشته باشیم که تعدادی پکت می‌خواهند از آن خارج شوند، بنابراین نوبت بندی ارسال و زمان بندی ارسال پکت‌ها یکی از چالش‌هایی هست که باید به آن توجه شود.
۳. کنترل کیفیت سرویس: بسته‌هایی به پورت خروجی می‌رسند، در ابتدا باید جریان‌های ترافیکی را تشخیص دهیم و سپس کنترل‌های مدیریت بافر و زمان بندی پکت را اجرا کنیم که همگی آن‌ها برای کیفیت سرویس مهم هستند.
۴. اتصال نوری (Optical Interconnection): طراحی Router باید طوری باشد که بتوان اتصالات داخلی آن را برقرار کرد
۵. توان مصرفی: به علت حجم زیاد داده‌ها و انجام عملیات Packet Switching زیاد در زمان واحد، توان مصرفی مسیریاب‌ها بالا هستند که این هم یکی از چالش‌های طراحی مسیریاب‌هایی با کارایی بالاست.
۶. انعطاف پذیری: برای اینکه به راحتی بتوانیم ویژگی‌هایی که در نظر گرفتیم را پیاده سازی کنیم. در واقع در این زمینه بین کارایی و ایجاد قابلیت جدید Trade-off وجود دارد و چالش داریم.

## سوال هفتم

۱. نقش Management Agent در یک مسیریاب IP چیست؟

پاسخ

یک عامل نرم‌افزاری است که بر روی یک گره مدیریت شده (مثلاً: روتر) اجرا می‌شود و یک رابط برای مدیریت آن فراهم می‌کند. می‌تواند عملیات را بر روی اشیاء مدیریت شده در گره انجام دهد و همچنین اعلان‌ها را به مدیر (EMS) ارسال کند.

۲. MIB را تعریف کنید؟

پاسخ

پایگاه داده مجازی سلسله مراتبی از اشیاء شبکه (یا موجودیت دیگر) است که دستگاهی را توصیف می‌کند که توسط یک سیستم مدیریت شبکه (NMS) نظارت می‌شود. یک MIB می‌تواند توسط پروتکل مدیریت شبکه ساده (SNMP) و نظارت از راه دور (RMON1) استفاده شود. MIB برای ارجاع به مجموعه کاملی از اطلاعات مدیریت در یک موجودیت، مانند یک شبکه کامپیوتری در نظر گرفته شده است. با این حال، اغلب برای اشاره به زیرمجموعه‌ای از پایگاه داده استفاده می‌شود و اغلب مازول MIB نامیده می‌شود.