بسم الله الرّحمن الرّحیم

# Multiplexing and Demultiplexing

تسهیم و رفع تسهیم

# واژگان (Terminology)

**تسهیم یا Multiplexing:**

به ترکیب جریان‌های اطلاعاتی از مبادی مختلف به منظور انتقال از طریق یک رسانه‌ی مشترک تسهیم گویند.

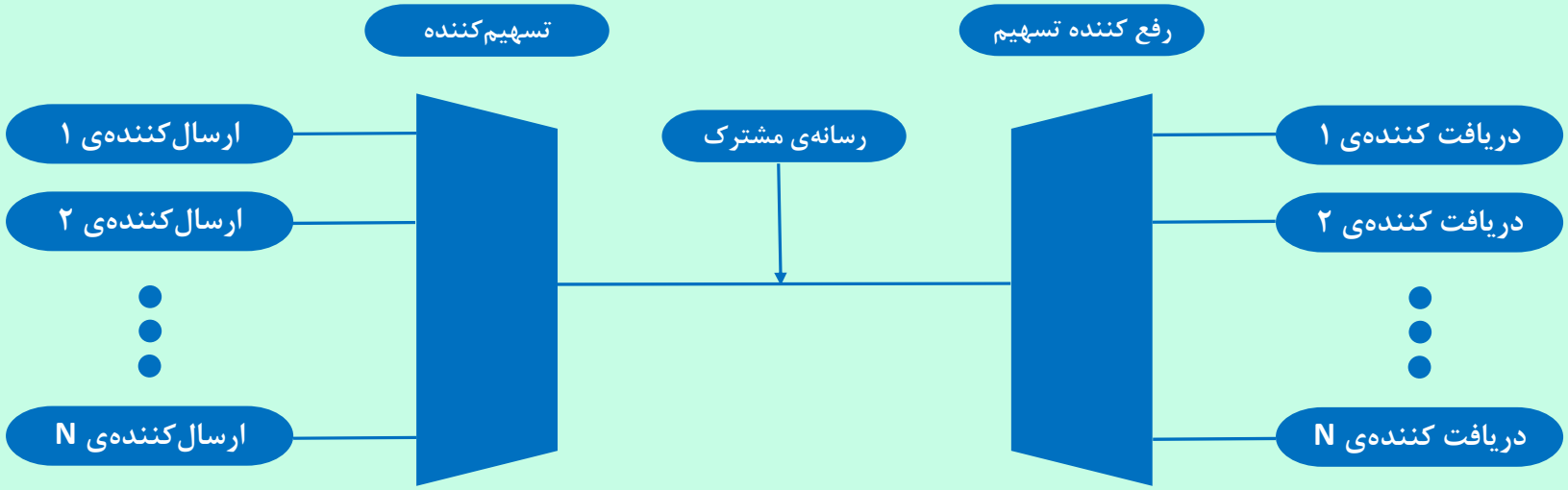
**تسهیم کننده یا Multiplexor:**

به مکانیزمی اطلاق می‌شود که عمل ترکیب را پیاده‌سازی می‌کند.

**رفع کننده‌ی تسهیم یا Demultiplexor:**

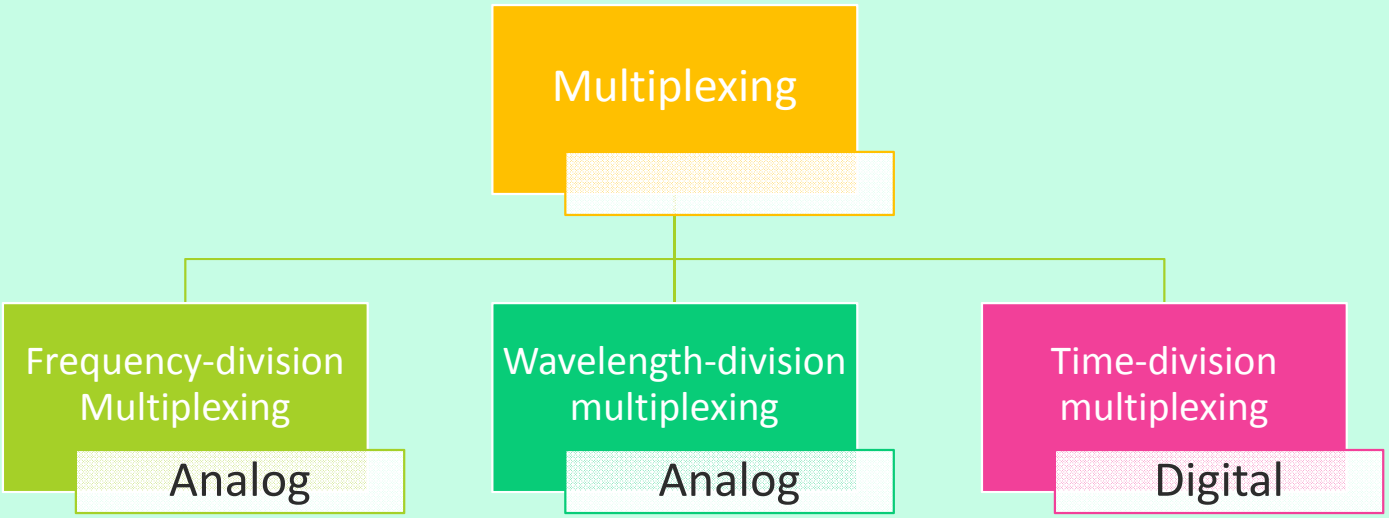
به مکانیزمی اطلاق می‌شود که ترکیب ایجاد شده توسط تسهیم کننده را به جریان‌های اطلاعاتی جداگانه تبدیل می‌کند.

# نمایی از مفهوم تسهیم




**جفت‌های مستقلی از ارسال‌کننده‌ها و دریافت کننده‌ها، یک رسانه‌ی انتقال را به اشتراک می‌گذارند.**

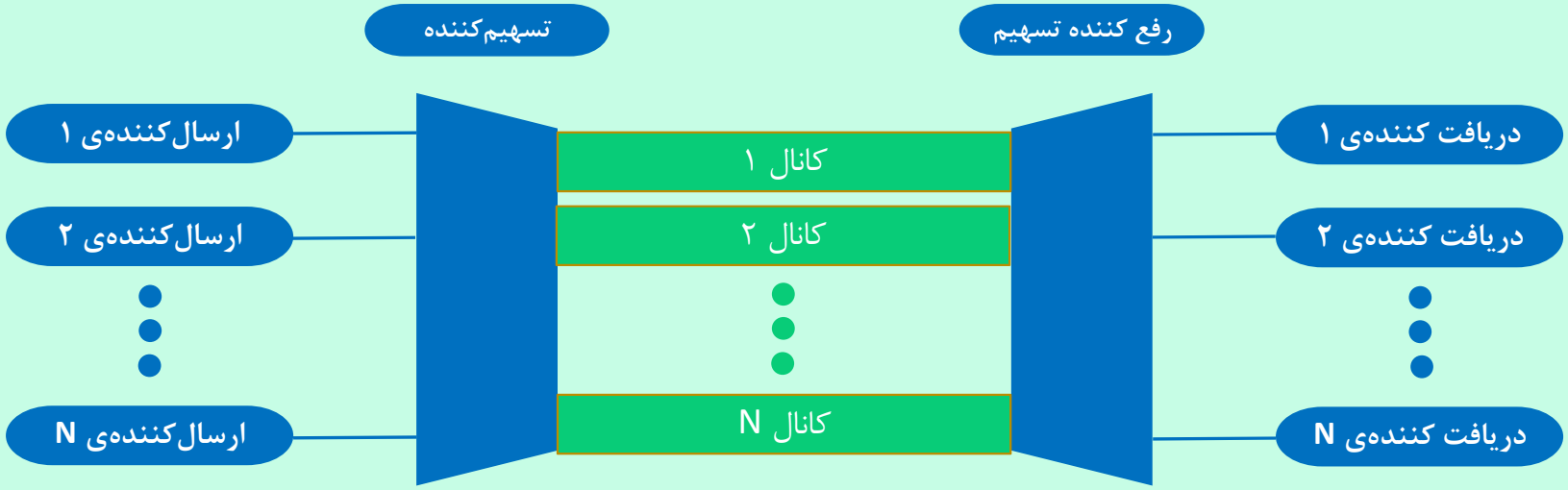
# انواع اصلی تسهیم



# تسهیم تقسیم فرکانس (Frequency Division Multiplexing)

- اساس پخش رادیویی است.
- مجموعه‌ای از ایستگاه‌های رادیویی می‌توانند سیگنال‌های الکترومغناطیسی را به طور همزمان و بدون تداخل منتقل نمایند.
- در FDM چنین تصور می‌شود که برای هر جفت ارسال‌کننده-دریافت‌کننده یک مسیر انتقال خصوصی فراهم شده است.

# نمای مفهومی از تسهیم فرکانسی (FDM)



# تسهیم تقسیم فرکانس (Frequency Division Multiplexing)

مشکل‌ها:

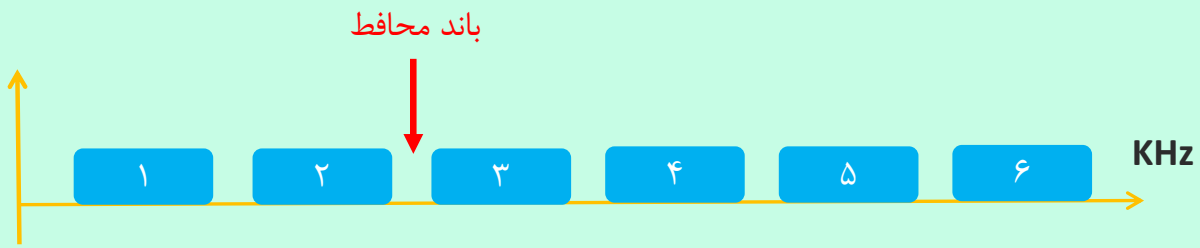
۱- در صورتی‌که فرکانس‌های دو کانال به میزان دلخواه به هم نزدیک باشند، امکان بروز **تداخل** وجود دارد.

۲- سخت‌افزار جداکننده‌ای که یک سیگنال ترکیبی را دریافت می‌کند، بایستی قادر باشد سیگنال را به دو حامل جداگانه تقسیم کند.

برای غلبه بر مشکل‌های بالا بایستی ایستگاه‌ها را طوری تنظیم کرد که مابین فرکانس‌های حامل فضاگذاری مناسب ایجاد شود. طراحان از همین رویکرد برای سیستم‌های ارتباطات داده پیروی می‌کنند، به این ترتیب که مجموعه‌ای از فرکانس‌های حامل را با فاصله‌ای در میان آنها که به **نام باند** محافظ (Guard Band) شناخته می‌شود، انتخاب می‌کنند.

# مثال از تخصیص فرکانس در FDM

در شکل زیر ۲۰۰ KHz برای هر یک از ۶ کانال، با یک باند محافظ ۲۰ KHz مابین هر کدام تخصیص داده شده است.




| کانال | فرکانس‌های مورد استفاده |
|---|---|
| ۱ | ۱۰۰ KHz – ۳۰۰ KHz |
| ۲ | ۳۲۰ KHz – ۵۲۰ KHz |
| ۳ | ۵۴۰ KHz – ۷۴۰ KHz |
| ۴ | ۷۶۰ KHz – ۹۶۰ KHz |
| ۵ | ۹۸۰ KHz – ۱۱۸۰ KHz |
| ۶ | ۱۲۰۰ KHz – ۱۴۰۰ KHz |

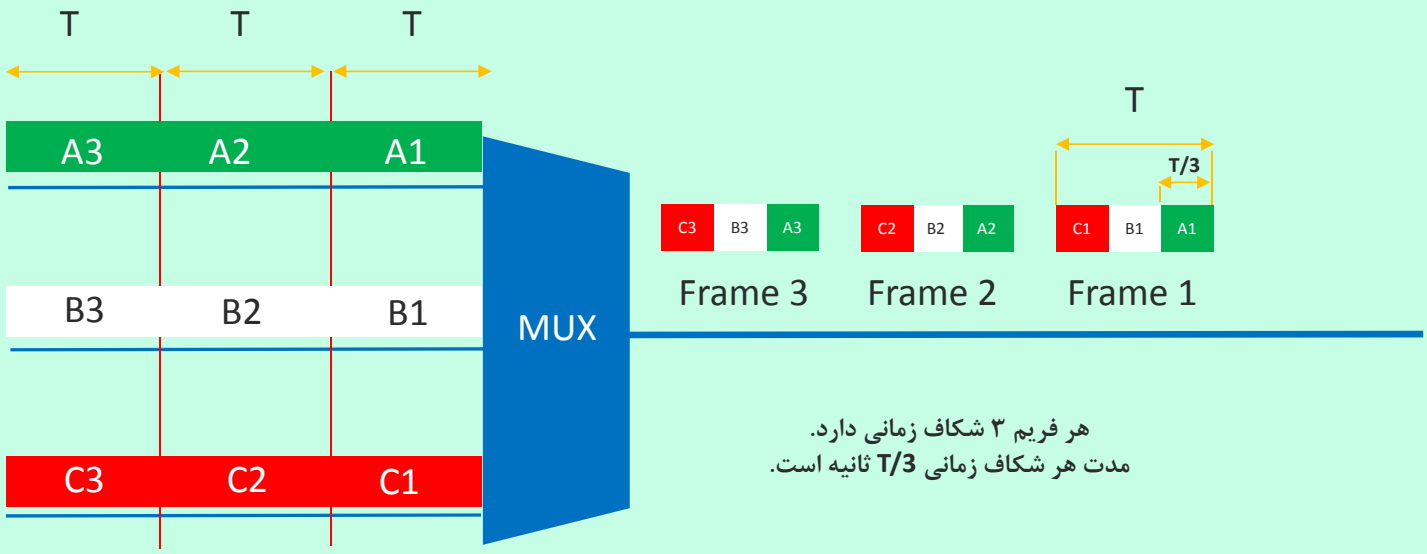
# تسهیم زمانی (TDM)

- TDM بهتر از FDM است.
- پیچیدگی TDM نسبت به FDM کمتر است.
- تسهیم در زمان یعنی انتقال یک قلم اطلاعاتی از یک مبدأ، پس از آن، انتقال یک قلم اطلاعاتی از یک مبدأ دیگر و به همین ترتیب تا آخر است. TDM کاربرد زیادی در **اینترنت** دارد.
- دو نوع TDM وجود دارد: **TDM همگام (Synchronous TDM)** و **TDM آماری (Statistical TDM)**

# تسهیم زمانی همگام (Synchronous TDM)

- در تسهیم زمانی همگام هر اتصال ورودی، یک سهم در خروجی دارد حتی اگر داده‌ای ارسال نکند.
- جریان داده هر اتصال ورودی به واحدهایی تقسیم می‌شود، هر ورودی یک شکاف زمانی (Time Slot) ورودی را اشغال می‌کند. یک واحد ممکن است یک بیت، یک کاراکتر یا یک بلوک از داده باشد. هر واحد ورودی تبدیل به یک واحد خروجی می‌شود و یک شکاف زمانی خروجی را اشغال می‌کند. امّا مدت شکاف زمانی خروجی n بار کوچکتر از مدت شکاف زمانی ورودی است. اگر شکاف زمانی ورودی T ثانیه باشد آنگاه شکاف زمانی خروجی T/n ثانیه می‌باشد که n تعداد اتصال‌ها می‌باشد. به بیان دیگر، یک واحد در اتصال خروجی مدت کوتاهتری دارد بنابراین سریعتر حرکت می‌کند.
- در تسهیم زمانی همگام، یک دور از واحدهای داده از هر اتصال ورودی در داخل یک فریم (Frame) جمع می‌شوند. اگر n اتصال داشته باشیم، یک فریم به n شکاف زمانی تقسیم می‌شود و یک شکاف برای هر واحد تخصیص داده می‌شود. اگر مدت زمان واحد ورودی T ثانیه باشد، مدت هر شکاف زمانی T/n ثانیه و مدت هر فریم T ثانیه است.

# نمای مفهومی از تسهیم زمانی همگام (TDM)




هر فریم ۳ شکاف زمانی دارد.
مدت هر شکاف زمانی **T/3** ثانیه است.

داده‌ها از هر خط هر **T** ثانیه یک‌بار گرفته می‌شود

# مشکلات تسهیم زمانی همگام (Synchronous TDM)

مشکل تسهیم زمانی همگام این است که اگر اتصالی داده‌ای برای ارسال نداشته باشد آنگاه آن شکاف زمانی هدر می‌رود و یا اگر اتصالی داده‌ی زیادی برای ارسال داشته باشد باید تا زمانی‌که نوبت شکاف زمانی‌اش می‌رسد، صبر کند. این مشکلات باعث می‌شود که تسهیم زمانی همگام از پهنای باند رسانه‌ی فیزیکی مشترک به خوبی استفاده نکند و پهنای باند هدر برود. به همین منظور از نوع دیگری از تسهیم به نام تسهیم آماری استفاده می‌شود.

# تسهیم زمانی آماری (Statistical TDM)

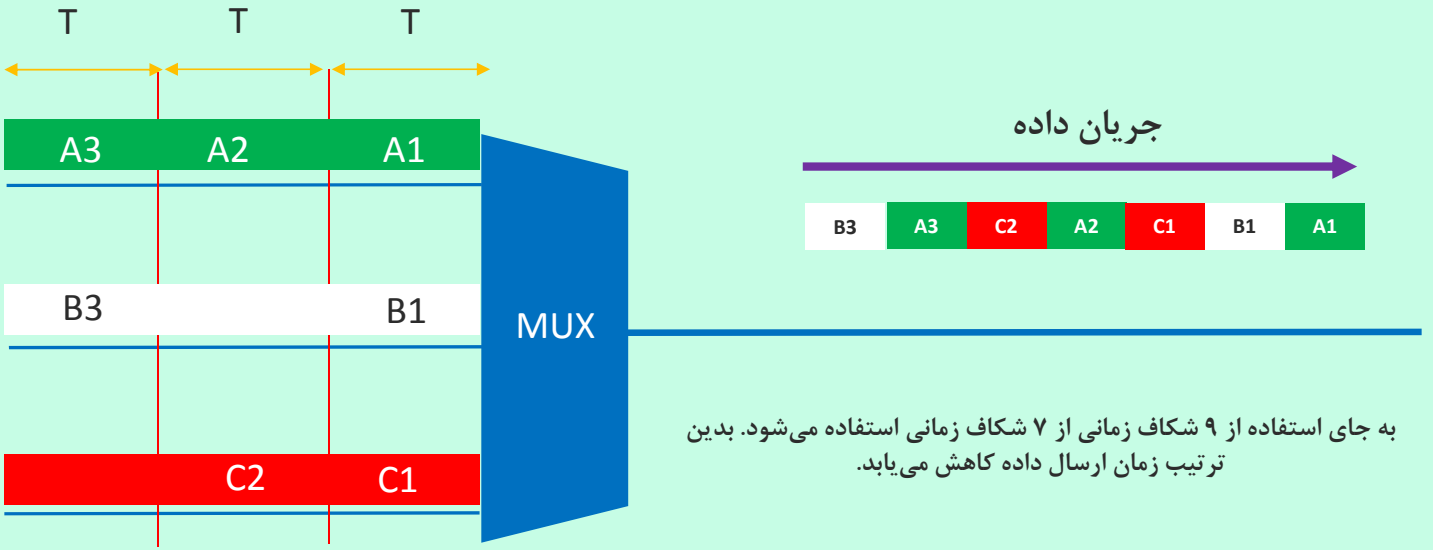
با توجه به مشکل تسهیم زمانی همگام سوالی که مطرح می‌شود این است:

**چگونه یک سیستم تسهیم‌کننده می‌تواند استفاده‌ی بهتری از رسانه‌ی فیزیکی مشترک داشته باشد؟**

یک شیوه برای افزایش کلی نرخ داده، با عنوان تسهیم تقسیم زمانی آماری یا تسهیم آماری شناخته می‌شود. با این که اسم آن عجیب است ولی شیوه‌اش آسان و قابل فهم است:

اقلام اطلاعاتی را طبق یک ترتیب چرخشی برای انتقال انتخاب کنید امّا به جای آنکه برای اتصالاتی که در حال حاضر داده‌ای برای ارسال ندارند، فاصله‌ی خالی در نظر بگیریم از آنها رد می‌شویم. با حذف فاصله‌های استفاده نشده، TDM آماری زمان کمتری برای ارسال همان مقدار داده صرف می‌کند.

# نمای مفهومی از تسهیم زمانی آماری (Statistical TDM)




به جای استفاده از ۹ شکاف زمانی از ۷ شکاف زمانی استفاده می‌شود. بدین ترتیب زمان ارسال داده کاهش می‌یابد.

# مراجع

شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت‌ها، ویرایش پنجم، ترجمه‌ی حسین پدرام و فرحناز پورفرد، انتشارات نوپردازان، ۱۳۹۱.