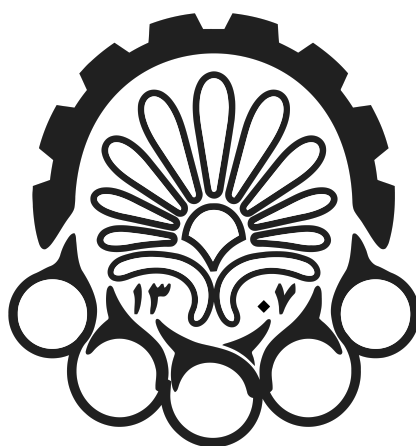


# معماری افزاره‌های شبکه دکتر صبا ئی



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

رضا آدینه پور ۴۰۲۱۳۱۰۵۵

تمرین سری پنجم

۲۳ آذر ۱۴۰۳

## سوال اول

۱. تفاوت اصلی بین سویچینگ و مسیریابی چیست؟ چگونه هرکدام در انتقال اطلاعات از یک نقطه به نقطه دیگر عمل می‌کنند؟

پاسخ

- **سوئیچینگ:** سوئیچینگ فرآیندی است که در سطح لایه ۲ (لایه پیوند داده) انجام می‌شود و هدف آن انتقال داده‌ها بین دستگاه‌های موجود در یک شبکه محلی (LAN) است. سوئیچ‌ها از آدرس‌های MAC برای هدایت داده‌ها استفاده می‌کنند.
- **روش انجام:** سوئیچ، فریم داده را دریافت کرده، آدرس مقصد آن را بررسی می‌کند و داده‌ها را تنها به پورتی ارسال می‌کند که دستگاه مقصد به آن متصل است.
- **مسیریابی:** مسیریابی فرآیندی است که در سطح لایه ۳ (لایه شبکه) انجام می‌شود و هدف آن انتقال داده‌ها بین شبکه‌های مختلف است. روترها از آدرس‌های IP برای هدایت داده‌ها استفاده می‌کنند.
- **روش انجام:** مسیریاب بسته‌ها را بررسی می‌کند، جدول مسیریابی را جستجو می‌کند و بهترین مسیر برای ارسال داده به مقصد را انتخاب می‌کند.
- **تفاوت کلیدی:** سوئیچینگ در سطح شبکه محلی (LAN) عمل می‌کند و از آدرس‌های MAC استفاده می‌کند، در حالی که مسیریابی در سطح شبکه گسترده (WAN) یا بین شبکه‌های مختلف عمل کرده و از آدرس‌های IP استفاده می‌کند.

۲. چه مکانیزم‌هایی برای پشتیبانی از multicast در سویچ‌ها لازم است و چگونه این مکانیزم‌ها به ارسال داده از یک ورودی به چندین خروجی کمک می‌کنند؟

پاسخ

برای پشتیبانی از multicast، سوئیچ‌ها نیاز به مکانیزم‌های زیر دارند:

(آ) جدول عضویت گروه (Group Membership Table):

- سوئیچ باید نگهدارنده جدولی باشد که در آن پورتی که اعضای گروه multicast در آن قرار دارند مشخص شده باشد.
- پروتکل‌هایی مانند IGMP snooping می‌توانند در شناسایی عضویت گروه‌ها کمک کنند.

پاسخ

(ب) پشتیبانی از ارسال انتخابی (Selective Forwarding):

- سوئیچ باید داده‌های multicast را تنها به پورتهای ارسال کند که عضو گروه مقصد در آن قرار دارد، نه به تمام پورتهای.

(ج) پشتیبانی از VLAN:

- اگر گروه‌های multicast در شبکه‌ای مبتنی بر VLAN باشند، سوئیچ باید این ترافیک را به درستی در محدوده VLAN مربوطه ارسال کند.
- این مکانیزم‌ها امکان ارسال داده‌ها از یک ورودی به چندین خروجی را بدون تداخل و با بهینه‌سازی پهنای باند فراهم می‌کنند.

۱. تعریف throughput و speedup در سوییچینگ چیست؟ چگونه speedup می‌تواند باعث افزایش throughput شود؟

پاسخ

- **Throughput:** نرخ موثر انتقال داده از طریق سوئیچ یا شبکه. واحد آن معمولاً بیت در ثانیه است و نشان‌دهنده عملکرد کلی سیستم در ارسال داده‌ها است.

- **Speedup:** نسبت بین نرخ پردازش داخلی سوئیچ به نرخ ارسال داده در پورتهای.

• **فرمول:** 
$$\text{Speedup} = \frac{\text{Switch Internal Rate}}{\text{Port Rate}}$$

افزایش Throughput با Speedup: با افزایش Speedup، سوئیچ می‌تواند داده‌ها را سریع‌تر از نرخ پورتهای پردازش کند و این باعث کاهش تأخیر و جلوگیری از ازدحام در شبکه می‌شود، که به افزایش Throughput منجر می‌گردد.

۲. تفاوت بین blocking و output contention در سوییچ‌های مبتنی بر تقسیم فضایی چیست؟ چگونه هرکدام می‌توانند بر عملکرد سوییچ تأثیر بگذارند؟

پاسخ

- **Blocking:** زمانی رخ می‌دهد که منابع سوئیچ (مانند پهنای باند یا پورتهای) نتوانند به دلیل محدودیت، داده‌ها را از یک ورودی به خروجی موردنظر منتقل کنند.

- **تأثیر:** بسته ممکن است نتواند به مقصد برسد یا تأخیر زیادی را تجربه کند.

- **Output Contention:** زمانی رخ می‌دهد که چندین بسته به طور همزمان قصد ارسال به یک خروجی مشترک را دارند. در این حالت، بسته‌ها باید در صف قرار گیرند یا برخی از آن‌ها دور ریخته شوند.

- **تأثیر:** ایجاد تأخیر در ارسال یا اتلاف داده.

پاسخ

**تفاوت:** Blocking به محدودیت‌های داخلی سوئیچ مرتبط است، در حالی که Output Contention به محدودیت‌های مربوط به تقاضا برای یک خروجی خاص اشاره دارد.

۱. توضیح دهید که تفاوت بین سویچینگ به صورت packet-mode و cell-mode چیست؟ مزایا و معایب هرکدام چیست و چگونه به طراحی سویچ‌های IP کمک می‌کنند؟

پاسخ

### (آ) Packet-Mode Switching:

- بسته‌ها به صورت کامل در سوئیچ پردازش می‌شوند. اندازه بسته‌ها می‌تواند متغیر باشد.
- مزایا: انعطاف‌پذیری بالا، بهینه برای پروتکل‌های موجود.
- معایب: ممکن است منجر به تأخیر و ایجاد مشکل در کنترل جریان شود.

### (ب) Cell-Mode Switching:

- بسته‌ها به قطعات کوچک‌تر (سلول‌ها) با اندازه ثابت تقسیم شده و سپس پردازش می‌شوند.
  - مزایا: پیش‌بینی‌پذیری در زمان انتقال و کاهش تأخیر.
  - معایب: افزایش overhead به دلیل قطعه‌بندی.
- در Packet-Mode، سوئیچ‌ها انعطاف‌پذیری بیشتری در پردازش بسته‌ها دارند، اما Cell-Mode برای محیط‌هایی با نیاز به زمان انتقال ثابت مناسب‌تر است (مانند ATM).

## سوال دوم

- در یک سویچ با Speedup برابر با ۳ و سرعت خط ورودی ۴۰ گیگابیت بر ثانیه:  
۱. حداقل سرعت باس داخلی برای پشتیبانی از ۱۶ پورت چقدر باید باشد؟

پاسخ

برای محاسبه حداقل سرعت باس داخلی، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{Internal Bus Speed} = \text{Speedup} \times \text{Aggregate Input Rate}$$

که در آن، Aggregate Input Rate به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Aggregate Input Rate} = \text{Number of Ports} \times \text{Line Rate}$$

با جایگذاری مقادیر:

$$\text{Aggregate Input Rate} = 16 \times 40 \text{ Gbps} = 640 \text{ Gbps}$$

$$\text{Internal Bus Speed} = 3 \times 640 \text{ Gbps} = 1920 \text{ Gbps}$$

بنابراین، حداقل سرعت باس داخلی باید برابر با:

$$1920 \text{ Gbps (1.92 Tbps)}$$

باشد.

۲. اگر هر پورت دارای ۱ مگابایت بافر باشد، حداکثر تأخیر بافرینگ چقدر خواهد بود؟

پاسخ

حداکثر تأخیر بافرینگ را می‌توان با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$\text{Maximum Buffering Delay} = \frac{\text{Buffer Size}}{\text{Line Rate}}$$

با توجه به اینکه:

$$\text{Buffer Size} = 1 \text{ MB} = 8 \times 10^6 \text{ bits}$$

و

$$\text{Line Rate} = 40 \text{ Gbps} = 40 \times 10^9 \text{ bits/second}$$

تأخیر بافرینگ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Maximum Buffering Delay} = \frac{8 \times 10^6}{40 \times 10^9}$$

$$\text{Maximum Buffering Delay} = 0.2 \text{ ms}$$

بنابراین، حداکثر تأخیر بافرینگ برابر با:

$$0.2 \text{ ms}$$

است.

## سوال سوم

در یک Time-Division Switch با سرعت خط برابر است با ۳۰ گیگابیت بر ثانیه:

۱. اگر زمان دسترسی حافظه برابر باشد با ۳ نانوثانیه، برای پشتیبانی از ۲۴ پورت، حداکثر اندازه سلول مجاز چقدر است؟

پاسخ

برای محاسبه حداکثر اندازه سلول، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{Cell Size} \leq \frac{\text{Time Slot Duration}}{\text{Number of Memory Accesses Per Slot}}$$

که در آن:

$$\text{Time Slot Duration} = \frac{1}{\text{Line Rate}}$$

محاسبات:

$$\text{Time Slot Duration} = \frac{1}{30 \times 10^9} = 33.33 \text{ ns}$$

تعداد دسترسی‌های حافظه در هر اسلات زمانی برابر با تعداد پورت‌ها است:

$$\text{Number of Memory Accesses Per Slot} = 24$$

زمان در دسترس برای هر دسترسی حافظه:

$$\begin{aligned} \text{Available Memory Access Time Per Port} &= \frac{\text{Time Slot Duration}}{\text{Number of Memory Accesses Per Slot}} \\ &= \frac{33.33}{24} = 1.39 \text{ ns} \end{aligned}$$

برای پشتیبانی از ۲۴ پورت با زمان دسترسی حافظه ۳ ns، حداکثر اندازه سلول به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Cell Size} = \frac{\text{Time Slot Duration}}{\text{Number of Memory Accesses Per Slot}} \times \text{Line Rate}$$

جایگذاری مقادیر:

$$\text{Cell Size} = \frac{33.33}{24} \times 30 \times 10^9 \text{ bits}$$

محاسبه:

$$\text{Cell Size} = \frac{33.33 \times 30}{24} = 41.66 \text{ bits}$$

بنابراین، حداکثر اندازه سلول مجاز برابر است با:

$$\boxed{41.66 \text{ bits}}$$

۲. اگر بخواهیم اندازه سلول را ۵۰ درصد افزایش دهیم، چقدر باید زمان دسترسی حافظه را کاهش دهیم؟

پاسخ

اگر اندازه سلول 50% افزایش یابد، اندازه جدید سلول به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{New Cell Size} = 1.5 \times 41.66 = 62.49 \text{ bits}$$

زمان دسترسی حافظه باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$\text{New Memory Access Time} = \frac{\text{Time Slot Duration}}{\text{New Cell Size} \times \text{Number of Memory Accesses Per Slot}}$$

جایگذاری مقادیر:

$$\text{New Memory Access Time} = \frac{33.33}{62.49 \times 24} \text{ ns}$$

محاسبه:

$$\text{New Memory Access Time} = \frac{33.33}{1499.76} \text{ ns} \approx 0.0222 \text{ ns}$$

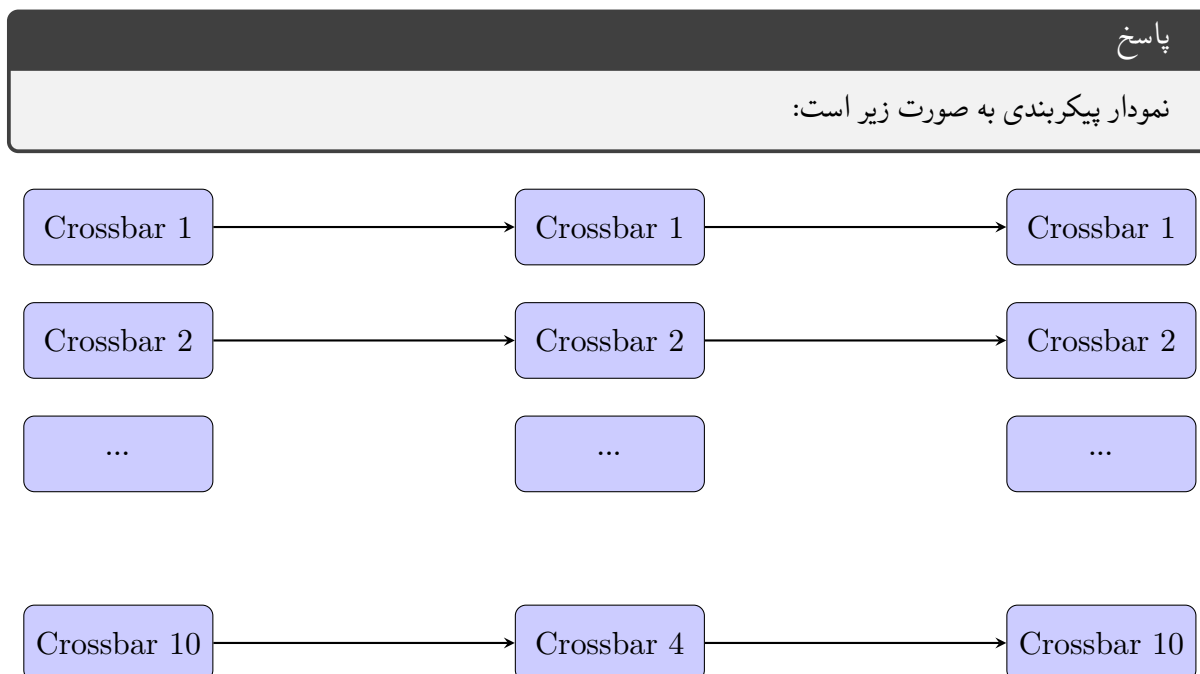
بنابراین، برای افزایش اندازه سلول به 50%، زمان دسترسی حافظه باید به:

$$\boxed{0.0222 \text{ ns}}$$

کاهش یابد.

## سوال چهارم

- ما به یک سویچ فضایی سه مرحله‌ای با  $N = 100$  نیاز داریم، در مرحله اول و سوم از ۱۰ crossbar و در مرحله میانی از ۴ crossbar استفاده می‌کنیم.
۱. نمودار پیکربندی را ترسیم کنید.



۲. تعداد کل crosspoints را محاسبه کنید.

پاسخ

$$\begin{aligned} \text{Crosspoints in Stage 1} &= 10 \times (10 \times 4) = 400 \\ \text{Crosspoints in Stage 2} &= 4 \times (10 \times 10) = 400 \\ \text{Crosspoints in Stage 3} &= 10 \times (4 \times 10) = 400 \\ \text{تعداد کل crosspoints برابر است با:} \\ \text{Total Crosspoints} &= 400 + 400 + 400 = 1200 \end{aligned}$$

۳. تعداد اتصالات همزمان ممکن را بیابید.

پاسخ

تعداد اتصالات همزمان ممکن توسط محدودکننده‌ترین مرحله مشخص می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Maximum Simultaneous Connections} &= \\ \text{Number of Crossbars in Stage 2} \times \text{Columns in Each Crossbar in Stage 2} \\ \text{Maximum Simultaneous Connections} &= 4 \times 10 = 40 \end{aligned}$$



۴. تعداد اتصالات همزمان ممکن را در صورتی که از یک crossbar واحد  $100 \times 100$  استفاده کنیم، بیابید.

پاسخ

تعداد اتصالات همزمان ممکن در یک crossbar واحد برابر با تعداد ورودی‌ها (یا خروجی‌ها) است:

$$\text{Maximum Simultaneous Connections in Single Crossbar} = \min(100, 100) = 100$$

۵. ضریب blocking، یعنی نسبت تعداد اتصالات در قسمت (۳) به قسمت (۴) را بیابید.

پاسخ

ضریب blocking به صورت نسبت تعداد اتصالات ممکن در سوئیچ سه‌مرحله‌ای به تعداد اتصالات ممکن در یک crossbar واحد محاسبه می‌شود:

$$\text{Blocking Ratio} = \frac{\text{Simultaneous Connections in Three-Stage Switch}}{\text{Simultaneous Connections in Single Crossbar}}$$

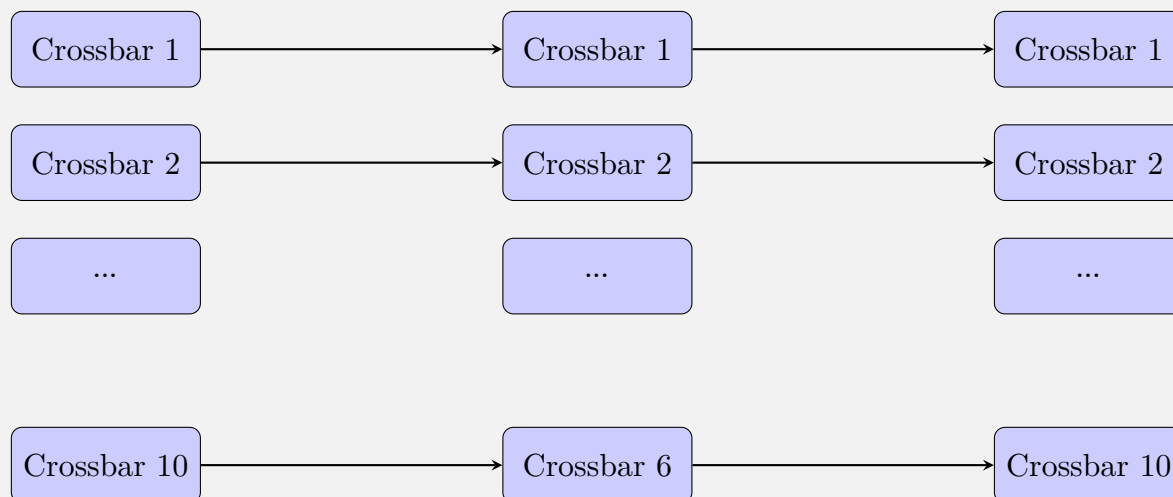
$$\text{Blocking Ratio} = \frac{40}{100} = 0.4$$

## سوال پنجم

مسئله ۴ را در صورتی که از ۶ crossbar در مرحله میانی استفاده شود، تکرار کنید.

پاسخ

نمودار پیکربندی به صورت زیر است:



۱. تعداد کل crosspoints:

محاسبات تعداد crosspoints در هر مرحله:

$$\text{Crosspoints in Stage 1} = 10 \times (10 \times 4) = 400$$

$$\text{Crosspoints in Stage 2} = 6 \times (10 \times 10) = 600$$

$$\text{Crosspoints in Stage 3} = 10 \times (4 \times 10) = 400$$

تعداد کل crosspoints برابر است با:

$$\text{Total Crosspoints} = 400 + 600 + 400 = 1400$$

۲. تعداد اتصالات همزمان ممکن:

تعداد اتصالات همزمان ممکن توسط مرحله میانی محدود می‌شود:

$$\text{Maximum Simultaneous Connections} = 6 \times 10 = 60$$

۳. تعداد اتصالات همزمان ممکن در یک crossbar واحد  $100 \times 100$ :

تعداد اتصالات همزمان ممکن در یک crossbar واحد  $100 \times 100$  برابر با تعداد ورودی‌ها (یا خروجی‌ها، هرکدام که کمتر است) است:

$$\text{Maximum Simultaneous Connections in Single Crossbar} = \min(100, 100) = 100$$

پاسخ

۴. ضریب blocking:

ضریب blocking به صورت نسبت تعداد اتصالات ممکن در سوئیچ سه مرحله‌ای به تعداد اتصالات ممکن در یک crossbar واحد محاسبه می‌شود:

$$\text{Blocking Ratio} = \frac{\text{Simultaneous Connections in Three-Stage Switch}}{\text{Simultaneous Connections in Single Crossbar}}$$

$$\text{Blocking Ratio} = \frac{60}{100} = 0.6$$

## سوال ششم

پیکربندی مسئله ۴ را با استفاده از معیارهای Clos تکرار کنید.

پاسخ

۱. طراحی پیکربندی:

با توجه به معیارهای Clos:

$$n \geq \max(m, \lceil \frac{N}{m} \rceil)$$

که در اینجا:

- $N = 100$ : تعداد کل ورودی‌ها/خروجی‌ها.
- $m = 10$ : تعداد خطوط ورودی به هر crossbar در مرحله اول.
- $\lceil \frac{N}{m} \rceil = \lceil \frac{100}{10} \rceil = 10$ .

بنابراین:

$$n = 10$$

تعداد crossbarها در هر مرحله:

- مرحله اول: تعداد  $k_1 = \frac{N}{m} = \frac{100}{10} = 10$
- مرحله میانی: تعداد  $k_2 = n = 10$
- مرحله سوم: تعداد  $k_3 = \frac{N}{m} = \frac{100}{10} = 10$

۲. تعداد کل crosspoints:

تعداد crosspoints در هر مرحله به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Crosspoints in Stage 1} = k_1 \times (m \times n) = 10 \times (10 \times 10) = 1000$$

$$\text{Crosspoints in Stage 2} = k_2 \times (n \times n) = 10 \times (10 \times 10) = 1000$$

$$\text{Crosspoints in Stage 3} = k_3 \times (n \times m) = 10 \times (10 \times 10) = 1000$$

تعداد کل crosspoints برابر است با:

$$\text{Total Crosspoints} = 1000 + 1000 + 1000 = 3000$$

۳. تعداد اتصالات همزمان ممکن:

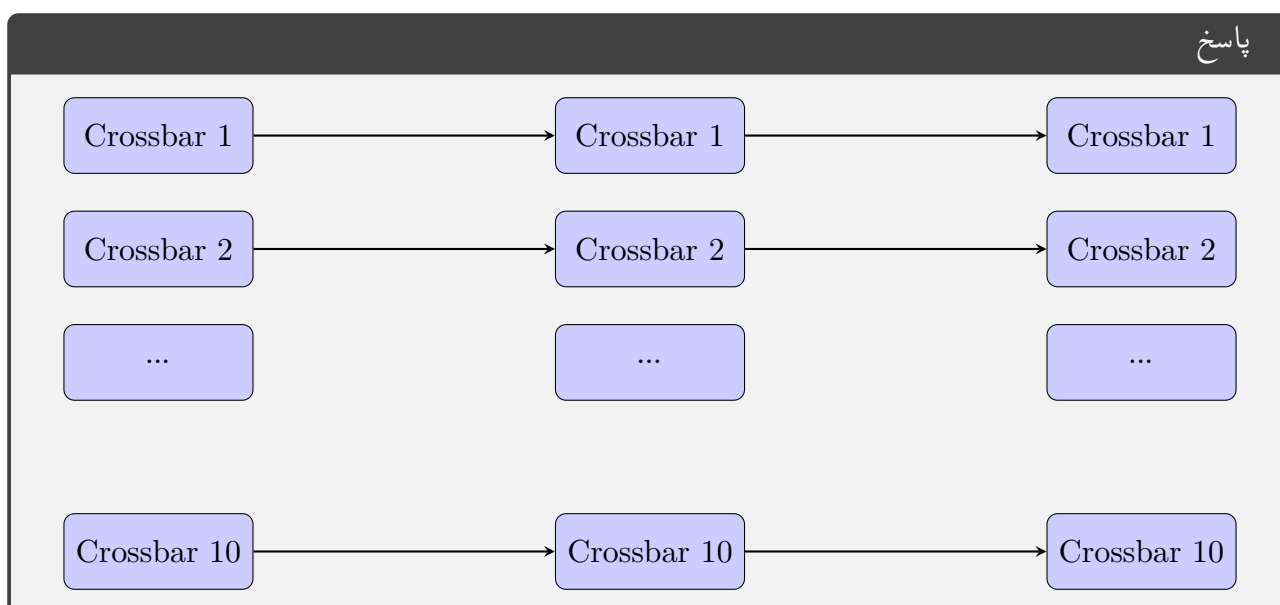
در پیکربندی Clos بدون blocking، تعداد اتصالات همزمان ممکن برابر با تعداد کل ورودی‌ها است:

$$\text{Maximum Simultaneous Connections} = N = 100$$

۴. نمودار پیکربندی:

نمودار سه مرحله‌ای مطابق معیار Clos به صورت زیر است:

پاسخ



## سوال هفتم

در یک Parallel Packet Switch با  $k = 3$  صفحه موازی و سرعت خط ورودی ۱۰۰ گیگابیت بر ثانیه:

۱. سرعت خط مورد نیاز در هر صفحه را محاسبه کنید.

پاسخ

سرعت خط مورد نیاز در هر صفحه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Speed per plane} = \frac{\text{Input Line Rate}}{k}$$

با توجه به اینکه:

$$\text{Input Line Rate} = 100 \text{ Gbps}, \quad k = 3$$

داریم:

$$\text{Speed per plane} = \frac{100}{3} \text{ Gbps} = 33.33 \text{ Gbps}$$

بنابراین، سرعت خط مورد نیاز در هر صفحه برابر است با:

$$33.33 \text{ Gbps}$$

۲. اگر بسته‌ها ۱۵۰۰ بایتی باشند، فاصله زمانی بین بسته‌های متوالی در هر صفحه چقدر است؟

پاسخ

فاصله زمانی بین بسته‌های متوالی ( $\Delta T$ ) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta T = \frac{\text{Packet Size}}{\text{Speed per plane}}$$

با توجه به اینکه:

• اندازه بسته‌ها:

$$\text{Packet Size} = 1500 \text{ Bytes} = 1500 \times 8 = 12000 \text{ bits}$$

• سرعت خط در هر صفحه:

$$\text{Speed per plane} = 33.33 \text{ Gbps} = 33.33 \times 10^9 \text{ bits/sec}$$

محاسبه:

$$\Delta T = \frac{12000}{33.33 \times 10^9} \text{ seconds}$$

$$\Delta T = 0.36 \mu\text{s}$$

بنابراین، فاصله زمانی بین بسته‌های متوالی برابر است با:

$$0.36 \mu\text{s}$$