



دانشکده مهندسی کامپیوتر

## درس معماری افزارهای شبکه

نیم سال اول سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

## پاسخ تمرین سری اول

دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

## سوال ۱:

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؟

**سوئیچینگ مداری (Circuit Switching)** یک روش ارتباطی است که در آن برای مدت زمان ارتباط بین دو نقطه، یک مسیر اختصاصی و ثابت ایجاد می‌شود. این روش به دلیل ویژگی‌های خاص خود، برای انتقال داده‌هایی که حساس به تأخیر و کیفیت هستند، مانند مکالمات صوتی و تصویری، به کار می‌رود. در این تکنیک، پس از برقراری ارتباط، مسیر تا پایان مکالمه اشغال باقی می‌ماند، حتی اگر در لحظاتی داده‌ای منتقل نشود. این ویژگی باعث می‌شود کیفیت ارتباط بسیار بالا باشد، زیرا هیچ تداخلی رخ نمی‌دهد و داده‌ها بدون وقفه منتقل می‌شوند. با این حال، بهره‌وری منابع شبکه در این روش پایین است، چرا که مسیر اختصاص یافته حتی در زمان‌های خالی بودن نیز قابل استفاده برای دیگر ارتباطات نیست. نمونه‌ای بارز از کاربرد این تکنیک، سیستم‌های تلفنی سنتی یا شبکه PSTN است که در آن‌ها یک مدار برای هر تماس تلفنی برقرار می‌شود.

**سوئیچینگ بسته‌ای (Packet Switching)** رویکردی متفاوت است که در آن داده‌ها به واحدهای کوچکی به نام "بسته" تقسیم می‌شوند. هر بسته می‌تواند به طور مستقل و از مسیرهای مختلفی به مقصد برسد. این روش برای شبکه‌هایی با حجم بالای ارتباطات و نیاز به اشتراک منابع، بسیار مناسب است. با اینکه ممکن است بسته‌ها به ترتیب نرسند یا برخی از آن‌ها در مسیر گم شوند، پروتکل‌هایی مانند TCP این مشکلات را مدیریت کرده و ارتباطی پایدار را تضمین می‌کنند. تأخیر در این روش به دلیل استفاده از مسیرهای متنوع و احتمال ترافیک شبکه ممکن است متغیر باشد، اما بهره‌وری بالای منابع، آن را به انتخابی ایده‌آل برای شبکه‌هایی مانند اینترنت تبدیل کرده است. داده‌هایی که از طریق پروتکل‌هایی نظیر HTTP، FTP یا SMTP منتقل می‌شوند، از این روش بهره می‌برند.

سوئیچینگ مداری و سوئیچینگ بسته‌ای هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند و انتخاب بین این دو به نیازهای شبکه بستگی دارد. در سوئیچینگ مداری، تأخیر اولیه برای برقراری ارتباط وجود دارد، اما پس از برقراری، داده‌ها با حداقل تأخیر منتقل می‌شوند و کیفیت ارتباط بسیار بالاست. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که این روش برای کاربردهای حساس به کیفیت و تأخیر، مانند تماس‌های صوتی زنده یا کنفرانس‌های ویدئویی، مناسب باشد. در مقابل، سوئیچینگ بسته‌ای تأخیری متغیر دارد اما با بهره‌وری بالای منابع، برای انتقال داده‌های عمومی و غیر حساس به تأخیر، مانند ایمیل‌ها و دانلود فایل‌ها، بهترین گزینه است. همچنین این روش برای محیط‌هایی که به اشتراک منابع و مقیاس‌پذیری نیاز دارند، مانند شبکه‌های اینترنتی و محلی، ترجیح داده می‌شود.

## سوال ۲:

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 نیازمندی شرکت‌کنندگان، توضیح دهید برای برقراری ارتباط با هریک از این شرکت‌کنندگان استفاده از کدام تکنیک سوئیچینگ مناسب‌تر است



### شرکت کنندگان:

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

با توجه به نیاز این تیم به ارتباط صوتی و تصویری با کیفیت بالا و بدون وقفه، سوئیچینگ مداری گزینه مناسبی است. این تکنیک با اختصاص یک مسیر ثابت برای ارتباط، کیفیت بالا و پایداری را تضمین می کند و برای جلسات ویدئویی زنده و حساس به تأخیر، انتخاب ایده آلی است.

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

این تیم نیازمند ارسال و دریافت اطلاعات و اسناد است، که به تأخیر حساس نیستند. سوئیچینگ بسته ای بهترین انتخاب برای آن ها است، زیرا بهره وری منابع را افزایش داده و امکان استفاده اشتراکی از مسیرها را فراهم می کند. این روش برای انتقال داده های غیرزمانی مانند فایل ها و ایمیل ها مناسب است.

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

ارتباط سریع و مؤثر برای این تیم اهمیت دارد. اگر کیفیت ارتباط نیز از اهمیت بالایی برخوردار باشد، سوئیچینگ مداری انتخاب بهتری است. اما اگر حجم داده ها کم باشد و تأخیر اندک قابل قبول باشد، می توان از سوئیچینگ بسته ای برای صرفه جویی در منابع استفاده کرد.

### سوال ۳:

رده بندی ارائه دهندگان خدمات اینترنت به سه سطح Tier1، Tier2 و Tier3 صورت می گیرد.

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

#### Tier 1

این ارائه دهندگان ستون فقرات اینترنت را تشکیل می دهند و بزرگ ترین شبکه ها را در سطح جهانی مدیریت می کنند. آن ها بدون پرداخت هزینه، به صورت مستقیم با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند (peering) و به دیگر سطوح، اتصال به کل اینترنت را ارائه می دهند. Tier 1 هیچ هزینه ای برای دسترسی به اینترنت جهانی نمی پردازند و زیرساخت های گسترده ای شامل کابل های زیردریایی، فیبر نوری و... را مدیریت می کنند.

#### Tier 2

این ارائه دهندگان در سطح منطقه ای یا ملی فعالیت می کنند و برای اتصال به اینترنت جهانی، به Tier 1 وابسته هستند. آن ها از Tier 1 پهنای باند خریداری می کنند و در عین حال می توانند با سایر Tier 2 ها ارتباط مستقیم داشته باشند. این سطح نقش واسطه بین Tier 1 و مشتریان محلی را دارد.

#### Tier 3

این ارائه دهندگان به مشتریان نهایی مانند کاربران خانگی و شرکت های کوچک خدمات اینترنت ارائه می دهند. آن ها به Tier 2 متصل هستند و دسترسی محلی به اینترنت را فراهم می کنند. شبکه این سطح محدودتر است و روی خدماتی نظیر نصب تجهیزات، پشتیبانی و ارائه سرویس های ویژه متمرکز است.



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

### نقاط حضور (PoP)

به مکان‌های فیزیکی در شبکه گفته می‌شود که در آن‌ها تجهیزات ارتباطی مانند روترها و سویچ‌ها برای اتصال کاربران یا سایر شبکه‌ها مستقر می‌شوند. این نقاط معمولاً در دیتاسنترها یا ایستگاه‌های مخابراتی قرار دارند و نقش حیاتی در انتقال داده بین بخش‌های مختلف شبکه ایفا می‌کنند.

### ارتباط PoP با CAPEX و OPEX:

- **CAPEX** برای ایجاد زیرساخت‌های اولیه و آماده‌سازی PoP ها به کار می‌رود، در حالی که **OPEX** برای نگهداری و بهره‌برداری روزمره از PoP ها استفاده می‌شود.
- سرمایه‌گذاری‌های بزرگ در **CAPEX** ممکن است **OPEX** را در بلندمدت کاهش دهد. به عنوان مثال، استفاده از تجهیزات پیشرفته و بهینه، می‌تواند هزینه‌های مصرف انرژی و نگهداری را کاهش دهد.
- در عین حال، برای کاهش هزینه‌های **OPEX**، برخی شرکت‌ها ممکن است به جای ایجاد PoP های اختصاصی، از اجاره دیتاسنترهای مشترک یا خدمات ابری استفاده کنند.

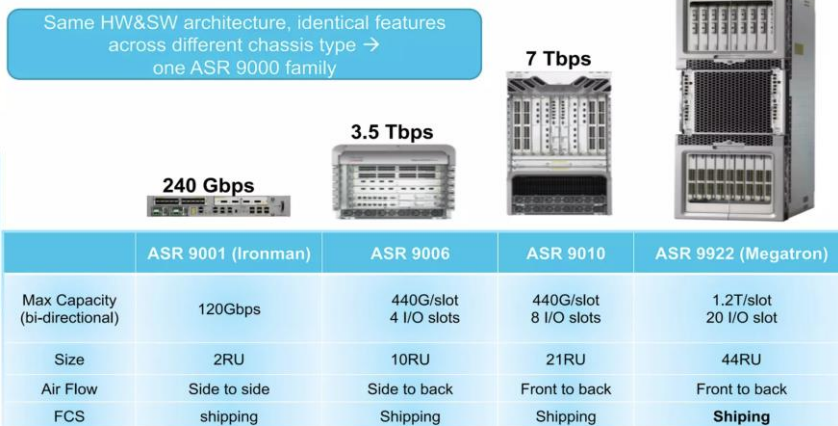
در نهایت، تصمیم‌گیری درباره سطح **CAPEX** و **OPEX** وابسته به نوع کسب‌وکار، نیازهای شبکه، و سیاست‌های مالی شرکت است. PoP ها به عنوان گره‌های حیاتی در شبکه‌های ارتباطی، نیازمند سرمایه‌گذاری در هر دو بخش **CAPEX** و **OPEX** برای حفظ عملکرد مطلوب و رشد شبکه هستند.

### سوال ۴:

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

در این بخش روتر Cisco ASR 9000 Series Aggregation Services Routers را بررسی می‌نماییم. این سری از روترها به عنوان یک پلتفرم مقیاس‌پذیر، با کارایی بالا و مناسب برای شبکه‌های بزرگ ارائه شده‌اند. این روترها مخصوصاً برای کاربردهای سازمانی و شبکه‌های گسترده طراحی شده‌اند و قابلیت توسعه و مدیریت حجم عظیمی از ترافیک داده‌ها را دارند.

## ASR 9000 Chassis Overview



## معماری روتر Cisco ASR 9000

## 1. شاسی (Chassis):

روترهای سری ASR 9000 در چندین سایز شاسی مختلف ارائه می‌شوند. هر شاسی ظرفیت نصب تعداد مشخصی کارت و ماژول دارد. این شاسی‌ها دارای سیستم خنک‌سازی و منبع تغذیه افزونه (redundant) هستند که قابلیت تعویض در حین کار (hot-swappable) را دارند. این ویژگی به معنی این است که در صورت خرابی، می‌توان این اجزا را بدون خاموش کردن روتر جایگزین کرد.

## 2. کارت‌های سویچ (Switch Fabric Cards):

کارت‌های سویچ قلب شبکه داخلی روتر هستند. این کارت‌ها وظیفه ارتباطات داده‌ها بین ماژول‌های ورودی و خروجی را دارند. در معماری ASR 9000، از کارت‌های سویچ با توان بالا برای مدیریت ترافیک با سرعت چند ترابایت بر ثانیه استفاده می‌شود. این کارت‌ها می‌توانند داده‌ها را بین ماژول‌ها با سرعت بسیار بالا جابجا کنند، به طوری که تأخیر به حداقل برسد.

## 3. ماژول‌های خط (Line Cards):

ماژول‌های خط یا Line Cards مسئول اتصال فیزیکی به شبکه هستند و پورت‌های ورودی و خروجی روتر را فراهم می‌کنند. این کارت‌ها انواع مختلفی از پورت‌ها (مثل G Ethernet ۱۰۰، G ۴۰، G ۱۰) را پشتیبانی می‌کنند. هر کارت خط می‌تواند داده‌های ورودی را پردازش کرده و برای پردازش بیشتر به کارت‌های سویچ بفرستد. برخی از کارت‌های خط قابلیت پشتیبانی از سرویس‌های اضافی مانند QoS (کیفیت سرویس)، MPLS (Multiprotocol Label Switching)، و VPN (شبکه خصوصی مجازی) را دارند.

## 4. کارت‌های پردازنده مسیر (Route Processor Cards):



کارت‌های **RP** یا **Route Processors** پردازنده‌های اصلی هستند که وظیفه تصمیم‌گیری‌های مسیریابی و مدیریت ترافیک شبکه را برعهده دارند. این کارت‌ها الگوریتم‌های مسیریابی را اجرا می‌کنند و پروتکل‌های مختلفی مانند **BGP**, **OSPF**, و **IS-IS** را پردازش می‌کنند. **RP**ها نقش مهمی در مدیریت جدول‌های مسیریابی و حفظ توپولوژی شبکه ایفا می‌کنند.

#### 5. ماژول‌های خدماتی (Service Cards):

این ماژول‌ها خدمات شبکه‌ای پیشرفته مانند فایروال، **VPN**, **MPLS**، و حتی پردازش ترافیک صوت و تصویر را ارائه می‌دهند. روتر **ASR 9000** می‌تواند از این ماژول‌ها برای افزودن ویژگی‌های امنیتی و سرویس‌های اضافی استفاده کند.

#### 6. سیستم عامل **IOS XR**:

روترهای **ASR 9000** از سیستم عامل **IOS XR** استفاده می‌کنند که برای عملکرد مستمر (**High Availability**) و مقیاس‌پذیری بالا طراحی شده است. **IOS XR** به گونه‌ای طراحی شده که بتواند در صورت نیاز، بدون نیاز به خاموش کردن سیستم، به‌روزرسانی شود. این سیستم عامل معماری ماژولار دارد که به معنای تفکیک وظایف بین پردازش‌ها و کاهش احتمال خطاهای سیستمی است.

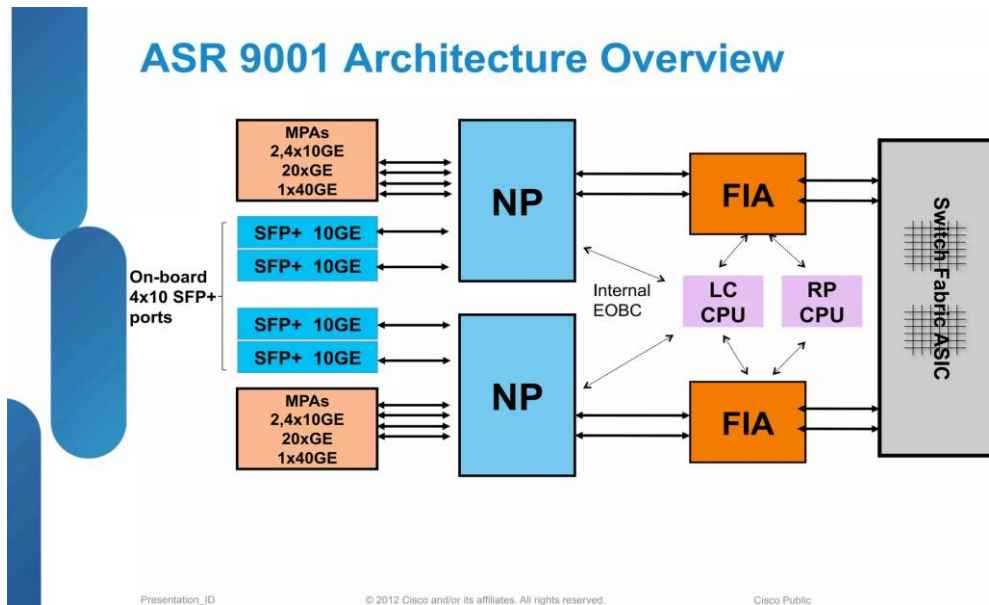
#### 7. منبع تغذیه و سیستم خنک‌کننده:

هر شاسی دارای منابع تغذیه افزونه است که می‌تواند به صورت موازی کار کند تا در صورت خرابی یکی از منابع، سیستم بدون قطعی به کار خود ادامه دهد. سیستم‌های خنک‌کننده نیز به صورت ماژولار طراحی شده‌اند و قابلیت تعویض در حین کار دارند. مدیریت دما برای این روترها اهمیت زیادی دارد، زیرا ترافیک سنگین و ماژول‌های متعدد گرمای زیادی تولید می‌کنند.

#### قابلیت‌های توسعه و مقیاس‌پذیری

- افزودن کارت‌های جدید: می‌توان ماژول‌های خط یا پردازنده‌های جدید به شاسی اضافه کرد تا ظرفیت روتر افزایش یابد. به عنوان مثال، اگر نیاز به پورت‌های بیشتری باشد، می‌توان کارت‌های خط جدید با پورت‌های **G100** یا بیشتر را به شاسی اضافه کرد.
- قابلیت افزونه (**Redundancy**): روتر **ASR 9000** به صورت پیش‌فرض از افزونگی پشتیبانی می‌کند. این شامل افزونگی در کارت‌های **RP**، منابع تغذیه، و حتی لینک‌های شبکه می‌شود.
- پشتیبانی از چندین پروتکل و سرویس: روترهای **ASR 9000** می‌توانند از انواع مختلف پروتکل‌های شبکه پشتیبانی کنند و سرویس‌های اضافی مانند **MPLS**, **VPN**، و **QoS** را ارائه دهند که به آن‌ها اجازه می‌دهد در شبکه‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرند.
- مقیاس‌پذیری نرم‌افزاری: سیستم عامل **IOS XR** به صورت مدولار طراحی شده است، به این معنی که با تغییر نیازهای شبکه، می‌توان ویژگی‌ها و سرویس‌های جدیدی به آن اضافه کرد.

## ASR 9001 Architecture Overview



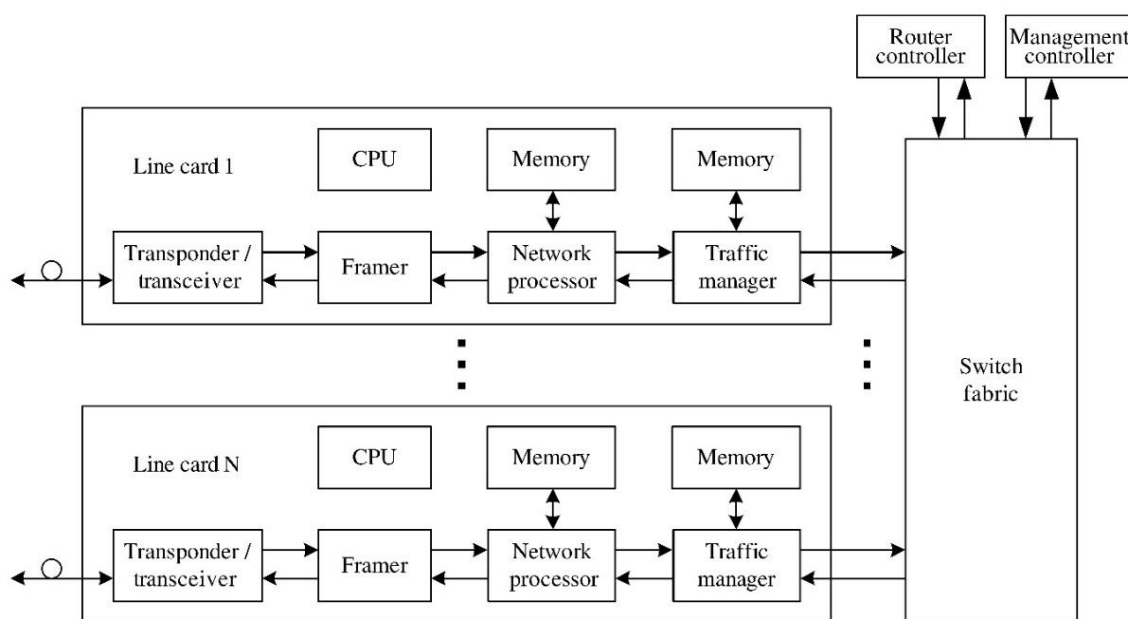
در شکل فوق اجزای معماری روتر Cisco ASR 9001 که یک روتر از دسته بندی فوق است به صورت ماژولار و با بخش های مختلف مشخص شده اند:

۱. **MPA (Modular Port Adapter)**: این بخش شامل چندین پورت ورودی/خروجی با سرعت بالا است. در اینجا، MPAها به پورت های ۱۰ GE و ۴۰ GE اشاره دارند که قابلیت اتصال به شبکه های خارجی را فراهم می کنند. انواع مختلفی از MPAها وجود دارند که می توانند تعداد مختلفی از پورت ها را شامل شوند (مثلاً ۲، ۴، ۲۰ پورت ۱۰ GE و یا یک پورت ۴۰ GE).
۲. **SFP+ (Small Form-factor Pluggable)**: ماژول هایی که برای ارائه پورت های فیبر نوری یا اترنت با سرعت بالا استفاده می شوند. در اینجا، SFP+ 10GE نشان دهنده این است که پورت ها از استاندارد ۱۰ گیگابیت بر ثانیه پشتیبانی می کنند.
۳. **NP (Network Processor)**: پردازنده شبکه که مسئول پردازش ترافیک شبکه و انجام وظایف لایه ۳ و بالاتر است. NPها وظایف پیچیده ای مانند مسیریابی، فیلتراسیون و مدیریت بسته های داده را انجام می دهند.
۴. **FIA (Fabric Interface ASIC)**: این بخش به عنوان رابط بین پردازنده شبکه (NP) و واحدهای پردازش مرکزی (CPU) عمل می کند و نقش مهمی در انتقال داده ها بین این بخش ها دارد. FIAها انتقال داده ها را به سرعت بالا بین بخش های مختلف سخت افزار تضمین می کنند.
۵. **LC CPU (Line Card CPU)**: پردازنده ای که در کارت های خط (Line Card) استفاده می شود و وظیفه مدیریت پردازش داده ها در کارت خط را بر عهده دارد. LC CPU بیشتر به پردازش های محلی مربوط به هر کارت خط اختصاص دارد.
۶. **RP CPU (Route Processor CPU)**: پردازنده ای که مسئولیت پردازش اطلاعات مسیریابی را بر عهده دارد. RP CPU در هسته مسیریابی روتر قرار دارد و وظایف مربوط به محاسبات و تصمیم گیری مسیریابی را مدیریت می کند.
۷. **Switch Fabric ASIC**: این قسمت بخش مهمی از معماری سوئیچینگ روتر است که داده ها را بین کارت های مختلف (مثلاً کارت های خط و پردازشگرهای مختلف) توزیع می کند. ASICها (Application-Specific Integrated Circuits) تراشه هایی هستند که به طور خاص برای سوئیچینگ سریع و مؤثر داده ها طراحی شده اند.

به طور کلی، این اجزا به همراه یکدیگر عملکرد روتر Cisco ASR 9001 را برای ارائه مسیریابی با کارایی بالا و مقیاس پذیری زیاد ممکن می کنند.

## سوال ۵:

در معماری مسیریاب شکل (۱) نقش هریک از بخش‌های (Traffic manager - Network processor - Framer) - CPU - Switch fabric - Line card - Management controller - Router Controller - Transponder/Transceiver را شرح دهید.



شکل ۱- معماری یک مسیریاب نمونه

در معماری مسیریاب (Router) نمونه‌ای که در شکل ارائه شده است، بخش‌های مختلفی شامل Transponder/Transceiver، Framer، Network Processor، Traffic Manager، Line Card، Switch Fabric، Router Controller، و Management Controller وجود دارند که هرکدام نقش کلیدی در پردازش و مدیریت ترافیک شبکه ایفا می‌کنند. یکی از ویژگی‌های اصلی این معماری، مقیاس‌پذیری و قابلیت توسعه آن است. این به معنای توانایی سازگاری با افزایش تقاضا برای ظرفیت و پردازش بیشتر بدون کاهش عملکرد است. در ادامه، بخش‌های مختلف را با توجه به قابلیت توسعه و کاربرد تخصصی‌تر توضیح می‌دهیم:

## CPU

CPU در یک مسیریاب به عنوان هسته اصلی پردازش و تصمیم‌گیری عمل می‌کند و نقشی حیاتی در عملکرد صحیح و بهینه مسیریاب دارد. این واحد پردازشی مسئولیت اجرای وظایف مدیریتی و کنترلی را بر عهده دارد. پروتکل‌های مسیریابی، تصمیم‌گیری‌های مربوط به هدایت بسته‌ها، و مدیریت رخدادهای شبکه از جمله وظایف اصلی این پردازنده هستند. CPU با دریافت اطلاعات از سایر اجزاء مسیریاب، فرآیندهای مورد نیاز برای مدیریت ترافیک و نگهداری مسیرها را انجام می‌دهد.

## Transponder/Transceiver



این واحد مسئول تبدیل و انتقال سیگنال‌های ارتباطی در پایین‌ترین سطح است. این سیگنال‌ها می‌توانند در انواع مختلف (نوری، الکتریکی یا رادیویی) باشند. Transponder/Transceiver قابلیت توسعه دارد و می‌تواند برای پشتیبانی از استانداردهای مختلف ارتباطی مانند اترنت، DWDM یا رادیویی بهینه شود. با افزایش تعداد رابط‌ها، این بخش قابلیت پشتیبانی از ظرفیت‌های بالاتر را داراست و می‌تواند با به‌روزرسانی تجهیزات سخت‌افزاری مقیاس‌پذیر شود.

### Framer

Framer وظیفه بسته‌بندی و استخراج فریم‌های داده را به‌عهده دارد. با قابلیت پشتیبانی از استانداردهای مختلف لایه پیوند داده، این بخش می‌تواند به راحتی با پروتکل‌های جدید و همچنین افزایش تعداد فریم‌ها سازگار شود. Framer با تطبیق‌پذیری بالا می‌تواند در شبکه‌های بزرگتر یا شبکه‌هایی با سرعت بالا به کار گرفته شود.

### Network Processor

پردازشگر شبکه یا Network Processor به عنوان هسته پردازشی برای تحلیل و پردازش بسته‌ها عمل می‌کند. این بخش از هسته‌های چندگانه پردازشی استفاده می‌کند که قابلیت توسعه به چندین خط ارتباطی و پروتکل‌های جدید را دارد. در صورت افزایش حجم ترافیک، Network Processor می‌تواند با استفاده از معماری موازی یا چندپردازشی عملکرد خود را افزایش دهد و الگوریتم‌های پیشرفته‌تری برای مسیریابی هوشمندتر به کار گیرد. این پردازشگرها برای شبکه‌های با سرعت بالا و ارتباطات با پهنای‌بند بالا بهینه شده‌اند و می‌توانند در ساختارهای SDN (شبکه‌های تعریف‌شده با نرم‌افزار) نقش مهمی داشته باشند.

### Traffic Manager

مدیر ترافیک (Traffic Manager) یکی از حیاتی‌ترین اجزا برای کنترل کیفیت سرویس (QoS) و مدیریت ترافیک است. این بخش با استفاده از الگوریتم‌های صف‌بندی پیشرفته و اولویت‌بندی بسته‌ها، تضمین می‌کند که بسته‌های با اهمیت بالاتر سریع‌تر ارسال شوند. Traffic Manager با پشتیبانی از مقیاس‌پذیری بالا می‌تواند در شبکه‌های بزرگ، ترافیک پیچیده‌تری را مدیریت کند و بهینه‌سازی‌های لازم را برای جلوگیری از ازدحام در مسیرهای پرتراffic انجام دهد. همچنین، قابلیت افزایش پهنای‌بند با توجه به نیازهای شبکه فراهم است.

### Line Card

هر Line Card به عنوان یک واحد پردازشی مستقل در معماری مسیریاب عمل می‌کند و وظیفه برقراری ارتباط فیزیکی با شبکه و پردازش ترافیک را به‌عهده دارد. Line Card ها ماژولار و قابل توسعه هستند و می‌توان با افزایش تعداد آن‌ها، ظرفیت مسیریاب را برای پشتیبانی از خطوط ارتباطی بیشتر یا پروتکل‌های مختلف افزایش داد. این انعطاف‌پذیری امکان رشد تدریجی شبکه بدون نیاز به تغییرات بزرگ در کل سیستم را فراهم می‌آورد.

### Switch Fabric

Switch Fabric هسته ارتباطات داخلی مسیریاب است که وظیفه مسیریابی داده‌ها بین Line Card ها را به‌عهده دارد. این بخش با قابلیت توسعه بالا می‌تواند برای پشتیبانی از سرعت‌های بالاتر و حجم بالاتر ترافیک ارتقاء یابد. Switch Fabric معمولاً با استفاده از معماری‌های موازی و ماژولار پیاده‌سازی می‌شود تا از تأخیر کم و ظرفیت بالا در مسیریابی اطمینان حاصل شود.

### Router Controller

کنترلر مسیریاب (Router Controller) نقش مدیریت مرکزی در شبکه را ایفا می‌کند و وظیفه کنترل و پیکربندی کل سیستم را دارد. با قابلیت به‌روزرسانی نرم‌افزاری، Router Controller می‌تواند برای پشتیبانی از پروتکل‌های جدید مسیریابی و سیاست‌های امنیتی پیچیده‌تر توسعه یابد. این بخش قابلیت اتصال به سیستم‌های کنترل مرکزی شبکه (NMS) را دارد تا عملکرد مسیریاب را به‌صورت جامع مدیریت کند.





## Management Controller

این بخش مسئول مدیریت و نظارت بر کل سیستم است و اطلاعاتی درباره وضعیت سیستم، عملکرد شبکه، و رفع خطاها ارائه می‌دهد. با پشتیبانی از پروتکل‌های مدیریتی جدید، Management Controller امکان مانیتورینگ از راه دور و مدیریت خودکار را فراهم می‌کند. این کنترلر با قابلیت اتصال به سیستم‌های مدیریتی ابری، انعطاف‌پذیری بالایی برای شبکه‌های بزرگ و پیچیده دارد.

در کل، این معماری با قابلیت مقیاس‌پذیری بالا و توسعه‌پذیری طراحی شده است. هر کدام از اجزای آن ماژولار بوده و می‌توانند با توجه به نیازهای شبکه بزرگتر یا سرعت بالاتر توسعه یابند، بدون اینکه نیاز به تغییرات اساسی در کل سیستم باشد. این ویژگی‌ها مسیر یاب را قادر می‌سازند تا در شبکه‌های بزرگ سازمانی، شبکه‌های مخابراتی، و دیتاسنترهای پیشرفته با کارایی بالا و انعطاف‌پذیری مناسب به کار گرفته شود.

## سوال ۶:

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

### اهداف

- عملکرد در هدایت بسته‌ها (Packet Forwarding Performance) :  
با رشد شبکه‌ها و بهبود لینک‌های ارتباطی، نیاز به مسیر یاب‌هایی داریم که بتوانند بسته‌های داده را با حداکثر سرعت و حداقل تأخیر به مقصد هدایت کنند. این عملکرد یکی از عوامل کلیدی در کیفیت ارتباطات است.
- مقیاس‌پذیری (Scalability) :  
پس از نصب مسیر یاب‌ها، با گذر زمان نیاز به ظرفیت و تعداد بیشتری از پورت‌ها داریم. مسیر یاب‌ها باید قابلیت مقیاس‌پذیری داشته باشند و معمولاً به صورت چند رک (Multi-Rack) پیاده‌سازی می‌شوند. در این ساختار، کارت‌های خط (Line Cards) و کارت‌های سوئیچ (Switch Cards) را بر حسب نیاز اضافه می‌کنیم.
- تراکم پهنای باند (Bandwidth Density) :  
یکی از اهداف اصلی، توزیع پهنای باند است به گونه‌ای که لینک‌های مختلف با انواع جنس‌ها (مس، فیبر نوری، WiFi) و نرخ ارسال متفاوت پشتیبانی شوند.
- ویژگی‌های تحویل سرویس (Service Delivery Features) :  
مسیر یاب‌ها باید از قابلیت‌هایی مانند تأمین کیفیت سرویس (QoS)، مسیر یابی چند پروتکلی (MPLS) و پشتیبانی از VPN برخوردار باشند تا نیازهای متنوع کاربران را برآورده کنند. این ویژگی‌ها برای تضمین کیفیت جریان‌های ترافیکی حیاتی هستند.
- دسترسی‌پذیری (Availability) :  
شبکه‌های بزرگ نیاز به تجهیزات بدون وقفه دارند، زیرا حتی خرابی کوتاه‌مدت می‌تواند ضررهای مالی یا قطع سرویس‌های حیاتی را به همراه داشته باشد. مسیر یاب باید به صورت مداوم و بدون قطعی کار کند و دسترسی‌پذیری بالا (High Availability) داشته باشد.



Availability را تضمین کند. به همین دلیل، باید روش‌های تحمل خطا (Fault Tolerance) به کار گرفته شود تا زمان خرابی به حداقل برسد.

• امنیت (Security) :

مسیریاب‌ها به دلیل نقش کلیدی خود در شبکه، هدف جذابی برای حملات هستند. اگر این تجهیزات دچار اختلال شوند، حجم زیادی از بسته‌ها از دست خواهد رفت. به همین دلیل، امنیت بالایی برای محافظت از آن‌ها مورد نیاز است.

چالش‌ها

• سرعت حافظه (Memory Speed) :

با افزایش سرعت لینک‌ها به چند گیگابیت بر ثانیه، سرعت دسترسی به حافظه همچنان با این روند هماهنگ نیست. این موضوع ما را به سمت روش‌هایی سوق می‌دهد که تعداد مراجعات به حافظه کاهش یافته و از سخت‌افزارهای ساده‌تر استفاده شود.

• داوری بسته‌ها (Packet Arbitration) :

در سیستم‌های چندپورت ( $n \times n$ )، ممکن است چندین پورت ورودی در یک لحظه بسته‌هایی را به یک پورت خروجی ارسال کنند. در این حالت، باید مکانیزمی برای داوری وجود داشته باشد تا مشخص شود کدام بسته‌ها اولویت ارسال دارند و کدام در بافر ذخیره می‌شوند. این فرآیند نیازمند طراحی الگوریتم‌هایی با پیچیدگی زمانی بهینه است.

• کنترل کیفیت سرویس (QoS Control) :

برای هر پورت خروجی، بافری وجود دارد که بسته‌ها در آن ذخیره می‌شوند. باید مکانیزم‌هایی برای مدیریت بافر و زمان‌بندی بسته‌ها (Packet Scheduling) پیاده‌سازی شود تا کیفیت سرویس تضمین شود. این مکانیزم‌ها چالش‌هایی در زمان‌بندی و اجرای بهینه دارند.

• اتصال نوری (Optical Interconnection) :

در سیستم‌های چند رک (Multi-Rack)، اتصال بین رک‌ها با فیبر نوری انجام می‌شود. این اتصال باید با سرعت بالا و بهره‌وری مناسب صورت گیرد.

• مصرف انرژی (Power Consumption) :

کاهش مصرف انرژی در فرآیندهای ارتباطی و پردازشی یکی از چالش‌های مهم است. برای مثال، حافظه‌های CAM با وجود سرعت بالا، از نظر مصرف انرژی بهینه نیستند.

• انعطاف‌پذیری (Flexibility) :

برای تغییر و پیاده‌سازی ویژگی‌های سرویس به صورت نرم‌افزاری، نیاز به انعطاف‌پذیری داریم. اما این امر ممکن است با سرعت و تعداد مراجعات به حافظه در تضاد باشد، بنابراین باید تعادلی (Trade-off) میان انعطاف‌پذیری و سادگی برقرار شود.

سوال ۷:

الف) نقش Management Agent در یک مسیریاب IP چیست؟

Management Agent بخشی از نرم‌افزار مسیریاب است که برای مدیریت، نظارت و پیکربندی دستگاه طراحی شده است. این عامل از پروتکل‌هایی مانند SNMP (Simple Network Management Protocol) استفاده می‌کند تا امکان تعامل بین مدیر شبکه و مسیریاب فراهم شود. وظایف اصلی



آن شامل نظارت بر عملکرد مسیریاب، جمع آوری اطلاعات درباره وضعیت لینکها و ترافیک، اعمال تغییرات در تنظیمات مانند جدول مسیریابی و QoS، و ارسال هشدارها در صورت بروز مشکلات است. این عامل ارتباط بین مسیریاب و سیستمهای مدیریتی را تسهیل کرده و نقش حیاتی در تضمین عملکرد بهینه و مدیریت موثر شبکه دارد.

#### ب) MIB را تعریف کنید؟

MIB یک پایگاه داده ساختارمند است که اطلاعات مدیریتی دستگاههای شبکه مانند مسیریابها و سوئیچها را ذخیره و سازماندهی می کند. این اطلاعات شامل متغیرها یا اشیائی است که وضعیت و عملکرد دستگاه را نمایش می دهند. هر شیء در MIB دارای شناسه ای منحصر به فرد به نام OID (Object Identifier) است. ساختار درختی MIB امکان دسته بندی و دسترسی آسان به اطلاعات را فراهم می کند. MIB معمولاً با استفاده از پروتکل SNMP قابل دسترسی است و مدیران شبکه می توانند با ارسال درخواستهای SNMP اطلاعات مورد نیاز را بازیابی یا تنظیم کنند.