



# فصل سوم: دسترسی پنرگانه

ابوالفضل دیانت

آخرین ویرایش: ۳ دی ۱۴۰۲ در ساعت ۹ و ۳۲ دقیقه - نسخه ۱.۲.۱

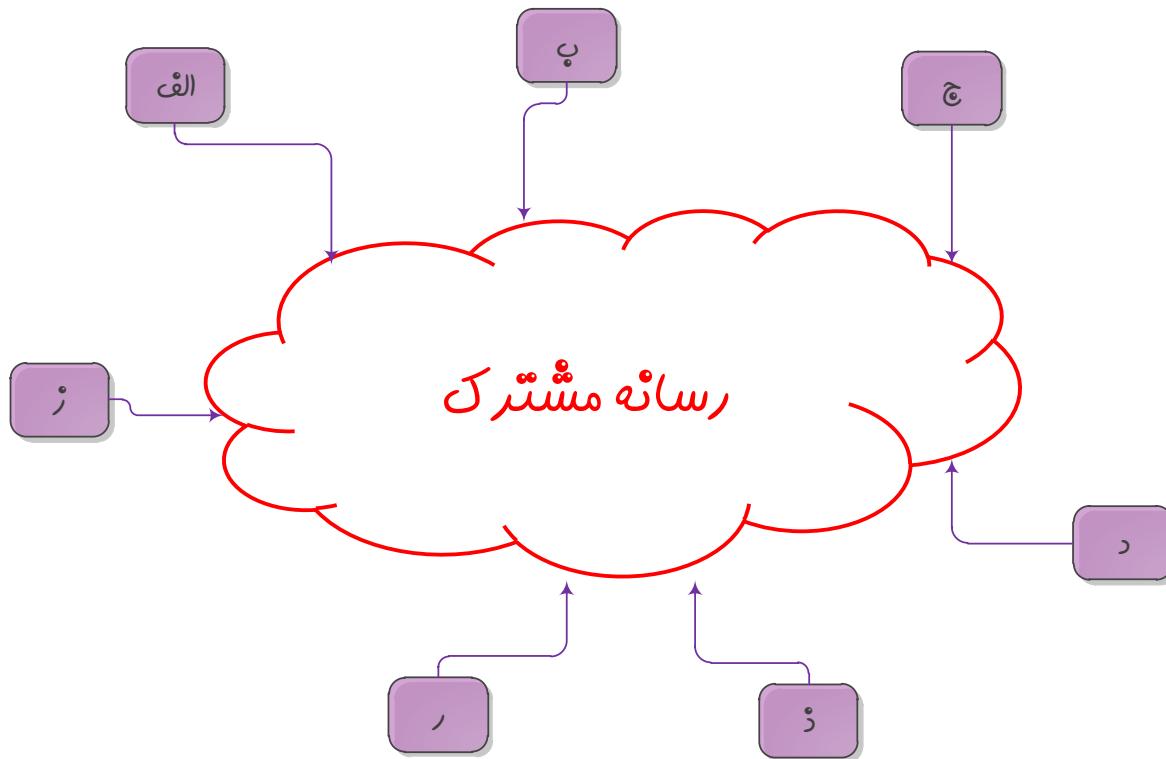
# فهرست مطالب

۱	دو چالش
۱۳	دسته‌بندی سازوکارهای دسترسی چندگانه
۲۵	روش دسترسی چندگانه FDMA
۳۷	روش دسترسی چندگانه TDMA
۴۴	روش دسترسی چندگانه CDMA
۵۰	روش دسترسی چندگانه SDMA
۶۹	روش دسترسی چندگانه OFDMA

۷۶	روش‌های دسترسی تصادفی
۸۰	مراجع
۸۱	فهرست اختصارات
۸۷	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۹۳	واژه نامه فارسی به انگلیسی

گپالش

# مفاهیم اولیه



- تعدادی کاربر، قصد تبادل اطلاعات به صورت همزمان، بر روی یک رسانه (Medium) مشترک را دارند.
- تصادم (Collision) بین سیگنال‌های کاربران، موجب از بین رفتن تمامی داده‌های آنان خواهد شد.

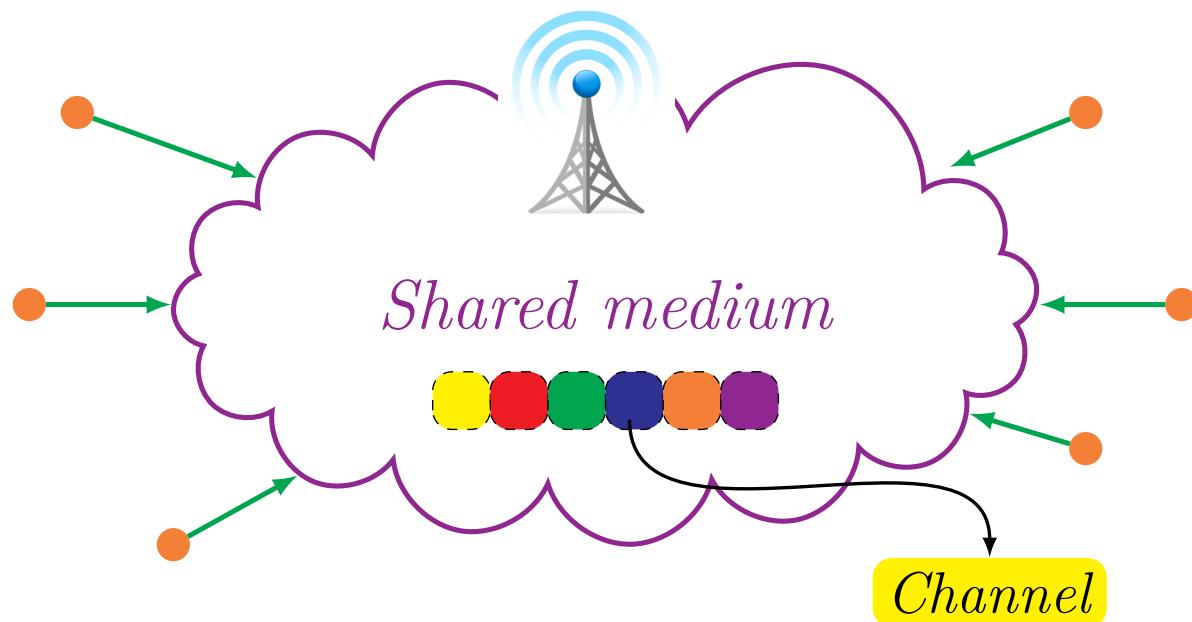
## تعریف ۱

برای کاستن از میزان تصادم (Collision)، می‌بایست سازوکاری برای مدیریت به اشتراک‌گذاری رسانه‌های مشترک وجود داشته باشد. اصطلاحاً به این سازوکارها کنترل دسترسی چندگانه (Multiple Access) و یا دسترسی به رسانه (Medium Access) گفته می‌شود.

### ۱) اهداف و اصول طراحی یک سازوکار کنترل دسترسی چندگانه

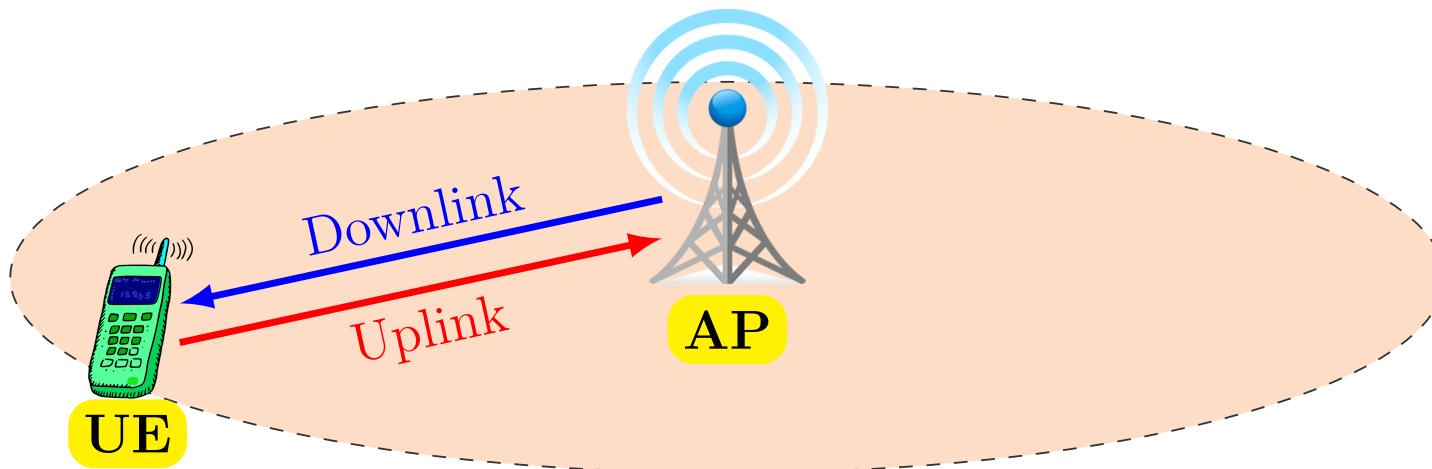
- رعایت عدالت (Fairness)، تضمین کیفیت خدمات،
- بالابردن کارایی (Performance).

# مفهوم کانال



- ﴿ رسانه مشترک را می‌توان به صورت فیزیکی و یا منطقی (Logical) به اجزای کوچکتری تقسیم‌بندی نمود،  
که به هر جزء اصطلاحاً کانال (Channel) گفته می‌شود. ﴾
- ﴿ کانال‌ها در حقیقت منبع (Resource) شبکه محسوب می‌شود، که شبکه می‌بایست آن‌ها را بین کاربران به صورت یهینه تخصیص دهد. ﴾

## داشتن ارتباط دو جهتی (Duplexing)



- پیوند فراسو (Uplink)، کanalی است که برای ارسال داده به شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.
  - پیوند فروسو (Downlink)، کanalی است که برای دریافت داده از شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ☞ به طور معمول کاربر نمی‌تواند به صورت همزمان هم از پیوند فروسو دریافت و هم در پیوند فراسو ارسال داده داشته باشد (یک طرفه (Half-Duplex)), اما اگر چنین قابلیتی ایجاد شود، می‌گوییم شبکه از دوطرفه همگاھ پشتیبانی می‌کند.

# تعیین وظایف



لایه پیوند داده (Data Link Layer) از دو زیر لایه می‌شود:

LLC (Logical Link Control) •

MAC (Medium Access Control) •

کنترل دسترسی چندگانه جزو وظایف لایه MAC محسوب می‌شود،

البته این سخن همواره درست نیست.

تعدادی کاربر، قصد تبادل اطلاعات به صورت همزمان، بر روی یک رسانه مشترک را دارند. اما این امر باعث رخداد یک رویداد ناگوار خواهد شد، که ما آن را تصادم (Collision) می‌نامیم. تصادم بین سیگنال‌های کابران، موجب از بین رفتن تمامی داده‌های آنان خواهد شد.

به عنوان مثال در یک شبکه بی‌سیم، کاربری به نام  $A$  را در نظر بگیرید. فرض کنید که  $n$  کاربر دیگر نیز در شعاع پوشش کاربر  $A$  وجود دارند. از دید یک ناظر بیرونی تمامی این  $1 + n$  کاربر ( $A$  و  $n$  کاربر دیگر)، از یک رسانه مشترک برای تبادل سیگنال‌های خود استفاده می‌کنند. در صورتی که حداقل دو کاربر در ناحیه پوشش  $A$  به صورت همزمان قصد استفاده از رسانه مشترک را داشته باشند، با تصادم مواجه شده و در انتقال داده با شکست مواجه خواهند شد.

در عمل در یک شبکه، تنها کافی نیست که یک دنباله با نرخ داده بالا بین فرستنده و گیرنده مبادله شود، بلکه می‌بایست شبکه توانایی خدمت‌رسانی به چند ده تا چند صد کاربر را به طور همزمان داشته باشد؛ کابرانی که اغلب در حال مبادله داده‌های چند رسانه‌ای با نرخ داده بالا از یک رسانه مشترک هستند.

با توجه به مطالب بیان شده، پر واضح است که یکی از دغدغه‌های اصلی طراحان شبکه، کاستن از میزان تصادم در استفاده از رسانه‌های مشترک، خواهد بود. به همین منظور در هر سامانه ارتباطی می‌بایست سازوکاری برای مدیریت به اشتراک‌گذاری رسانه‌های مشترک وجود داشته باشد. اصطلاحاً به این سازوکارها کنترل دسترسی چندگانه و یا دسترسی به رسانه گفته می‌شود. رعایت عدالت، تضمین کیفیت خدمات و بالابدن کارایی، مهم‌ترین اصول طراح در طراحی یک سازوکار کنترل دسترسی چندگانه است.

اما چالش‌های ما در حوزه مخابرات، به دسترسی چند کاربر به صورت همزمان به رسانه مشترک، ختم نمی‌گردد. برای ارتباط بین کاربر و شبکه، نیازمند دو پیوند بین شبکه و کاربر هستیم:

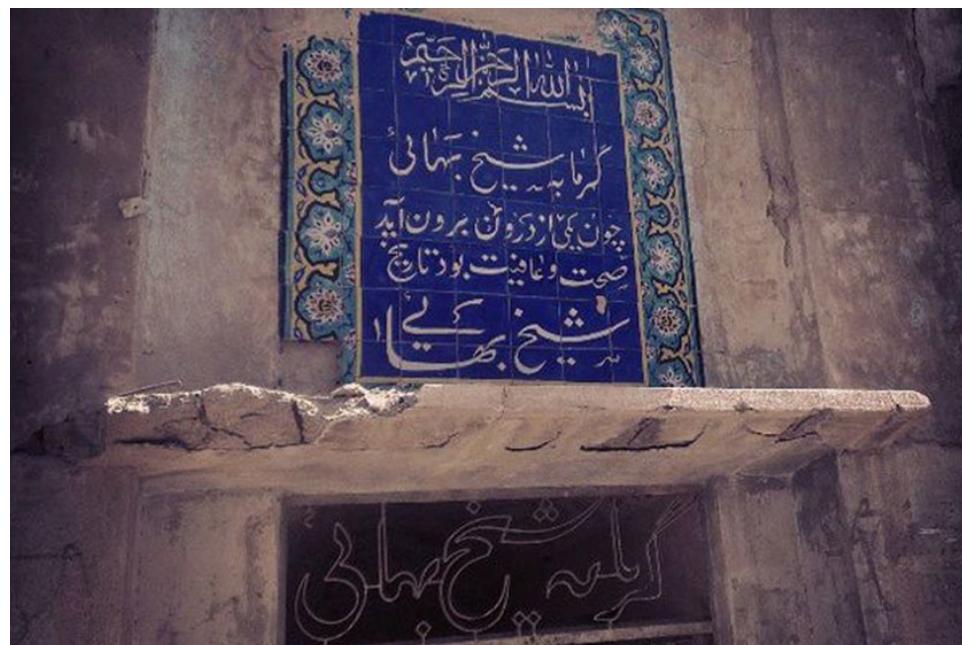
☞ پیوند فراسو کانالی است که برای ارسال داده به شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

☞ پیوند فروسو کانالی است که برای دریافت داده از شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به طور معمول کاربر نمی‌تواند به صورت همزمان هم از پیوند فروسو دریافت و هم از پیوند فراسو ارسال داده داشته باشد. در این صورت می‌گوییم کاربر به صورت یک طرفه (Half-Duplex) به تبادل اطلاعات می‌پردازد. به طور

مثال نحوه تبادل اطلاعات در بی‌سیم‌های پلیس بدین صورت است. به سادگی می‌توان حدس زد که تبادل اطلاعات به صورت دوطرفه ناهمگاه، دلخواه و ایده‌آل مانیست. بلکه دوست داریم در یک شبکه، کاربران بتوانند به صورت همزمان به دریافت و ارسال داده بپردازند. لذا برای حل این مشکل نیز می‌بایست به نحوی کانالی که در اختیار کاربر قرار داده شده را به دو قسمت تقسیم‌بندی کنیم. یک قسمت برای پیوند فروسو و دیگری برای پیوند فراسو. در این صورت اصطلاحاً می‌گوییم که کاربر می‌توان به صورت **دوطرفه همگاه** (Full Duplex) به تبادل داده بپردازد. پر واضح است که در هر شبکه ما به دنبال پشتیبانی از دوطرفه همگاه برای کاربران هستیم. این نیز چالشی است که باید در یک سامانه مخابراتی آن را حل کنیم.

# اصفهان و ...



لرستان

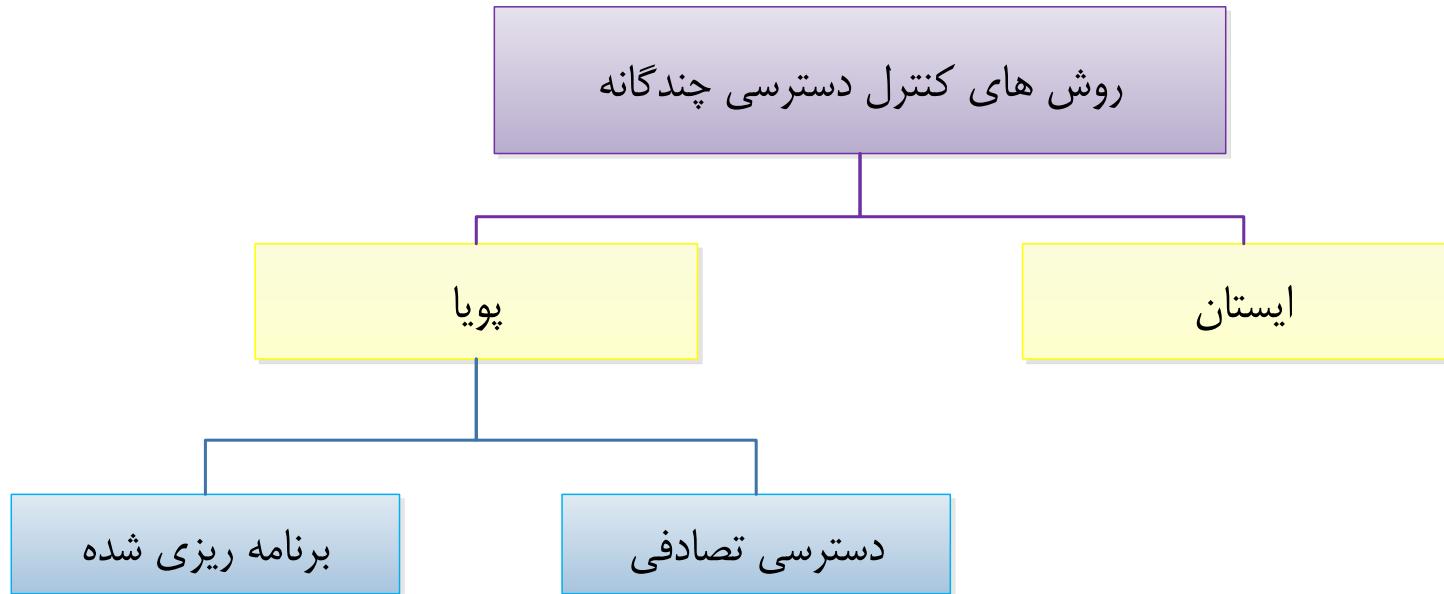
تقسیم صحیح و طریقه مهندسی آب زاینده‌رود به محله‌ها و باغات شهر اصفهان از شاه کارهای بهاءالدین محمد بن حسین عاملی (شیخ بهایی) بود. او با محاسبه دقیق و به دست آوردن آمار بارندگی مناطق مختلف اصفهان، حومه و کوهستان‌های اطراف و همچنین سرچشمۀ زاینده‌رود، طرح دقیق نهرها و شیب و عرض جویبارها و سهم استفاده آب هر باغ و محله و منزل، به اختلاف چندین ساله مردم این منطقه پایان داد. این منطقه تا قبل از تقسیم آب همیشه در حال نزاع و جنگ و خونریزی قبیله‌ای برای تقسیم آب بود و با این کار شیخ بهائی، این گرفتاری برای همیشه حل شد. شیخ بهائی طرز تقسیم‌بندی جریان آب زاینده‌رود را با توجه به محاسبات خیلی دقیق به ۳۳ سهم تقسیم نمود که هر سهم معادل ۵ شبانه‌روز قسمتی از آب رودخانه است که باید آب موجود در رودخانه به هر محله سرازیر شود که امروزه با نصب دستگاه‌های مختلف آب‌سنج‌ها، در نقاط زاینده‌رود به همان نتیجه رسیده‌اند که او در ۴۲۰ سال قبل رسیده بود.

یکی دیگر از کارهای شگفت که به بهائی نسبت می‌دهند، ساختمان گلخن گرمابه‌ای است که هنوز در اصفهان مانده و به حمام شیخ بهائی یا حمام شیخ معروف است. این حمام در سال ۱۰۶۵ ساخته شده و در شعاع ۱۰۰

متری جنوب گنبد نظام الملک (جنوب مسجد جامع عتیق) قرار دارد. مردم اصفهان عقیده داشتند شیخ بهایی گلخن گرمابه را چنان ساخته که با شمعی گرم می‌شد، در زیر پاتیل گلخن فضای تهی تعبیه کرده و شمعی افروخته در میان آن گذاشته و آن فضا را بسته بود و خود گفته بود اگر روزی آن فضا را بشکافند شمع خاموش خواهد شد و گلخن از کار می‌افتد. بعد از مدتی که به تعمیر گرمابه پرداختند و آن محوطه را شکافتند، شمع خاموش شد و دیگر نتوانستند آن را روشن کنند. سیستم گرمایی این حمام از شاهکارهای مهندسی است که با استفاده از قوانین فیزیک و شیمی طراحی و فکر شده است. آب حمام با سیستم «دم و گاز» یعنی از گاز متان فاضلاب مسجد جامع و چکیدن روغن عصارخانه ( محلی برای تهیه روغن از دانه‌های روغنی) شیخ بهایی در مجاورت حمام، روشن می‌شده است. به این طریق حمام به مدت طولانی تنها با یک شمع روشن می‌شده است. شیخ بهایی در ساخت حمام از طلا که رسانایی بالایی دارد و در انتقال گرما نقش موثری ایفا می‌کند، استفاده کرده بود. او به دلیل جلوگیری از سرقت آن، راز ساخت را پنهان نگه داشت.

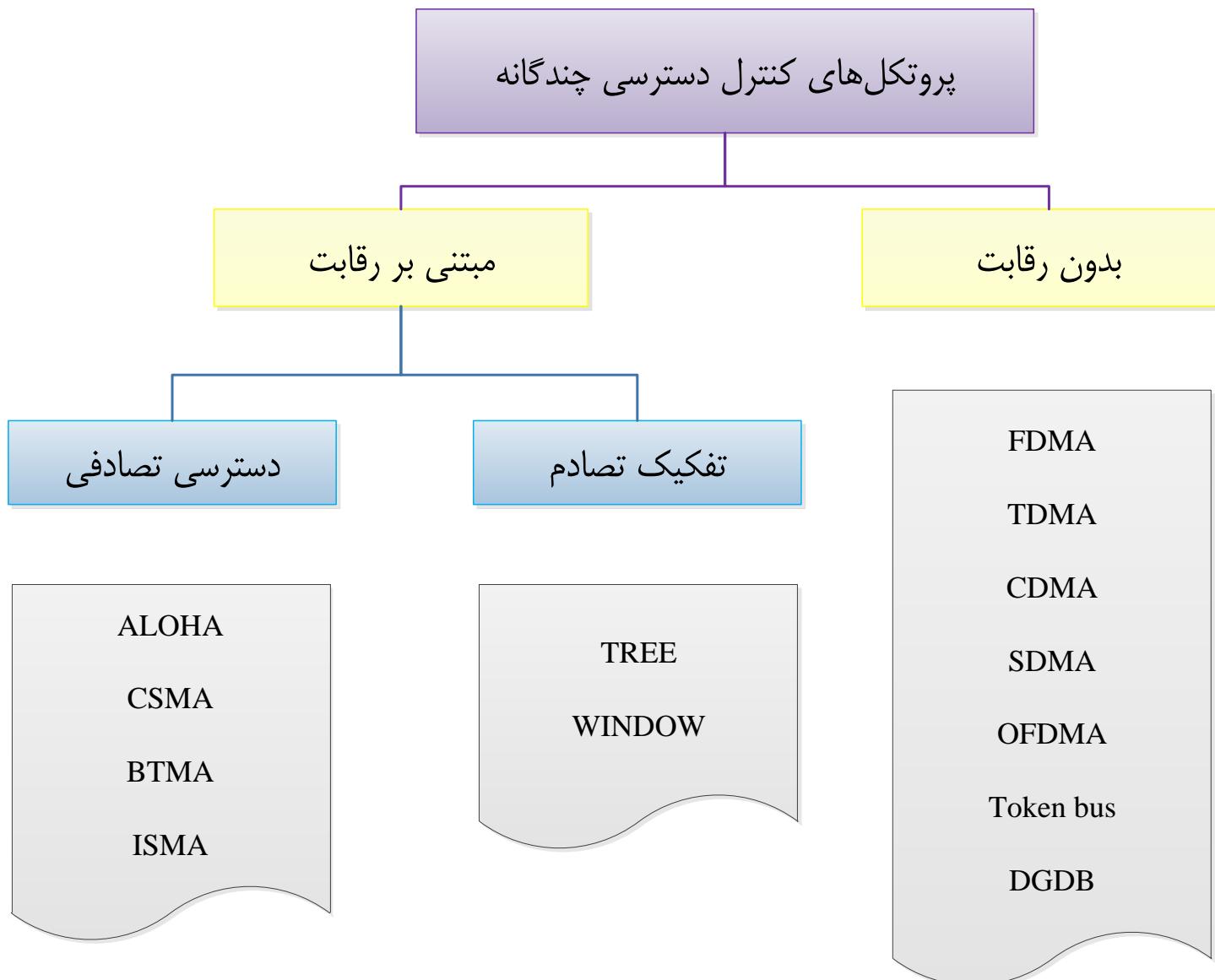
نېڭدە سېچىنلىقىندا ئەم سەھىپىنىڭ

# دسته‌بندی سازوکارهای دسترسی چندگانه



به روشهای ایستان اصطلاحاً شیوه‌های *Channelization* و به روشهای پویا اصطلاحاً شیوه‌های MAC نیز گفته می‌شود.

# دسته‌بندی سازوکارهای دسترسی چندگانه (ادامه)



در یک دیدگاه کلی، پروتکل‌های دسترسی چندگانه به دو گروه ایستان (Static) و پویا (Dynamic) تقسیم‌بندی شده است. در تخصیص به صورت ایستان، در ابتدای ارتباط بین دو موجودیت شبکه تخصیص صورت گرفته و این تخصیص در طول زمان تغییر نخواهد کرد. در روش‌های تخصیص پویا، کanal هر بار و به هر مقدار که نیاز باشد، تخصیص داده می‌شود، و این تخصیص در طول زمان نیز تغییر خواهد کرد.

شاید بتوان تقسیم‌بندی فرکانسی یا همان FDM را قدیمی‌ترین روش در حوزه دسترسی چندگانه دانست. در کل در روش‌های ایستان از همان ابتدا رسانه مشترک به  $N$  کanal تقسیم‌بندی می‌شود، و هر کanal به یک کاربر تخصیص داده می‌شود. البته این روش برای زمانی موثر است که تعداد کابران محدود باشد، و ترافیک قابل پیش‌بینی باشد؛ چراکه در صورت عدم استفاده یک کاربر از کanal تخصیص یافته به او، عملاً منابع ما به هدر خواهد رفت. گرچه در این نوع از روش‌ها عدالت به صورت کامل برقرار می‌گردد و در ضمن می‌توان براحتی جلو تصادم را نیز گرفت.

در مقابل در روش‌های پویا، تمامی رسانه مشترک در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. اما باید دقت داشت که در

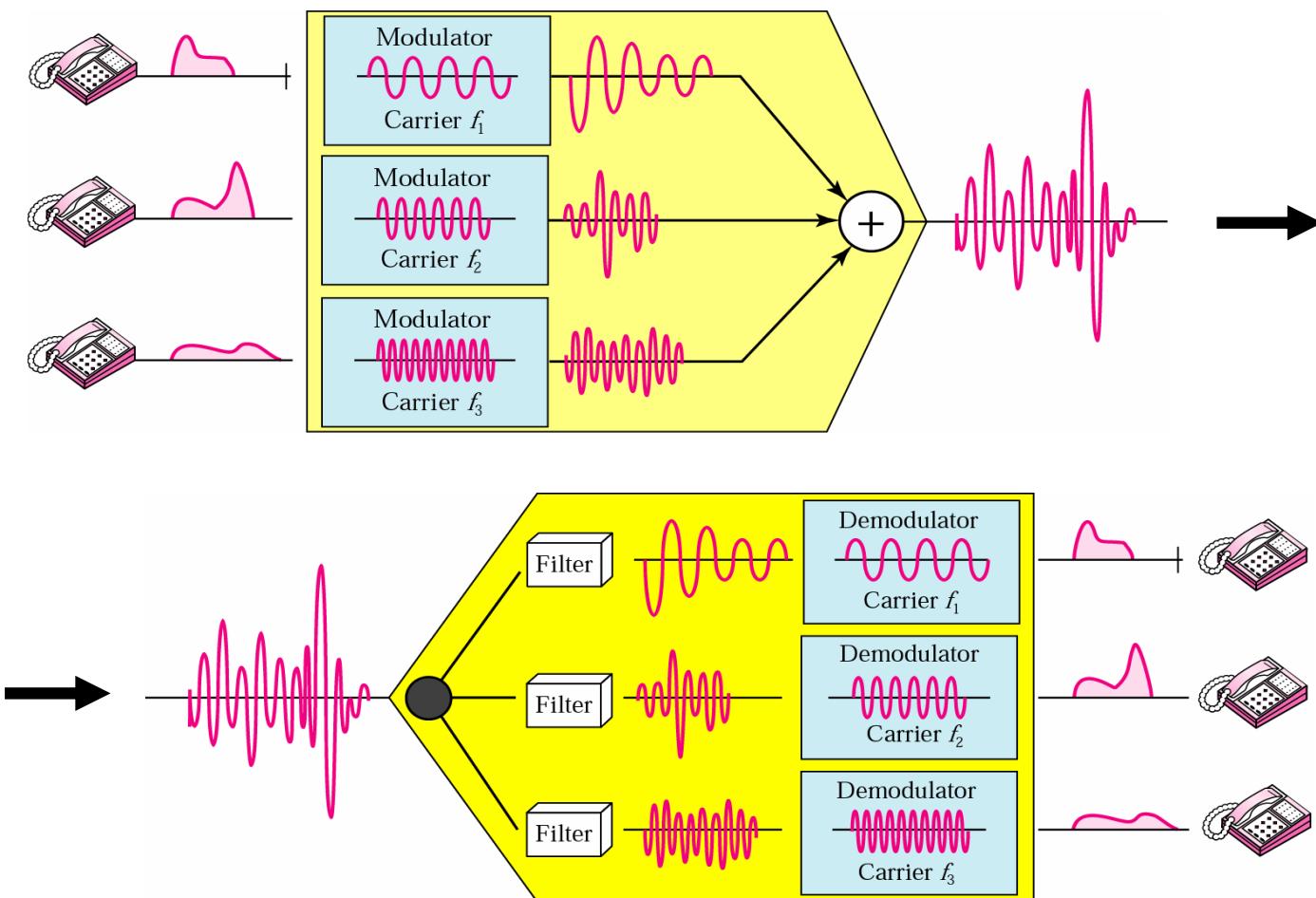
این حالت اگر دو گره به صورت همزمان شروع به ارسال داده بکنند، این رخداد موجب تصادم می‌گردد و ما باید به نحوی این مشکل را مدیریت کنیم.

سازوکارهای تخصیص پویا به نوبه خود به دو دسته زمان‌بندی شده (Scheduled) و شبه تصادفی (Random) تقسیم‌بندی می‌شود، که تعیین کننده این است که میزان تغییر تخصیص در طول زمان، برنامه‌ریزی شده است و یا به صورت تصادفی است.

از دیدگاه دیگر، پروتکل‌های دسترسی چندگانه به روش‌های بدون رقابت (Conflictfree) و مبتنی بر رقابت تقسیم‌بندی می‌شود. در پروتکل‌های بدون رقابت، از همان ابتدای ارتباط تضمین می‌شود که سیگنال‌های هیچ دو کاربری با یکدیگر تصادم پیدا نکند. در این پروتکل‌ها، رسانه مشترک به چندین کanal تقسیم می‌شود و هر کanal به یک کاربر برای دریافت و ارسال داده تخصیص داده می‌شود. در مقابل در پروتکل‌های مبتنی بر رقابت، کاربران برای بدست آوردن کanal با یکدیگر به رقابت می‌پردازند و در صورت رخداد تصادم، سعی بر جلوگیری از تصادم می‌شود.

در پروتکل‌های مبتنی بر رقابت، کاربر شبکه در هر زمان دلخواه می‌تواند به ارسال داده مبادرت ورزد، به این امید که در این فاصله کاربر دیگری به ارسال داده نپردازد. لذا پر واضح است که رخداد تصادم امر بسیار محتملی به نظر می‌رسد و می‌باشد در این پروتکل‌ها راه حلی برای رفع آن یافت. روش‌های مبتنی بر رقابت نیز به نوبه خود به دو دسته دسترسی تصادفی (Collision Resolution) و تفکیک تصادم (Random Access) تقسیم‌بندی می‌شوند. روش‌های بدون رقابت معمولاً برای شبکه‌های مداری مورد استفاده قرار می‌گیرند و روش‌های مبتنی بر رقابت برای شبکه‌های بسته‌ای.

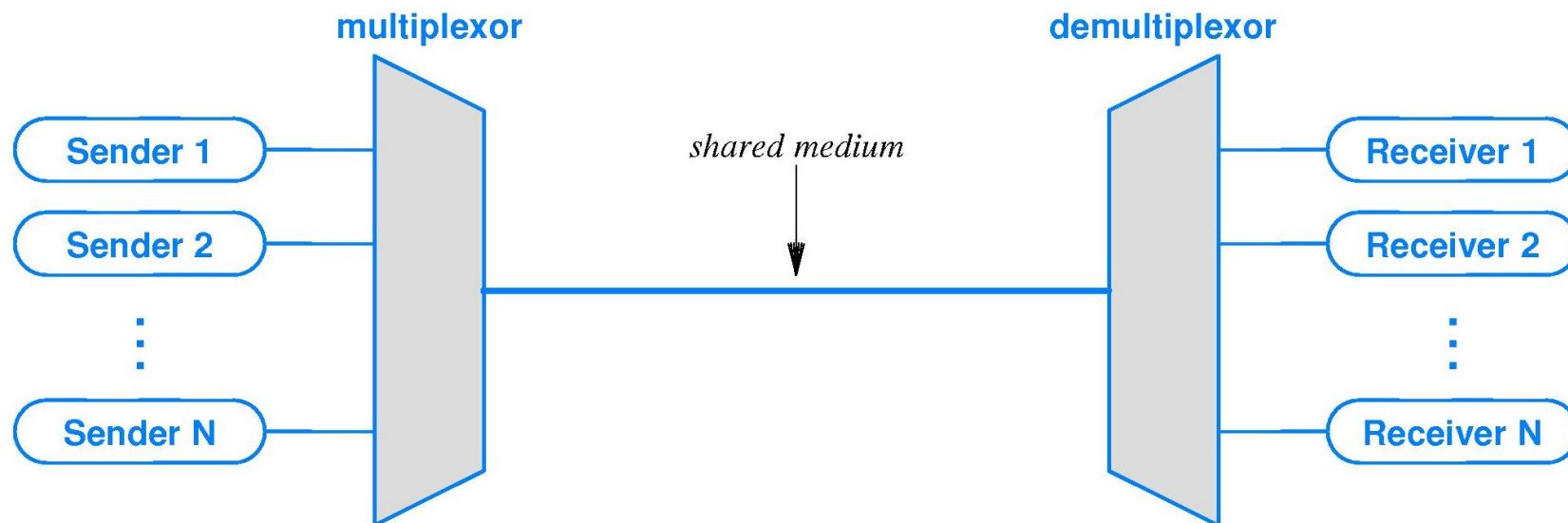
# مثال‌ها - روش‌های ایستان



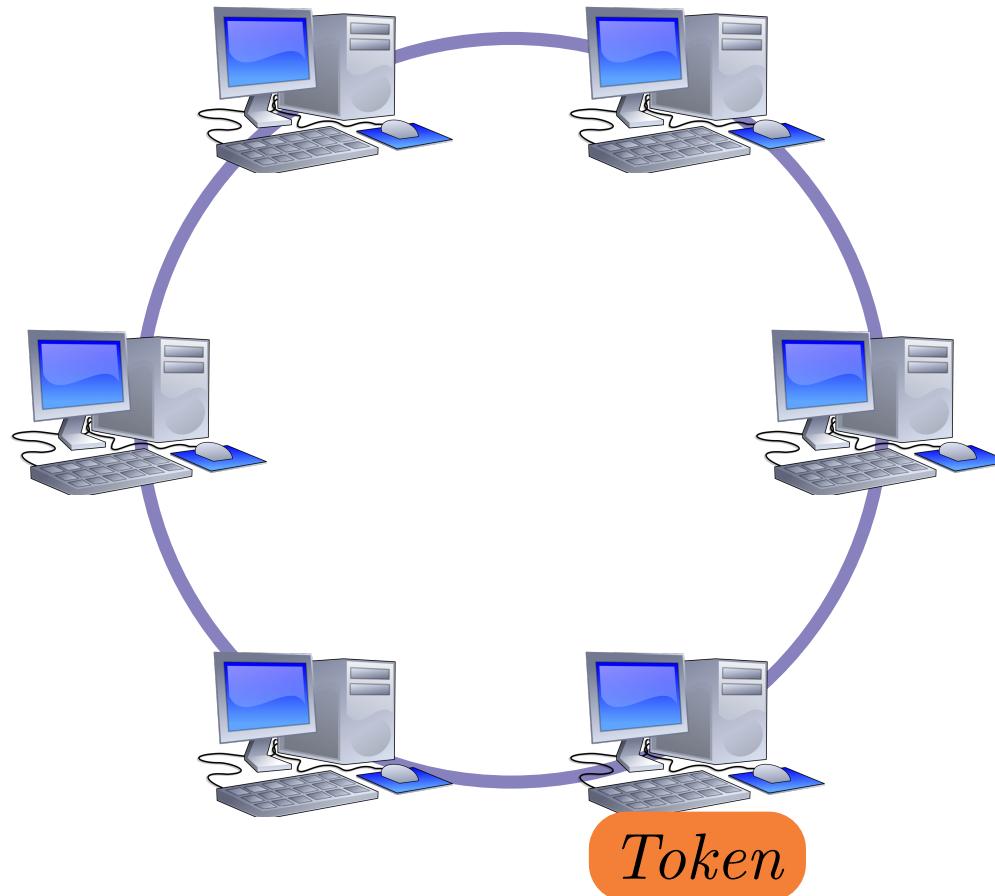
FDMA نمونه‌ای از روش‌های کنترل دسترسی چندگانه ایستان (Static) است.

# همتافتگری - یاریگر ما در روش‌های ایستان

- روش‌های همتافتگری (Multiplexing) سازوکارهایی هستند که توسط آن می‌توان چندین سیگнал را ترکیب کرده و به صورت یک سیگнал، از یک رسانه مشترک (Shared Medium) عبور داد.
- در حقیقت همتافتگر، رسانه مشترک را به یکسری کanal مجزا تقسیم‌بندی می‌کند. بر حسب نیاز می‌توان یک یا چند کanal را به یک کاربر تخصیص داد.



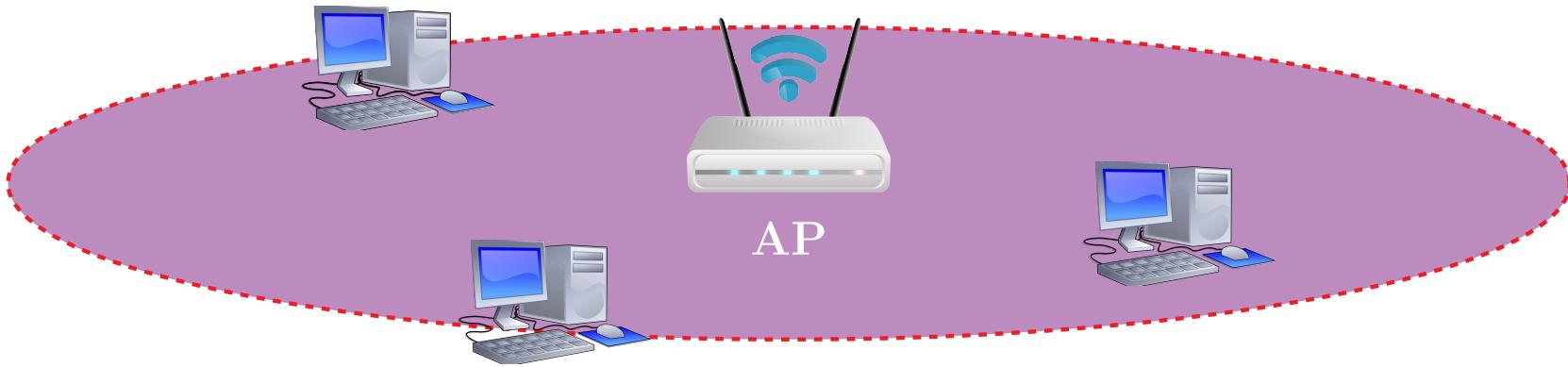
## مثال‌ها - روش‌های پویا



شبکه‌های Token Ring نمونه‌ای از روش‌های کنترل دسترسی چندگانه پویا زمان‌بندی شده است. 

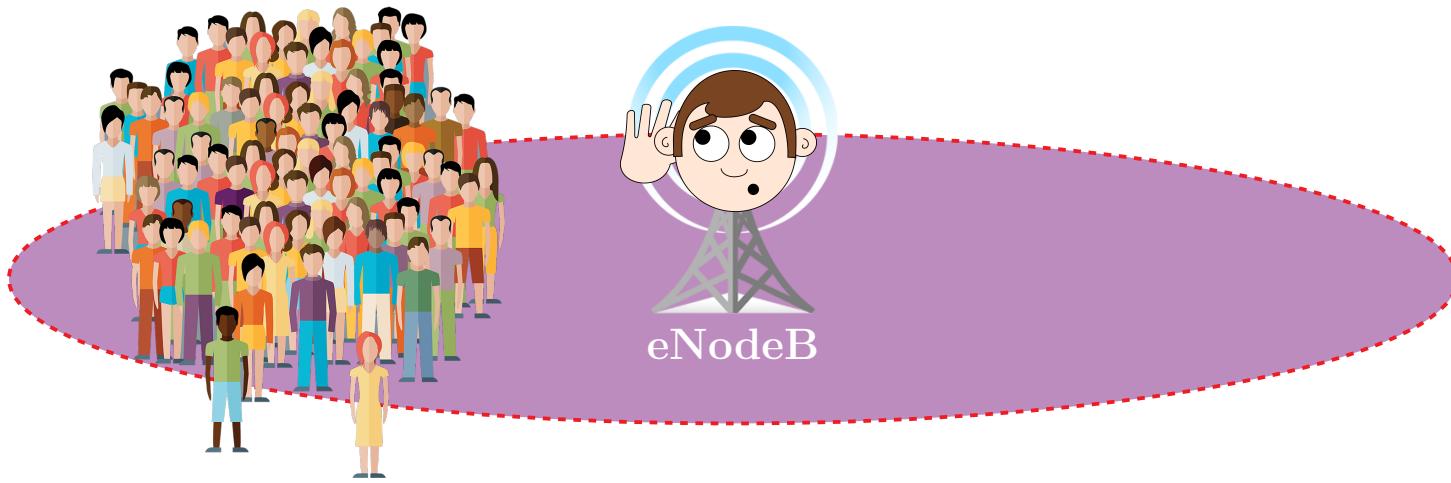
روش‌های Token Ring برای نخستین بار توسط IBM در سال ۱۹۸۴ ارایه شد و در سال ۱۹۸۹ نیز در استاندارد IEEE 802.5 استاندارد شد. این روش معمولاً برای شبکه‌های LAN بکار گرفته می‌شد. گرچه این پروتکل موفقیت بسیاری را کسب کرد، اما بعدها با آمدن Ethernet تقریباً بدست فراموشی سپرده شد.

## مثال‌ها - روش‌های پویا



در IEEE 802.11 می‌دانیم که از CSMA (Carrier Sense Multiple Access) استفاده می‌شود. CSMA نمونه‌ای از روش‌های پویا است.

## مثال‌ها - روش‌های پویا



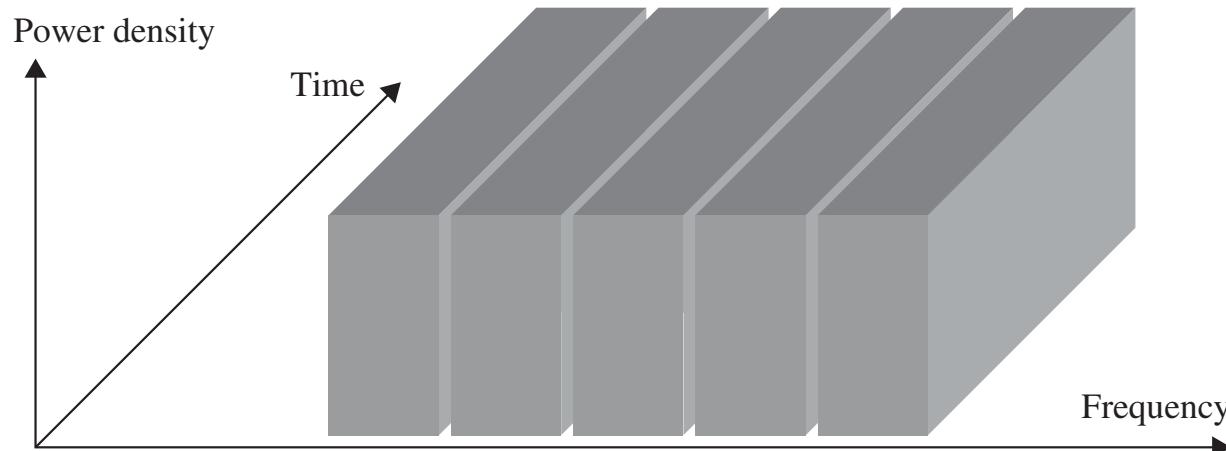
- ☞ سازوکار دسترسی تصادفی (Random Access) برای دریافت کانال اختصاصی از شبکه‌های تلفن همراه
- ☞ در شروع کار رقابت وجود دارد اما بعدش خیر!!

FDMA پریمیر فریش (سٹریم) پر پنڈھی

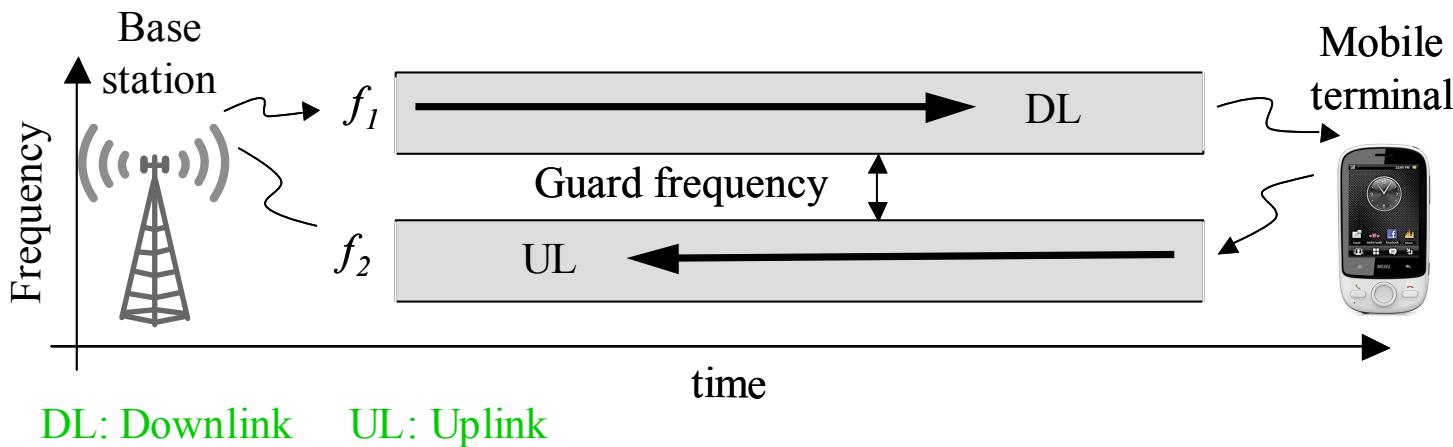
# روش‌های دسترسی چندگانه - FDMA

در روش همتافتگری FDM (Frequency Division Multiplexing) فرکانس را به تعدادی بخش کوچکتر تقسیم‌بندی می‌کنیم.

- FDMA (Frequency Division Multiple Access): استفاده برای حل چالش دسترسی چندگانه.
  - به یاد باند محافظ نیز باشید.
  - به عنوان نمونه: رادیو FM و شبکه‌های تلفن همراه 1G.



# داشتن ارتباط دو جهتی (ادامه)



FDD روشی برای حل چالش دوطرفه همگاه با بهره‌گیری از

وجود باند محافظت بین پیوند فراسو و پیوند فرسو

در FDM از این واقعیت که پهنازی باند مفید یک رسانه بیش از پهنازی باند مورد نیاز یک سیگنال است، بهره می‌برد. تعدادی سیگنال می‌توانند به صورت همزمان حمل شوند، اگر هر سیگنال بر روی فرکانس‌های حامل مختلف مدوله شده و فرکانس‌های حامل به اندازه کافی از هم مجزا شده باشند، بنابراین پهنازی باند سیگنال‌ها برهم افتادگی نخواهد داشت. همان‌طور که در شکل اسلاید قبل مشاهده می‌کنید، شش منبع سیگنال به یک تسهیم‌کننده داده می‌شود و تسهیم‌کننده آن‌ها را بر روی فرکانس‌های مختلف ( $f_1, \dots, f_6$ ) مدوله می‌کند.

هر سیگنال نیازمند پهنازی باند معینی است که در حوالی فرکانس حامل آن قرار دارد، که به آن کانال گفته می‌شود. این اصطلاح را با اصطلاح عمومی کانال مخابراتی اشتباه نگیرید. برای جلوگیری از تداخل، کانال‌ها با استفاده از باندهای نگهبان از هم جدا شده‌اند، که قسمت‌های استفاده نشده از طیف می‌باشند، که در شکل نشان داده نشده است.

البته این که FDM به هر کاربر پهنازی باند یکسان و هم اندازه بدھیم، به نظر می‌رسد کار بسیار ناعاقلانه ایست، و باعث هدر رفتن پهنازی باند می‌شود. راه حلی که به ذهن می‌رسد، این است که بسته به نیاز و تقاضا به هر کاربر

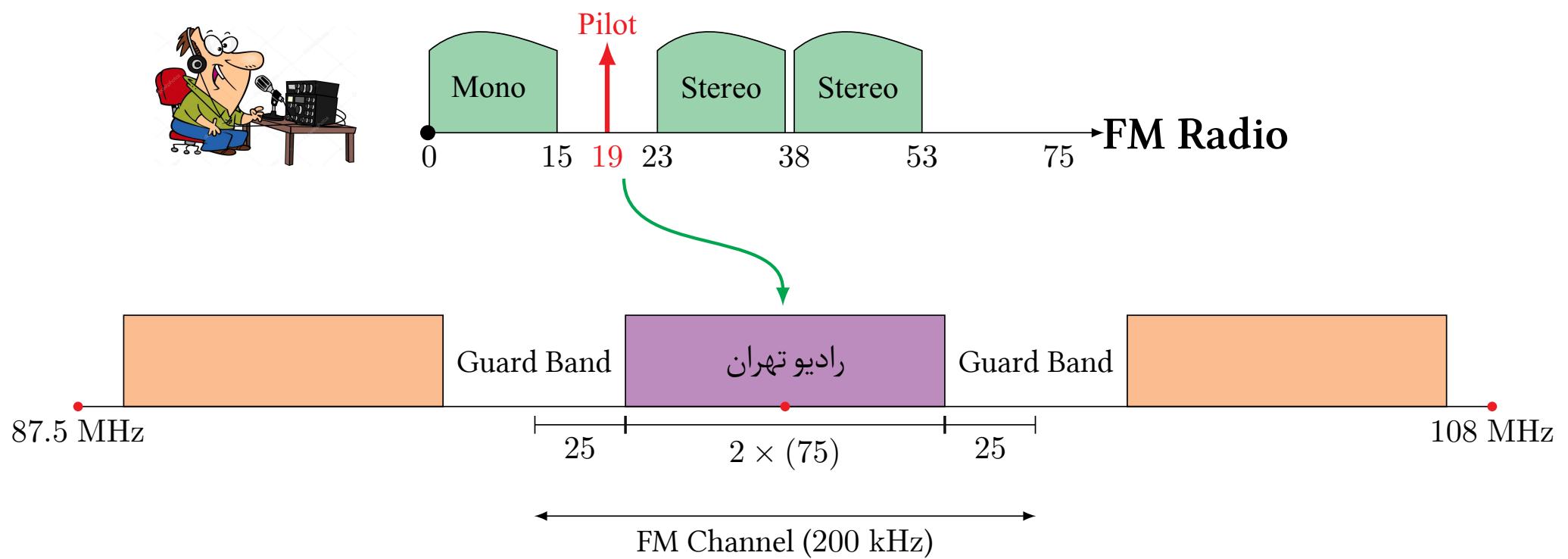
پهناى باند تخصیص داده شود.

فرض کنید در یک شبکه چندین کاربر قصد ارسال و دریافت اطلاعات را دارند. اگر کمی دقت کنید ما با دو مقوله مواجه هستیم. در ابتدا باید به نحوی بین رابط فراسو و فروسو تفاوت ایجاد کرد. این کار را می‌توان با استفاده از ایده FDM انجام داد. بدین نحو که ارتباطات فراسو را در یک فرکانس و ارتباطات فروسو را در یک فرکانس دیگر مبادله نماییم. به این کار اصطلاحاً FDD گفته می‌شود.

اما مقوله دوم؛ اکنون یکی از رابطهای فراسو و فروسو را در نظر بگیرید. برای مثال فرض کنید تعدادی کاربر می‌خواهند در رابط فراسو به ارسال اطلاعات مبادرت ورزند. در این جانیز می‌توان با استفاده از ایده FDM، پهناى باند اختصاص داده شده به رابط فروسو را بین چند کاربر تسهیم نمود. بدین صورت که به هر کاربر قسمتی از این پهناى باند اختصاص یابد. به این عمل اصطلاحاً FDMA گفته می‌شود.

# رادیو FM

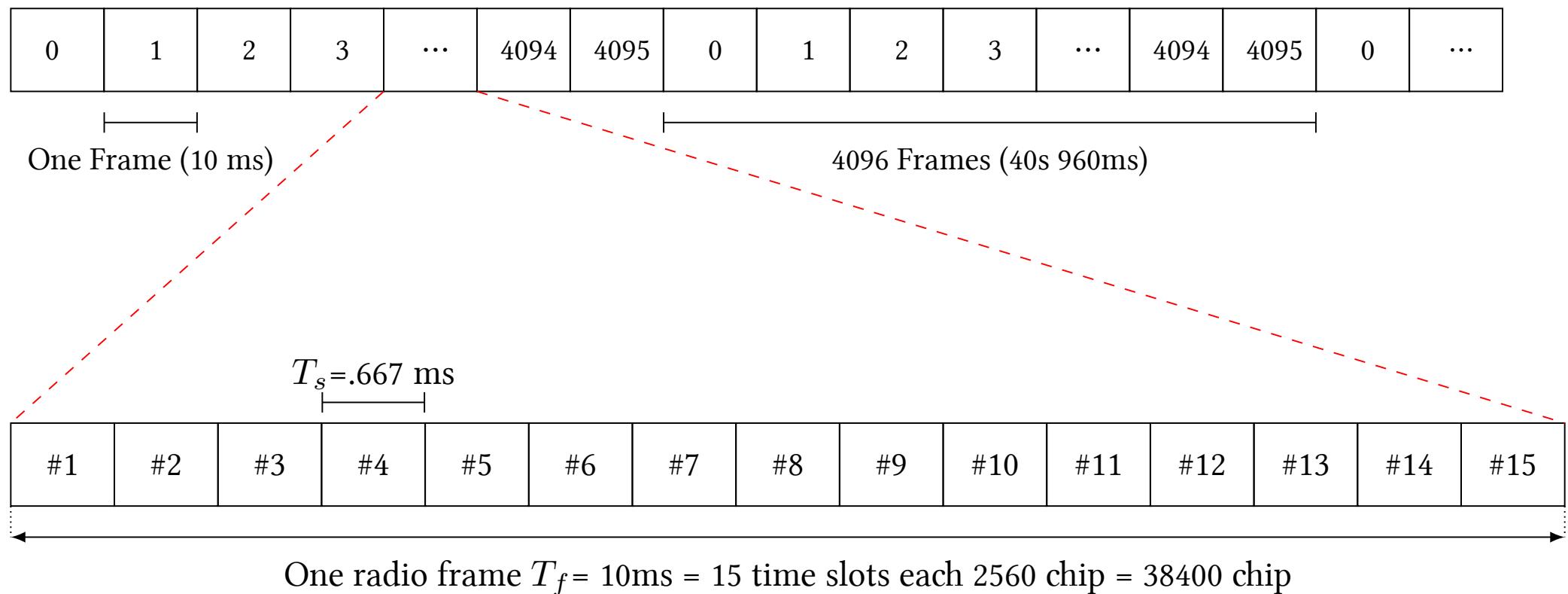
رادیو (Radio) FM (Frequency Modulation) در بازه فرکانسی 87.5 MHz تا 108 MHz قرار دارد. هر کanal این رادیو 200 kHz پهناوار اشغال می‌کند. بین هر دو کanal 50 kHz باند محافظ (Guard Band) وجود دارد.



پهناى باند تخصیص داده شده برای صوت در AM برابر با  $5 \text{ kHz}$  یا  $9 \text{ kHz}$  است در حالی که در FM این مقدار برابر با  $15 \text{ kHz}$  است. بدین سان کیفیت صوت در رادیو FM بهتر از AM است.

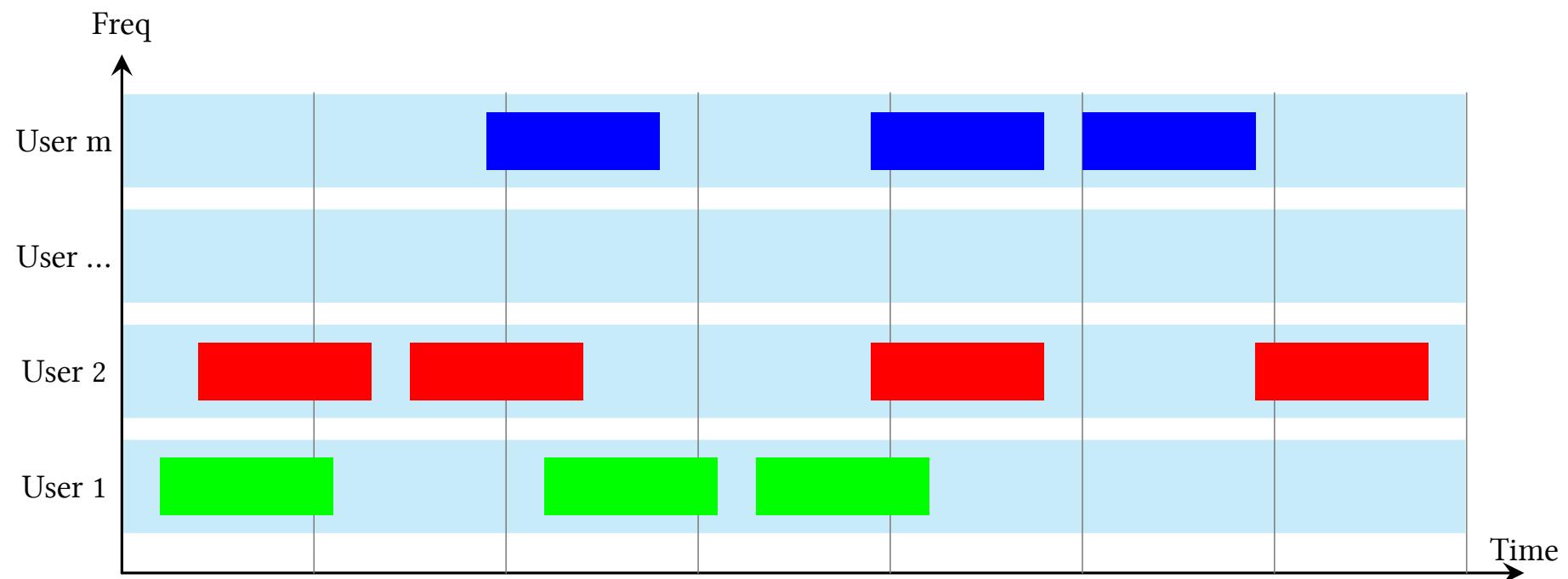
## Slotted FDMA

معمولاً سعی می‌شود زمان به تعدادی شیار زمانی (Time Slot) تقسیم‌بندی شود.



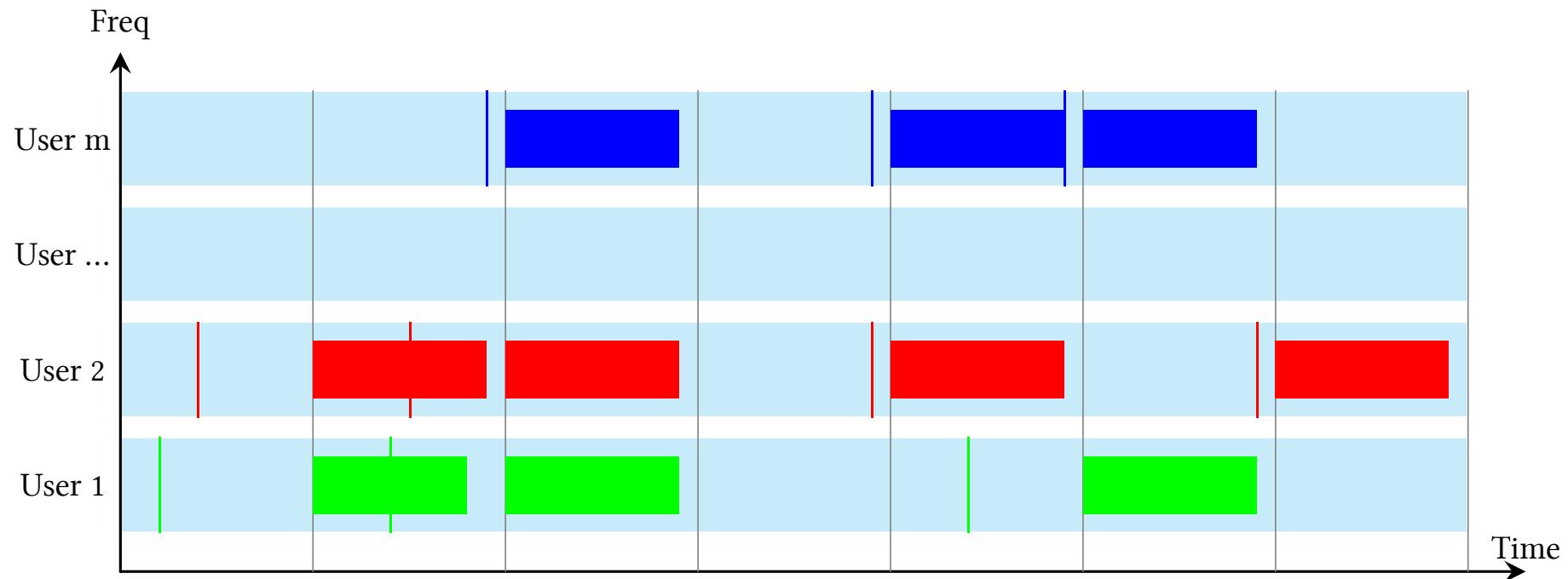
## Slotted FDMA (ادامه)

در FDMA به هر کاربر یک زیرحامل‌ها تخصیص داده می‌شود.

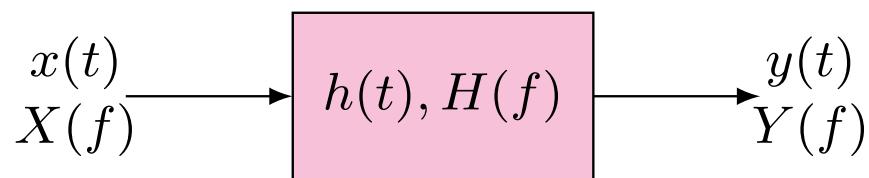


## ادامه (Slotted FDMA)

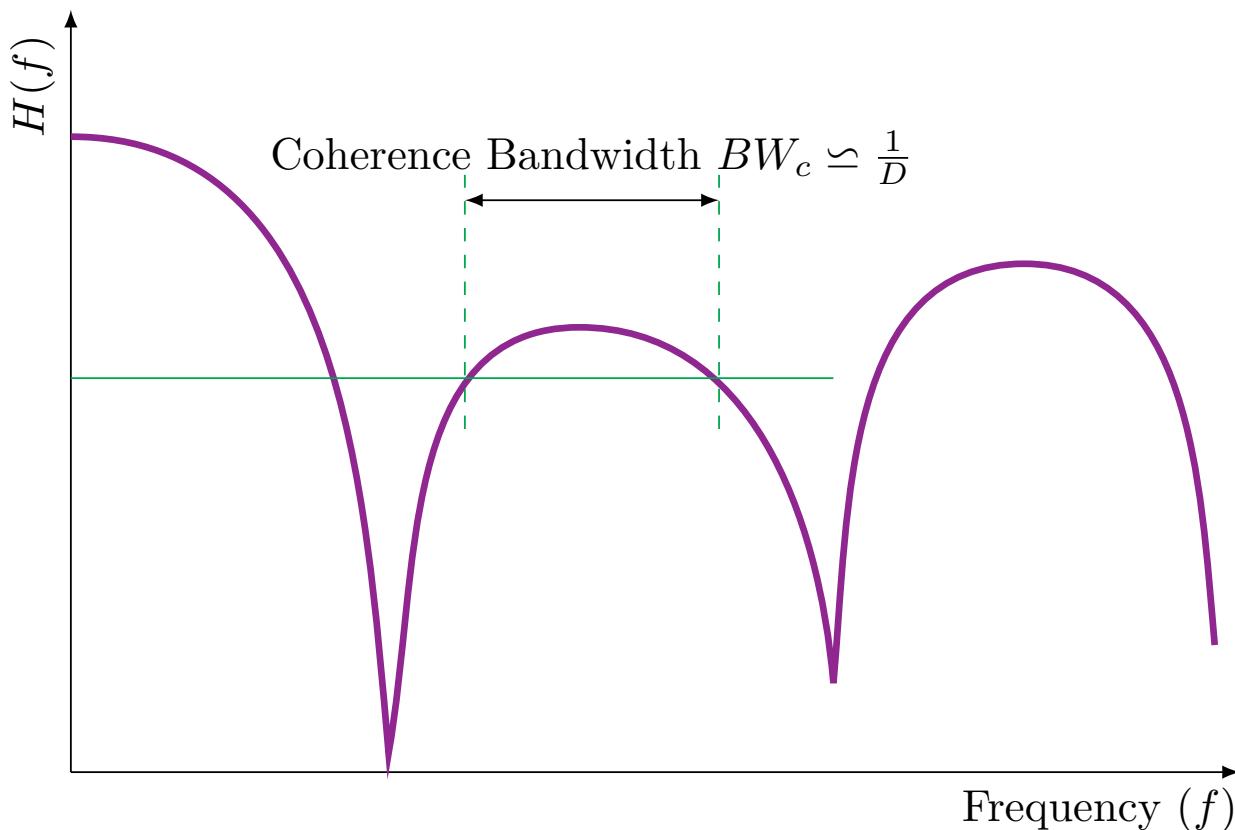
شیاردار (Slotted FDMA) همان سامانه‌های FDMA هستند، تنها با این تفاوت که در صورت وجود داده‌ای برای ارسال هر زمانی نمی‌توان ارسال را شروع کرد، ارسال فقط باید در ابتدای شیارهای زمانی سامانه باشد.



# محوشدگی تخت و محوشدگی انتخابگر فرکانسی



$$y(t) = x(t) * h(t)$$
$$Y(f) = X(f)H(f)$$



دو نوع محوشدگی برحسب پهناهی باند سیگنال:

- محوشدگی تخت (Flat Fading)
- محوشدگی انتخابگر فرکانسی (Frequency Selective Fading)

## ویژگی‌های FDMA

- ۱) مهم‌ترین سودمندی FDM مقاومت آن نسبت به محوشدگی انتخابگر فرکانسی (Frequency Selective FDM) می‌باشد.
- ۲) اگر تعداد کاربران به حد کافی بزرگ باشد، با توجه به پهنای باند باریک، هر کاربر محوشدگی تخت (Flat Fading) را تجربه خواهد نمود.
- ۳) و دیگر موارد که در یک تمرین آن‌ها را بررسی خواهیم کرد.

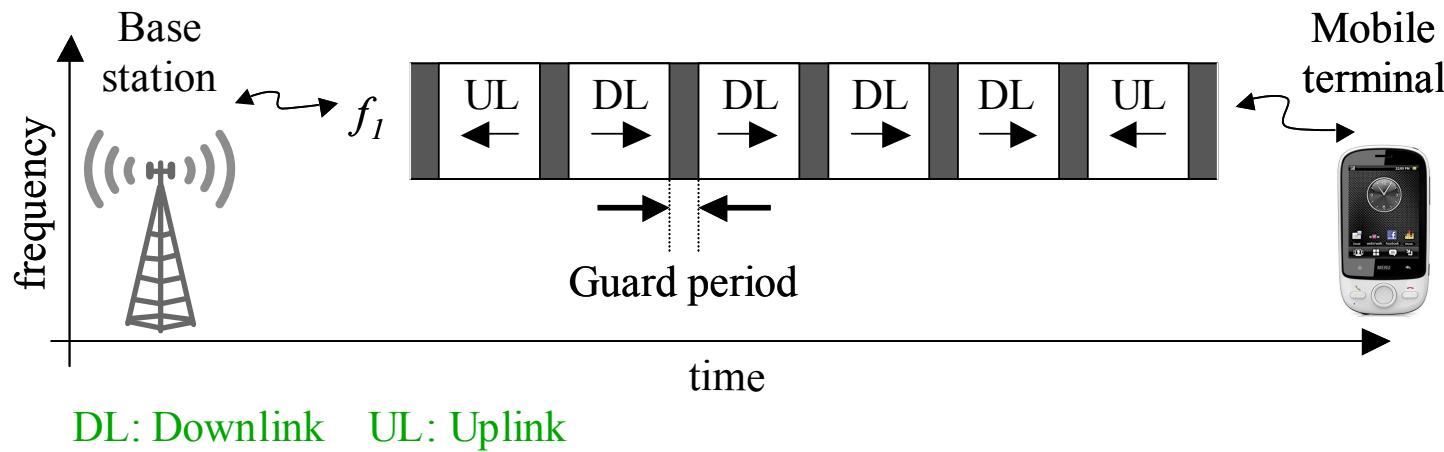
TDMA پندر گل نہیں (سترسی پندر) میں

## روش‌های دسترسی چندگانه - TDMA

- در TDM (Time Division Multiplexing) زمان را به واحدهای کوچکتر تقسیم‌بندی می‌کنیم.
- استفاده برای حل چالش دسترسی چندگانه: TDMA (Time Division Multiple Access)
- به عنوان نمونه: شبکه‌های تلفن همراه 2G (خیلی مثالم دقیق نیست!!)



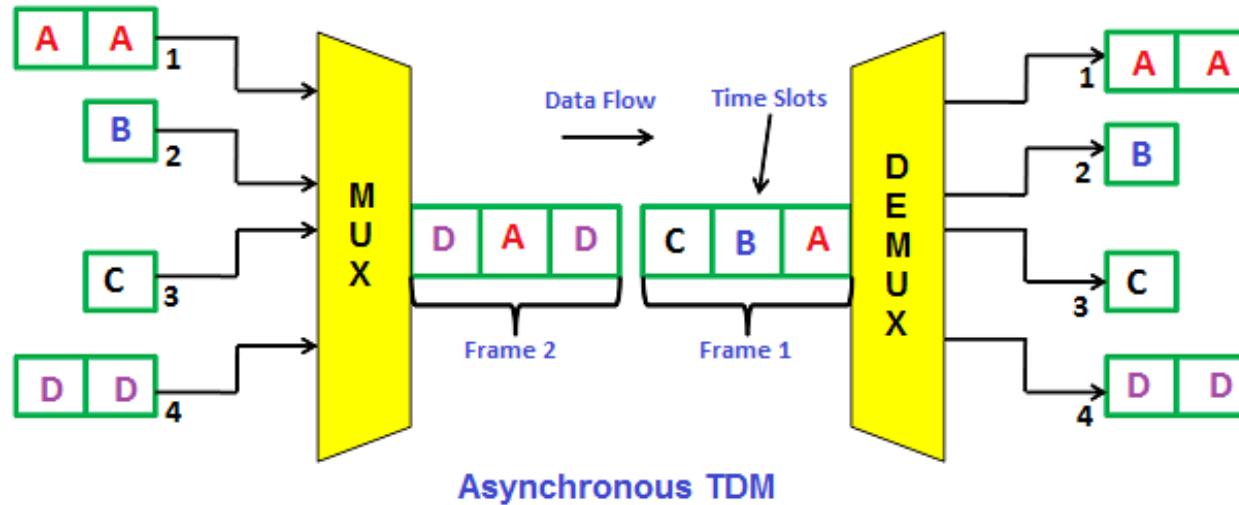
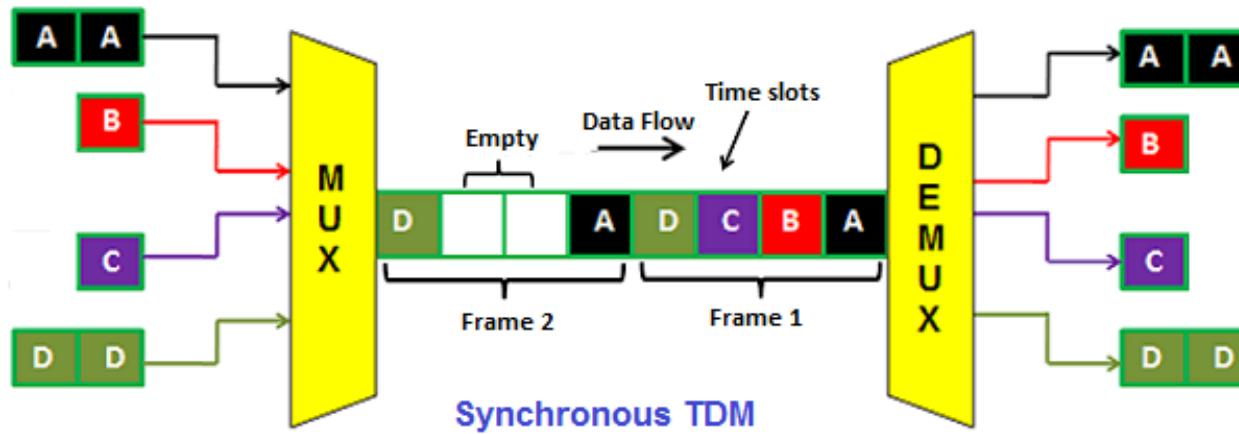
# داشتن ارتباط دو جهتی (ادامه)



TDD روشی برای حل چالش دو طرفه همگاه با بهره‌گیری از

وجود بازه محافظت بین پیوند فراسو و پیوند فروسو

# روش‌های دسترسی چندگانه - انواع TDMA



## روش‌های دسترسی چندگانه - TDMA

- در TDMA نیاز به همزمان‌سازی (Synchronization) بین فرستنده و گیرنده وجود دارد.
- بهره‌وری (Utilization) پیوند (Link) در TDMA بیشتر از FDMA است.
- پیاده‌سازی TDM راحت‌تر از FDM است.
- و دیگر موارد که در یک تمرین آن‌ها را بررسی خواهیم کرد.

در TDM از این واقعیت که نرخ بیت قابل دستیافتنی رسانه (متاسفانه گاهی اوقات پهناور باند نامیده می‌شود)، بیش از نرخ داده مورد نیاز سیگنال رقمی است، استفاده می‌کند. چندین سیگنال رقمی می‌توانند بر روی یک مسیر ارسال بوسیله در میان هم قرار دادن قسمت‌های سیگنال‌ها در زمان، حمل شوند. در میان هم قرار دادن می‌تواند در سطح بیت یا در سطح قالب‌هایی از بایت و یا کمیت‌های بزرگتر باشد. برای مثال، در شکل اسلاید قبل، شش ورودی دارد که هر کدام می‌تواند ۱ کیلو بیت بر ثانیه باشد. یک خط تنها با ظرفیت ۷ کیلو بیت بر ثانیه می‌تواند هر شش منبع را جا دهد. مشابه FDM، زنجیره شیارهای زمانی که به یک منبع خاص تخصیص داده می‌شود، کanal نامیده می‌شود. یک سیکل از شیارهای زمانی (یکی برای هر منبع) یک قاب نامیده می‌شود.

در TDM گاه شیارهای زمانی از قبل تعیین شده است و ثابت است، بنابراین زمان سنجی ارسال از منابع مختلف همزمان انجام می‌شود. در مقابل TDM غیر همزمان اجازه می‌دهد که زمان به صورت پویا تخصیص داده شود. TDM همزمان، از آن جهت همزمان نامیده می‌شود نه به این دلیل که از ارسال همزمان استفاده می‌شود، بلکه به این دلیل که شیاری زمانی از قبل تعیین شده و ثابت است. شیاری زمانی برای هر منبع بدون توجه به

اینکه داده ای برای ارسال دارد یا نه فرستاده می‌شود. البته این حالت در FDM نیز رخ می‌دهد. در هر دو حالت، ظرفیت کanal به دلیل پذیرفتن در سادگی پیاده سازی تلف می‌شود. اگر چه تخصیص به صورت ثابت انجام می‌شود، اما این امکان برای دستگاه‌های TDM همزمان وجود دارد که نرخ داده ای مختلف داشته باشند. برای مثال، به کندترین دستگاه ورودی می‌توان یک شیار در سیکل اختصاص داده شود، در حالی که به دستگاه‌های سریع‌تر چندین شیار در هر سیکل اختصاص داده شود.

همانند FDM، اگر جداسازی زمانی برای رابط فروسو و فراسو انجام گیرد، آن را TDD می‌نامیم، و اگر برای جداسازی کاربران استفاده شود، TDMA نامیده می‌شود. در GSM از FDD برای جداسازی رابط‌ها و همچنین از ترکیبی از FDMA و TDMA استفاده می‌شود.

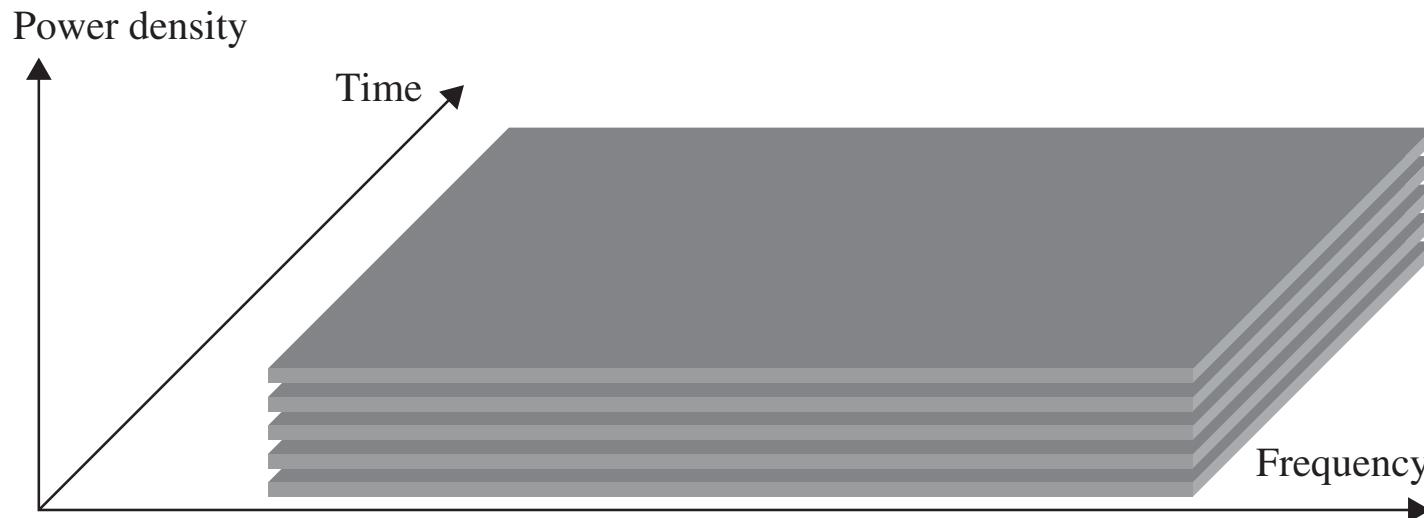
CDMA نېټور پر سیستم کا شرح

## روش‌های دسترسی چندگانه - CDMA (Code Division Multiple Access)

در CDM (Code Division Multiplexing) کاربر یک کد از مجموعه کدهای عمود برهم اختصاص می‌یابد، بعد از اختصاص این کد، کاربران می‌توانند بدون تداخل به تبادل اطلاعات مبادرت ورزند. در CDM در حقیقت توان سیگنال بین کاربران تسهیم می‌شود.

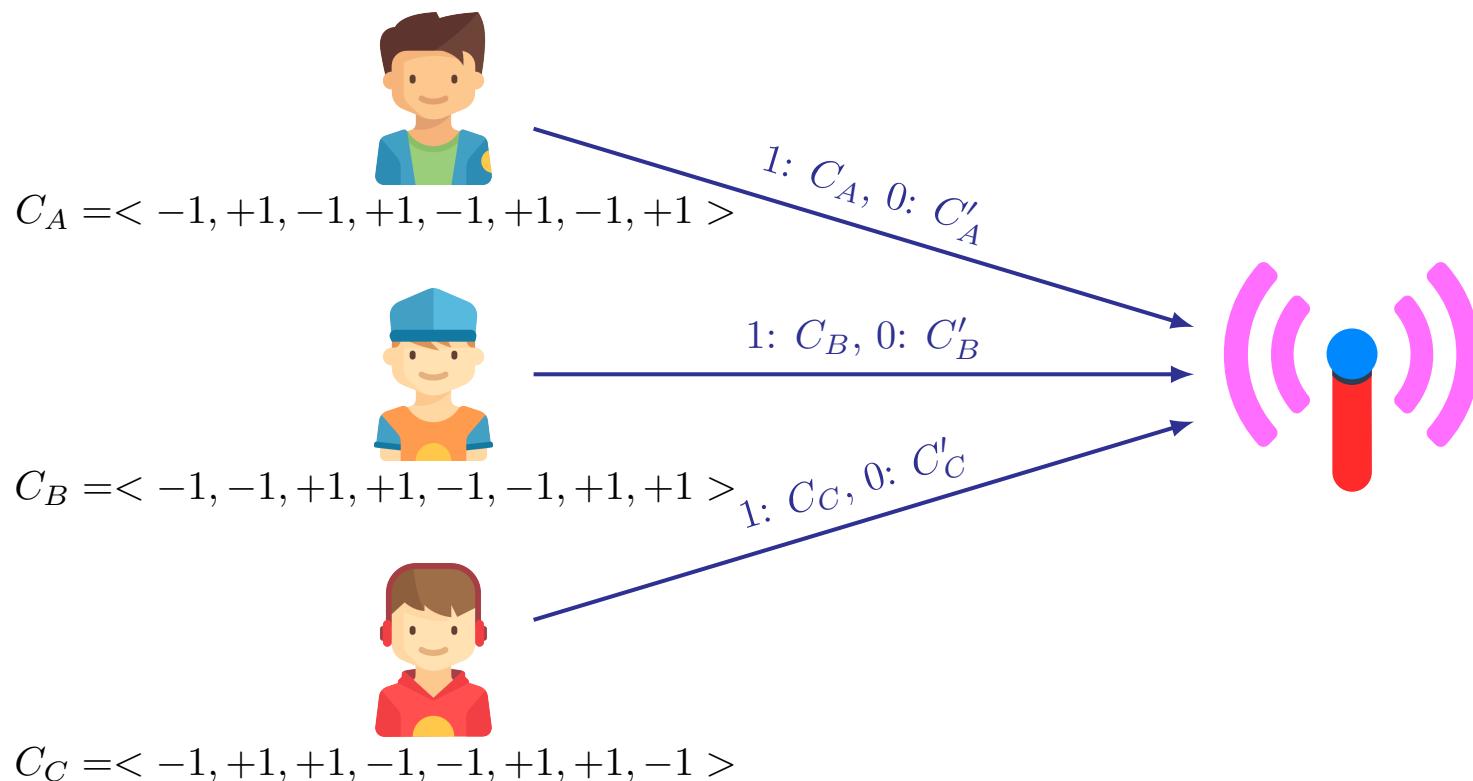
CDMA (Code Division Multiple Access): استفاده برای حل چالش دسترسی چندگانه.

- به عنوان نمونه: شبکه‌های تلفن همراه 3G.



# روش‌های دسترسی چندگانه - CDMA (ادامه)

فرض کنید در یک شبکه می‌خواهیم سازوکار CDMA را بین سه کاربر  $A$ ،  $B$  و  $C$  ایجاد نماییم. در ابتدا شبکه به هر یک از این سه کاربر یک کد یکتا اختصاص می‌دهد.



یک روش تسهیم است که از تکنیک طیف گسترده استفاده می‌کند. در این روش به هر کاربر یک کد از مجموعه کدهای عمود برهم اختصاص می‌یابد، بعد از اختصاص این کد، کاربران می‌توانند بدون تداخل به تبادل اطلاعات مبادرت ورزند. در CDM در حقیقت توان سیگنال بین کاربران تسهیم می‌شود.

در CDMA به هر کاربر یک کد از مجموعه کدهای متعامد تخصیص داد می‌شود. به عنوان مثال در اینجا سه کاربر داریم که کدهای زیر را به هر یک تخصیص داده‌ایم.

$$C_A = \langle -1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, +1 \rangle$$

$$C_B = \langle -1, -1, +1, +1, -1, -1, +1, +1 \rangle$$

$$C_C = \langle -1, +1, +1, -1, -1, +1, +1, -1 \rangle$$

فرض کنید که  $A$  می‌خواهد بیت 1 را ارسال کند.  $A$  برای ارسال بیت 1 کد تخصیص یافته به خودش را ارسال می‌کند و برای ارسال 0 کد مکمل (Complement) کد تخصیص یافته را ارسال می‌کند. کد  $A$  برابر با  $d = \langle -1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, +1 \rangle$  بود، لذا برای ارسال بیت یک،  $A$  باید دنباله  $-1, +1, -1, +1, -1, -1$  را ارسال کند.

را ارسال کند. از آن طرف در سمت گیرنده (با فرض همزمانی بین فرستنده و گیرنده)، با فرض این که گیرنده کد  $A$  را دارد، محاسبه زیر را انجام می‌دهد:

$$S_A(<-1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, +1>) = 8$$

با کمی محاسبه می‌توان دریافت که در صورتی که  $A$  بیت صفر را ارسال کند، مقدار حاصل ضرب ورودی به کد گیرنده برابر با  $6$ - می‌شود. خوب اکنون فرض کنید که  $B$  دنباله بیتی را تولید کند. مثلاً اگر  $B$  بخواهد بیت یک را بفرستد، آن‌گاه می‌بایست دنباله  $+1, -1, +1, +1, -1, -1, +1, +1$  را می‌فرستاد. اگر گیرنده اشتباه‌افکر کند که دنباله رسیده از  $B$  برای  $A$  بوده و آن را در کد  $A$  ضرب کند، با جواب صفر مواجه خواهد شد.

$$S_A(-1, -1, +1, +1, -1, -1, +1, +1) = 0$$

اتفاق جالبی رخ داد. سیگنال‌هایی که از  $B$  می‌رسند اگر به عنوان این‌که از  $A$  می‌رسند آشکارسازی شوند، جواب خروجی برابر صفر است. به عبارت دیگر اگر کدگشا (Decoder) به صورت خطی باشد، و در یک زمان هم

اطلاعات  $A$  ارسال شود و هم  $B$ ، گیرنده  $A$  تنها داده‌های  $A$  را آشکارسازی می‌کند. یعنی:

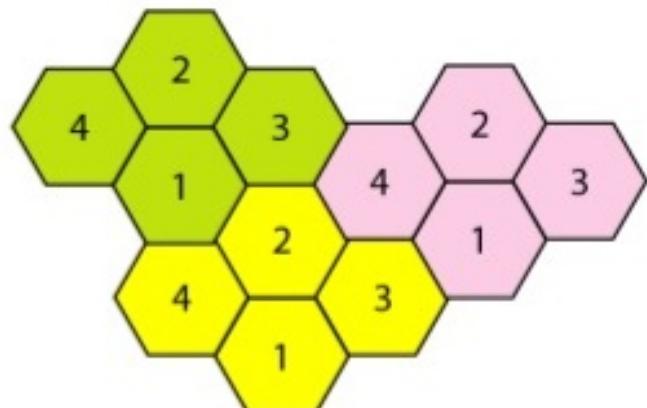
$$S_A(s_A + s_B) = S_A(s_A) + S_A(s_B) = S_A(s_A)$$

در این مثال  $S_B(c_A) = 0$  و  $S_A(c_B) = 0$  باشد، به کدهای تخصیص داده شده، کدهای متعامد می‌گوییم.

SDMA پندرہ سترشی روش

# روش‌های دسترسی چندگانه - SDMA (Space Division Multiplexing Access)

- اگر عملیات تسهیم را بر روی امواج ارسالی در فضا انجام دهیم به آن همتافتگری فضایی (SDM) می‌گوییم.
- آنتن‌های شبکه‌های دست‌یابی رادیویی با تنظیم توان ارسالی به محدوده‌ای خاص که به آن سلول می‌گوییم، نمونه‌ای از تسهیم‌بندی فضایی را بکار می‌گیرند.

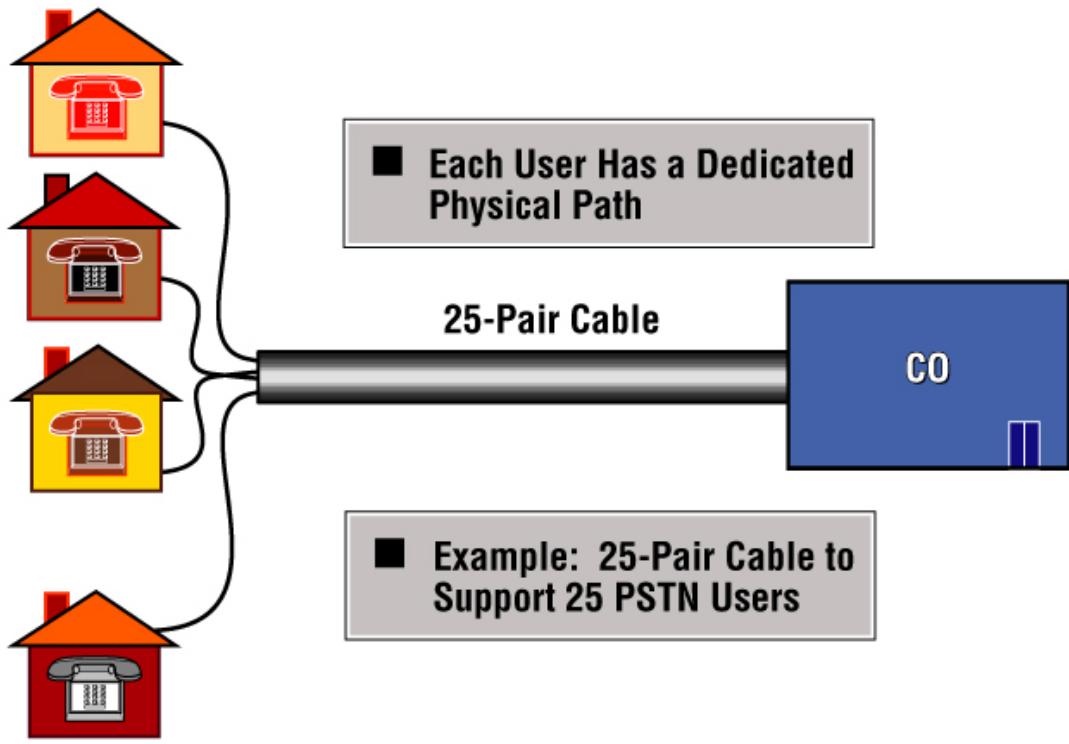


A reuse factor of 4



A reuse factor of 7

## روش‌های دسترسی چندگانه - SDMA (ادامه)

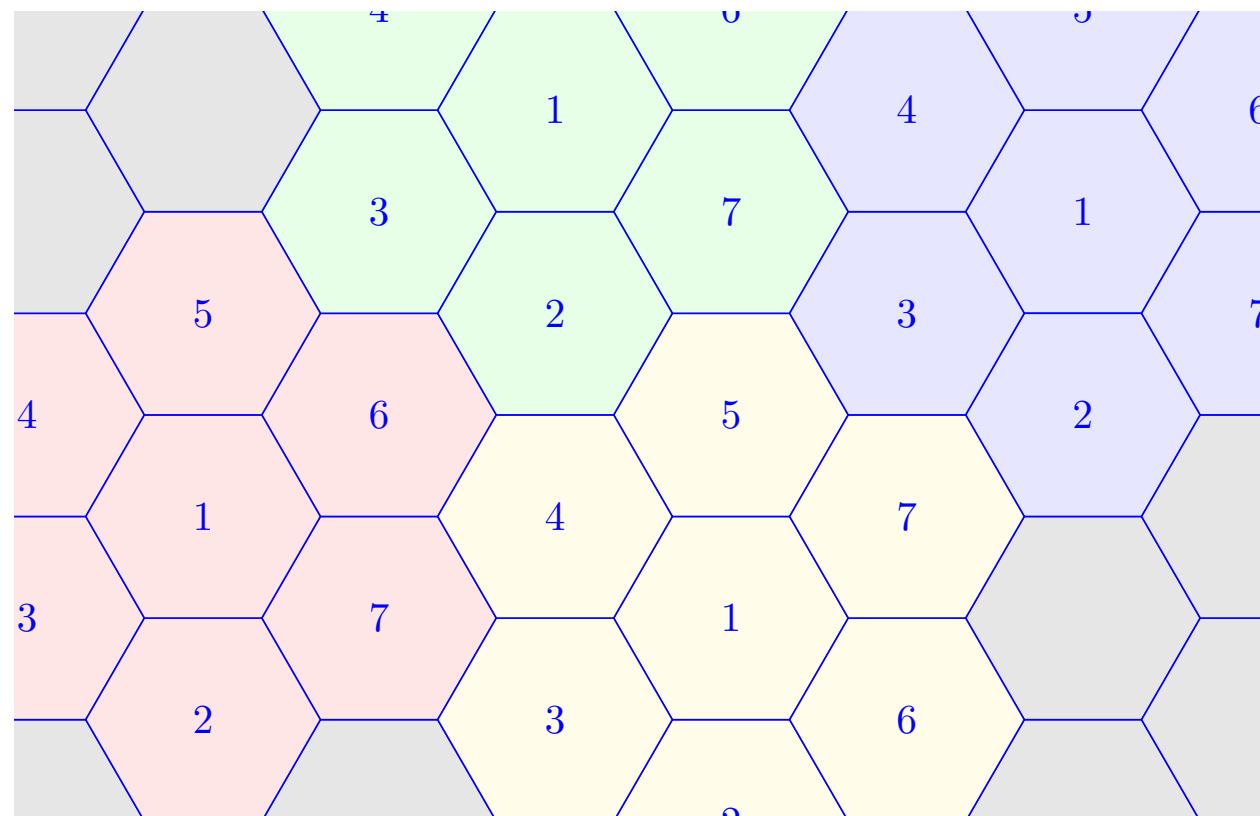


شکل فوق، نمونه‌ای از SDM را در شبکه‌های سیمی نمایش می‌دهد. هر کابل تلفن خود از ده‌ها کابل تشکیل شده است که هر کابل تشیکل یک خط تلفن را می‌دهد.

## بازمصرف فرکانسی (Frequency Reuse) - تعریف

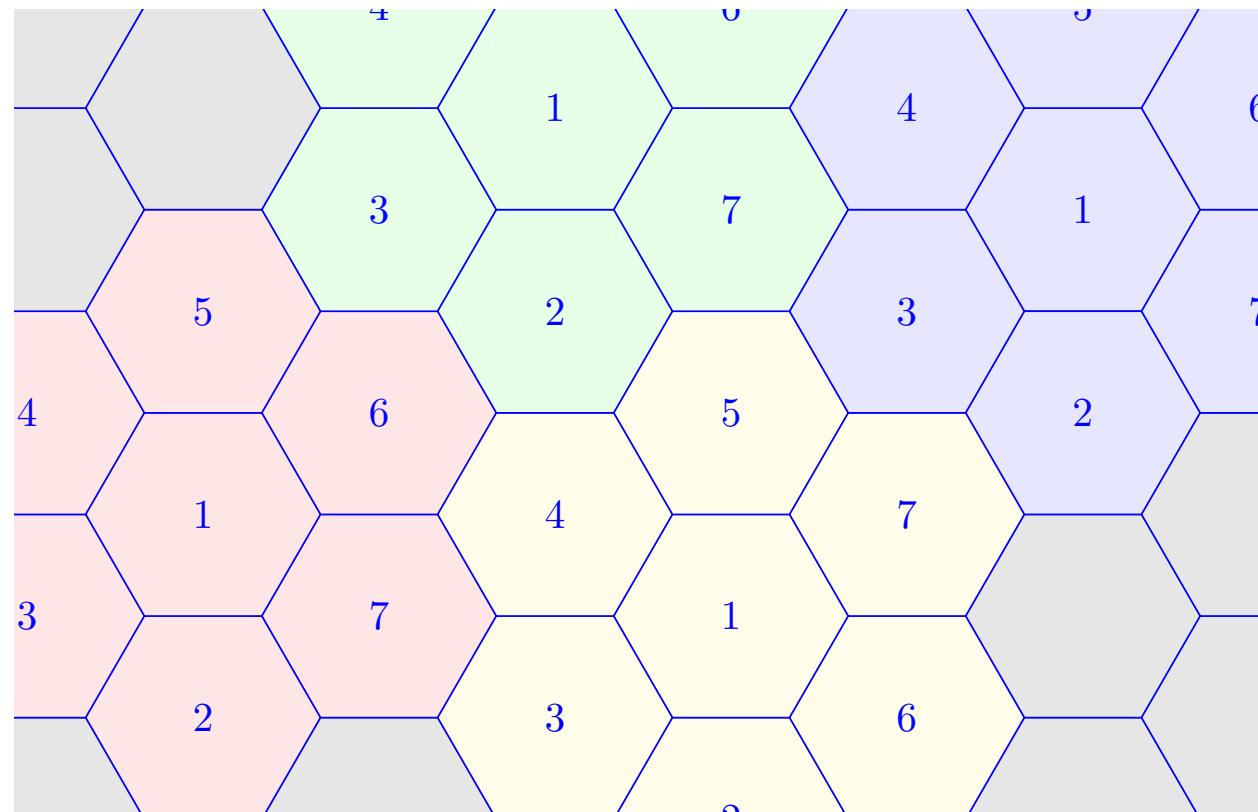
**بازمصرف فرکانسی** به استفاده مجدد از کانال‌های مورد استفاده در یک سلول در سلول‌های

دیگر شبکه، اصطلاحا بازصرف فرکانسی گفته می‌شود.

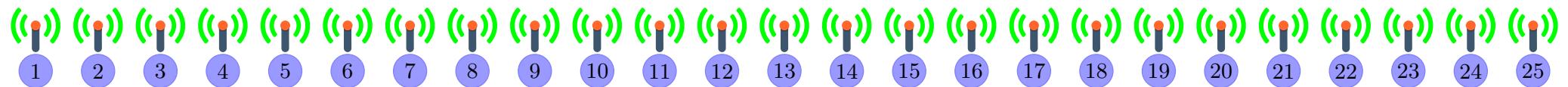


## بازمصرف فرکانسی (Frequency Reuse) - تعریف (ادامه)

- مهمترین محدودیت در بحث بازمصرف فرکانسی، عدم استفاده مجدد از یک فرکانس، در سلول‌های مجاور است، چرا که این کار موجب رخداد تداخل بین دو سلول مجاور خواهد شد.
- بازمصرف فرکانسی یا استفاده مجدد از کانال تعیین‌کننده میزان تداخل، ظرفیت و میزان کارایی سلول است.



## باز مصرف فرکانسی (Frequency Reuse) - حالت یک بعدی



☞ مدل یک بعدی، برای مدل سازی شبکه های تلفن همراه در بزرگراه ها مناسب است.

**مثال ۱** فرض کنید که به یک شبکه GSM،  $MHz$  ۲۵ پهنازی باند تخصیص داده شده است. ۲۵ سلول این

شبکه، به صورت خطی در طول یک بزرگراه نصب شده است.

## بازمصرف فرکانسی (Frequency Reuse) - حالت یک بعدی (ادامه)



محاسبه تعداد کل حامل‌ها (Carrier) بدون استفاده از سازوکار بازمصرف فرکانسی:

$$N = \frac{BW}{200 [kHz]} \Rightarrow N = \frac{25 \times 1000 [kHz]}{200 [kHz]} = 125 \quad (1)$$

بدون استفاده از سازوکار بازمصرف فرکانسی، به هر سلول تعداد پنج حامل‌ها تخصیص می‌یابد.

$$\times Cell_{Freqnum} = \frac{N}{Cell_{num}} \Rightarrow Cell_{freqnum} = \frac{125}{25} = 5 \quad (2)$$

$\times Cell_{Freq num}$  بیانگر تعداد سلول بدون بکارگیری سازوکار بازمصرف فرکانسی است.

## بازمصرف فرکانسی (Frequency Reuse) - حالت یک بعدی (ادامه)



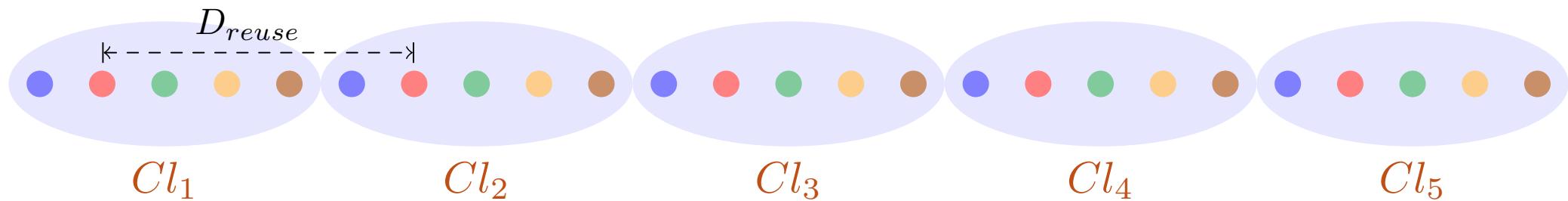
در هر حامل هشت شیار زمانی وجود دارد، به عبارت دیگر هر حامل هشت کanal فیزیکی را در برگرفته است.  
پس در کل تعداد کل کanal‌های فیزیکی شبکه به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$CH_{num} = N \times TS \implies CH_{num} = 125 \times 8 = 1000 \quad (3)$$

محاسبه تعداد کanal‌های ترافیکی (Traffic Channel) وابسته به نحوه پیکربندی فرکانس‌های یک سلول دارد. فرض کنید که یک حامل در هر سلول برای کanal کنترلی کنار گذاشته شده است.

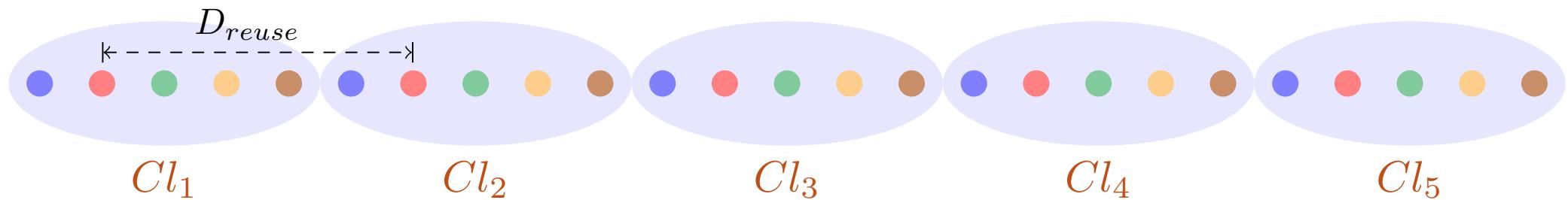
$$TCH_{num} = CH_{num} - SigCH_{num} = 1000 - 1 \times 25 \times 8 = 800 \quad (4)$$

## بازمصرف فرکانسی (Frequency Reuse) - حالت یک بعدی (ادامه)



- اکنون فرض می کنیم که در شبکه یادشده، از سازوکار بازمصرف فرکانسی استفاده می کند. بدینسان پارامتر بازمصرف فرکانسی را برابر با پنج در نظر می گیریم.
- یعنی می توان به سلول های شبکه حامل های یکسانی را تخصیص داد به شرطی که بین هر دو سلول هم فرکانس چهار سلول با فرکانس های متفاوت وجود داشته باشد.

## بازمصرف فرکانسی (Frequency Reuse) - حالت یک بعدی (ادامه)



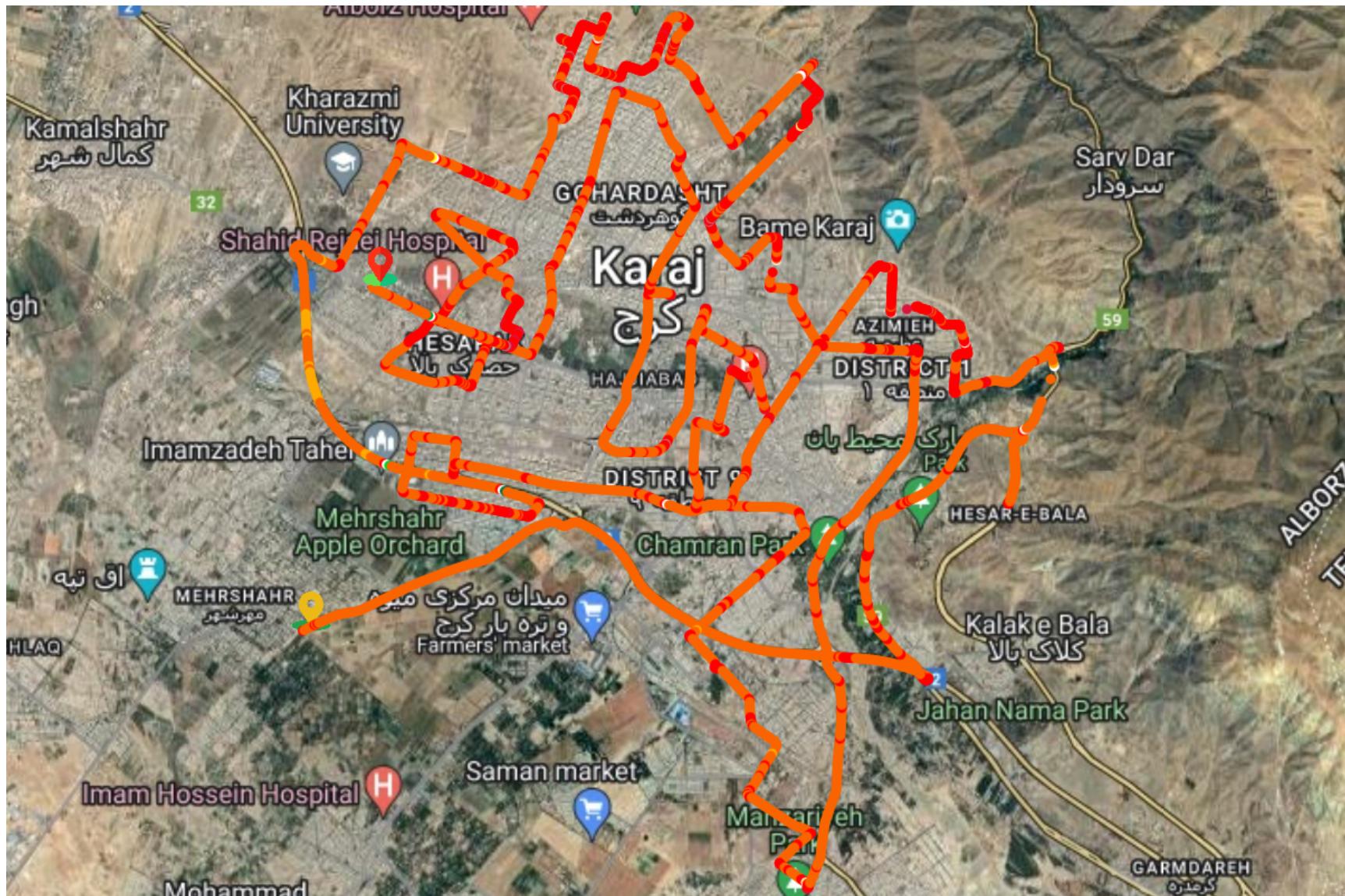
با این توصیفات به هر سلول، تعداد ۲۵ حامل تخصیص می‌یابد.

$$Cell_{freqnum} = \frac{N}{Freqreuse} \Rightarrow \frac{125}{5} = 25 \quad (5)$$

بدست آمده در رابطه (۳) در حالت بازمصرف فرکانسی، تنها تعداد کل کانال‌ها را برای یک گروه  $CH_{num}$  می‌داند. لذا تعداد کل کانال‌های شبکه برابر است با:

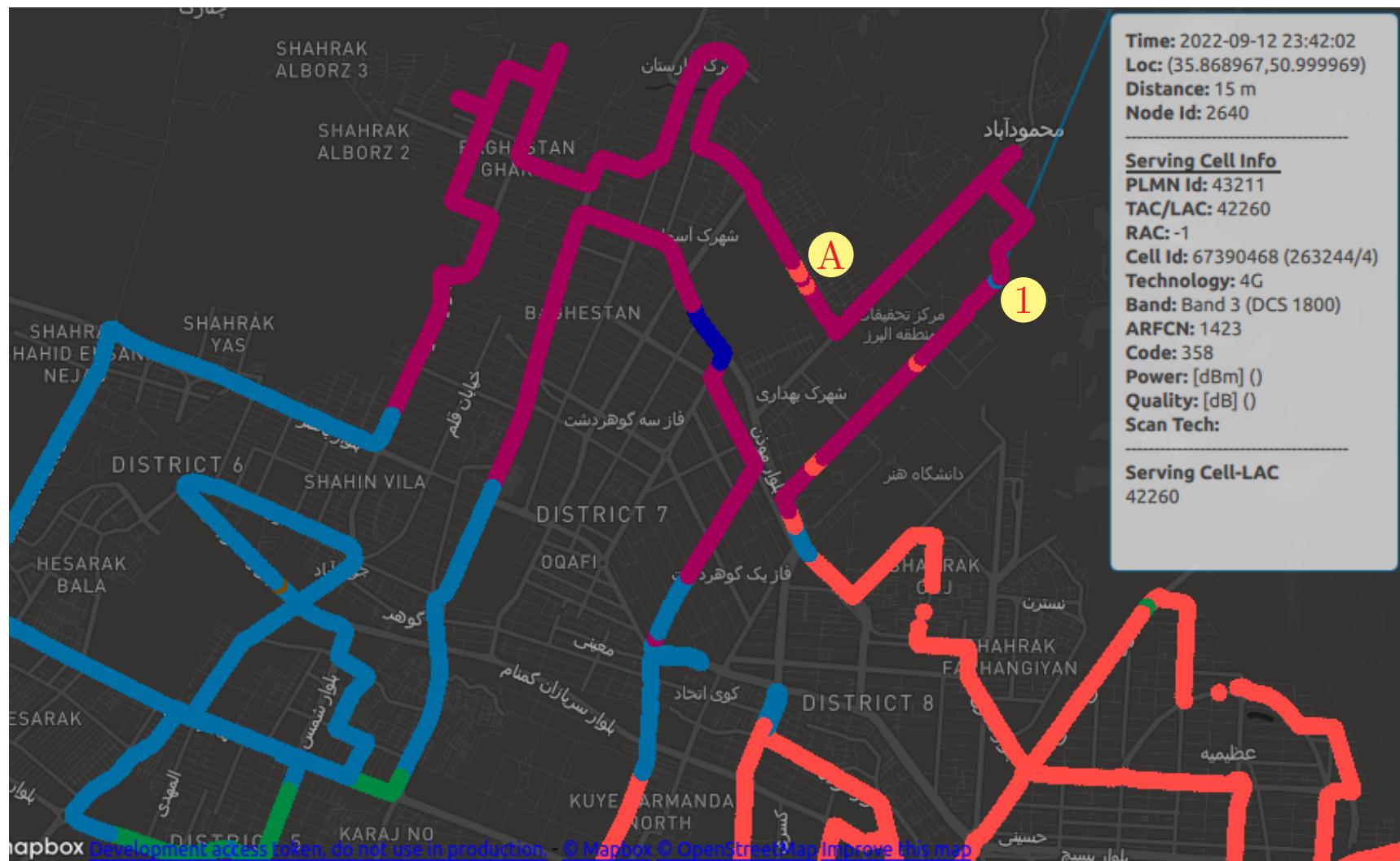
$$CH_{num} = N \times TS \times \frac{Cell_{num}}{Freqreuse} \Rightarrow CH_{num} = 125 \times 8 \times 5 = 5000 \quad (6)$$

# پوشش سلول‌ها و یک مشکل



مسیر تست در شهر کرج

# پوشش سلول‌ها و یک مشکل (ادامه)



مشکل Overshoot

## – تعریف MIMO (Multiple Input Multiple Output)

تعریف ۳

سامانه با چند ورودی و چند خروجی را به اختصار MIMO می‌گویند.



TP-LINK (TD-W8961ND)



TP-LINK (Talon AD7200)

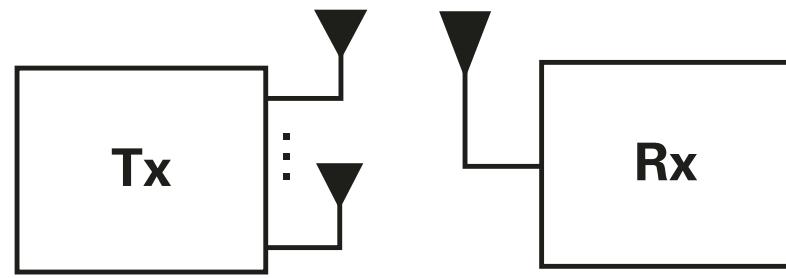
دو نمونه مودم شرکت TP-Link، که به طور مشخص یکی از آن‌ها از MIMO پشتیبانی می‌کند و دیگری تنها یک SISO است.

## تعريف - MIMO (Multiple Input Multiple Output)

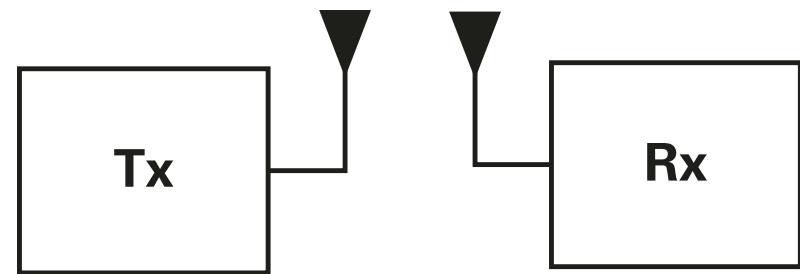
مقایسه دو مدل مودم ساخت شرکت TP LINK 

		
Name	Talon AD7200	TD-W8961ND
Wireless Standard	IEEE 802.11 a, n, g, b, ac (WiFi), ad (WiGig)	IEEE 802.11n, g, b (WiFi)
Signal Rate	2.4GHz Band: Up to 800Mbps 5GHz Band: Up to 1733Mbps 60GHz Band: Up to 4600Mbps	2.4GHz Band: Up to 150Mbps Not supported Not supported
MU-MIMO	4 Devices Simultaneously	Only one device
Beamforming	Supported	Not supported

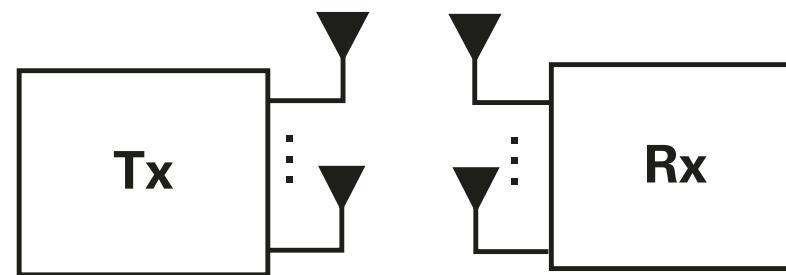
# پیکربندی‌های مختلف فرستنده و گیرنده در سامانه‌های مخابراتی



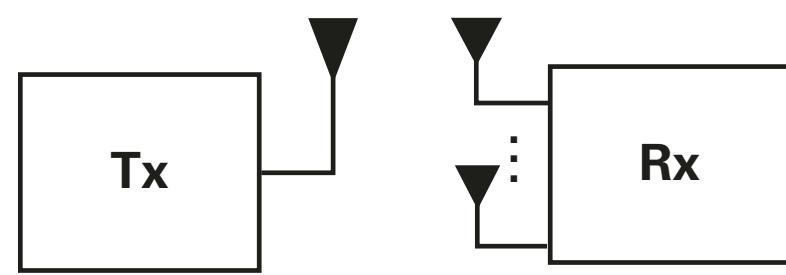
MISO (ب)



SISO (ا)



MIMO (د)



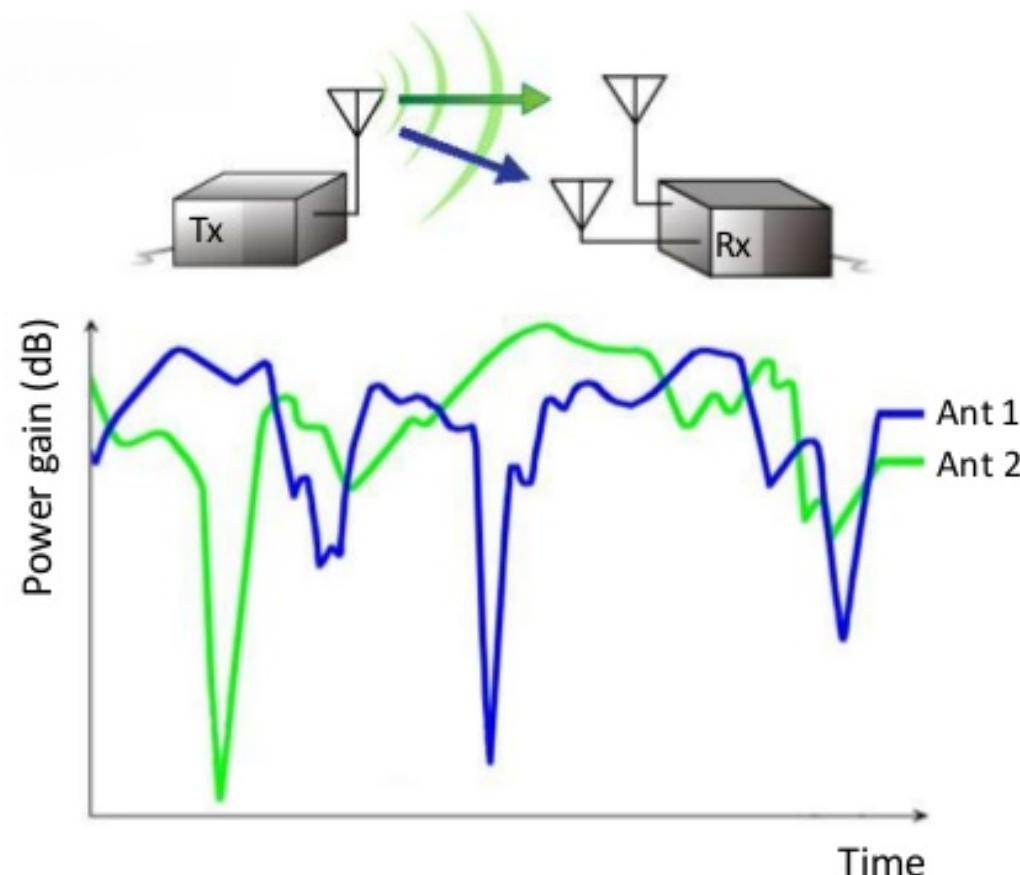
SIMO (ج)

## تعریف مرتبه MIMO

مرتبه MIMO برابر است با حداقل تعداد مسیر مستقل ممکن بین فرستنده و گیرنده. به MIMO ای

### تعریف ۴

که دارای  $N_t$  آنتن فرستنده و  $N_r$  آنتن گیرنده باشد، سامانه MIMO  $N_t \times N_r$  گفته می‌شود.



☞ انواع روش‌هایی که می‌توان Diversity ایجاد کرد:

Frequency Diversity •

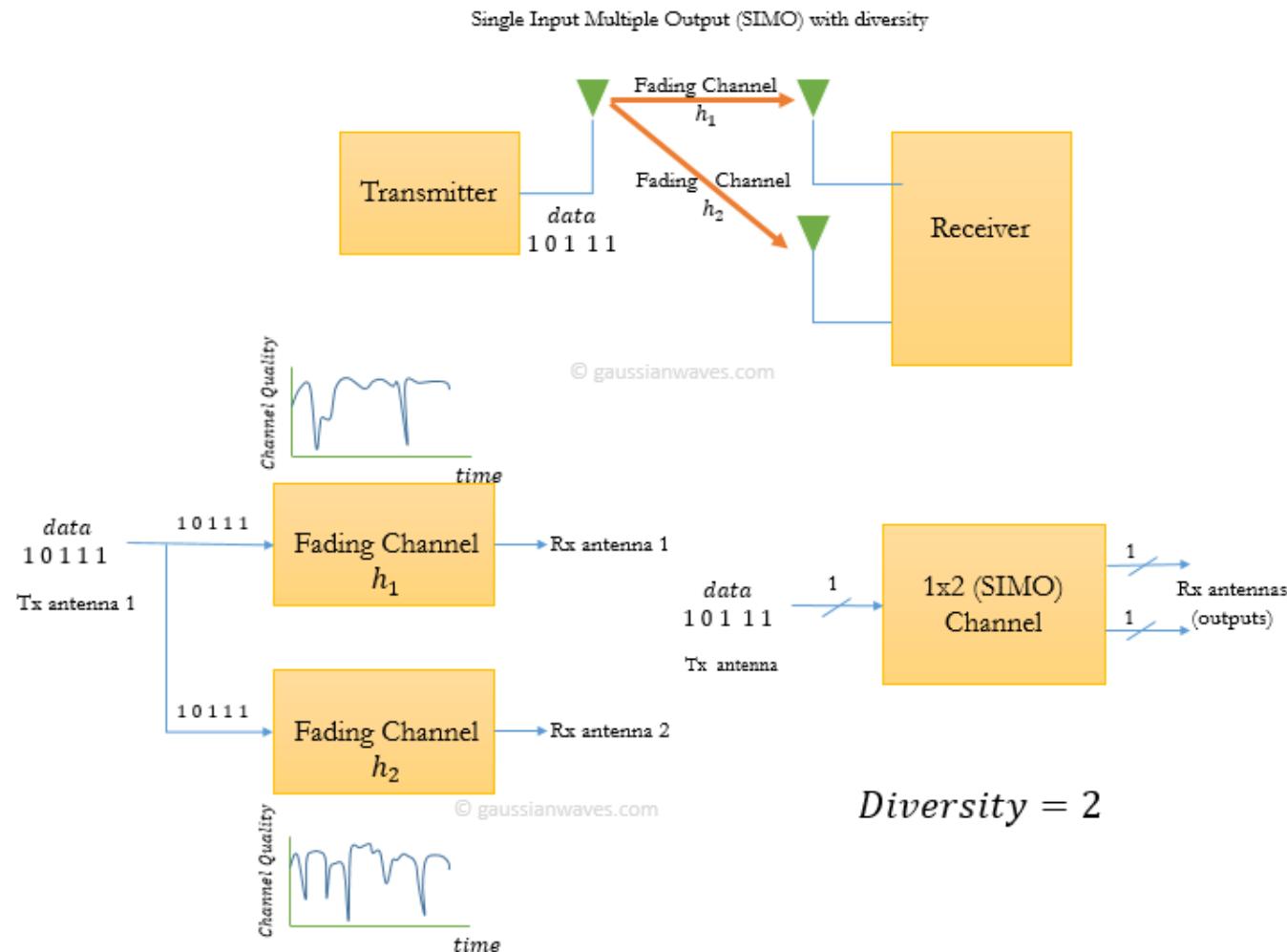
Time Diversity •

Spatial Diversity •

☞ تنوع فضایی (Spatial Diversity): هر یک از آنتن همان داده‌ای ارسال کند، که دیگری ارسال می‌کند یا گیرنده دو آنتن دارد. گیرنده با مقایسه سیگنال دریافتی می‌تواند با این روش به اصلاح خطأ بپردازد.

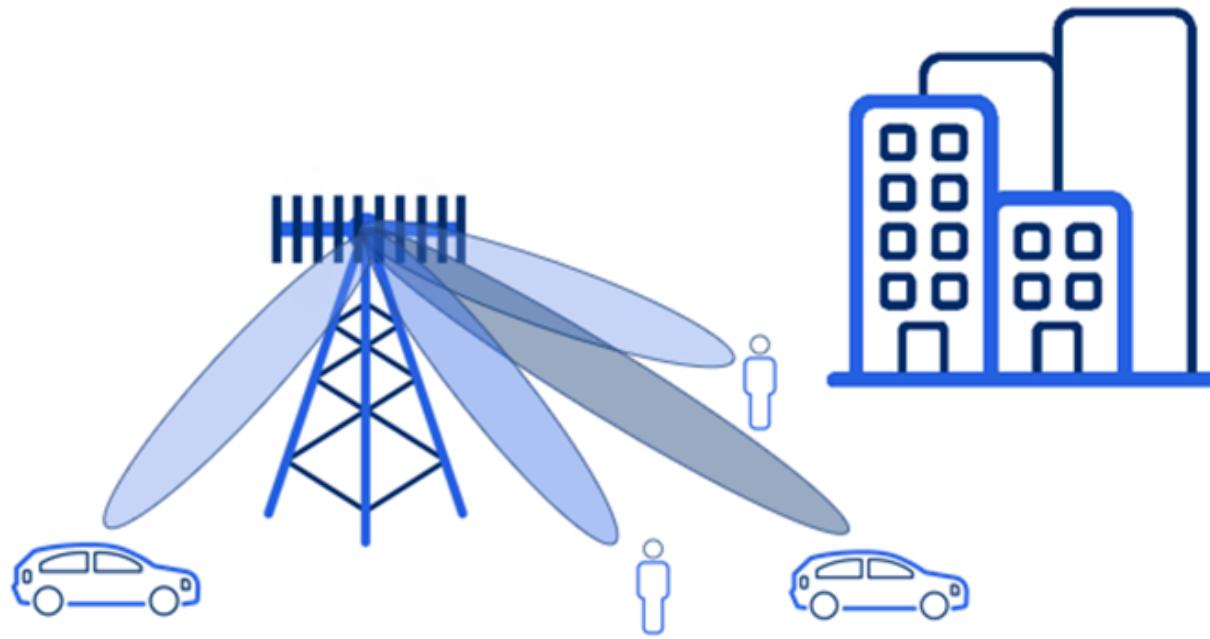
☞ این روش زمانی کارایی دارد که سیگنال‌های دریافتی نسبت به هم تا حد معقولی مستقل باشند.

# کاربردهای MIMO (ادامه)



همتافتگری فضایی (*Spatial Multiplexing*): هر یک از آنتن‌ها قسمتی از بیت‌های اطلاعات را بفرستند. با استفاده از این روش نرخ ارسال فرستنده می‌تواند افزایش یابد.

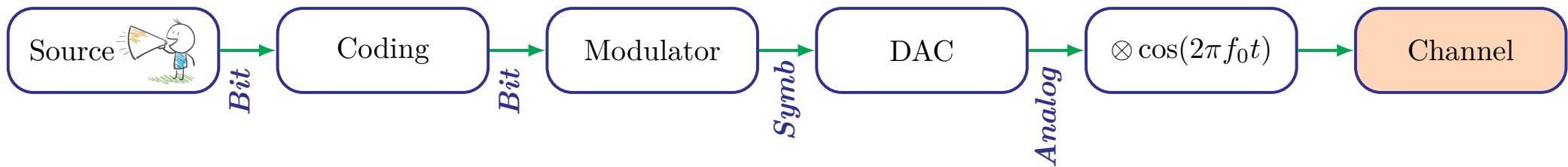
## کاربردهای MIMO (ادامه)



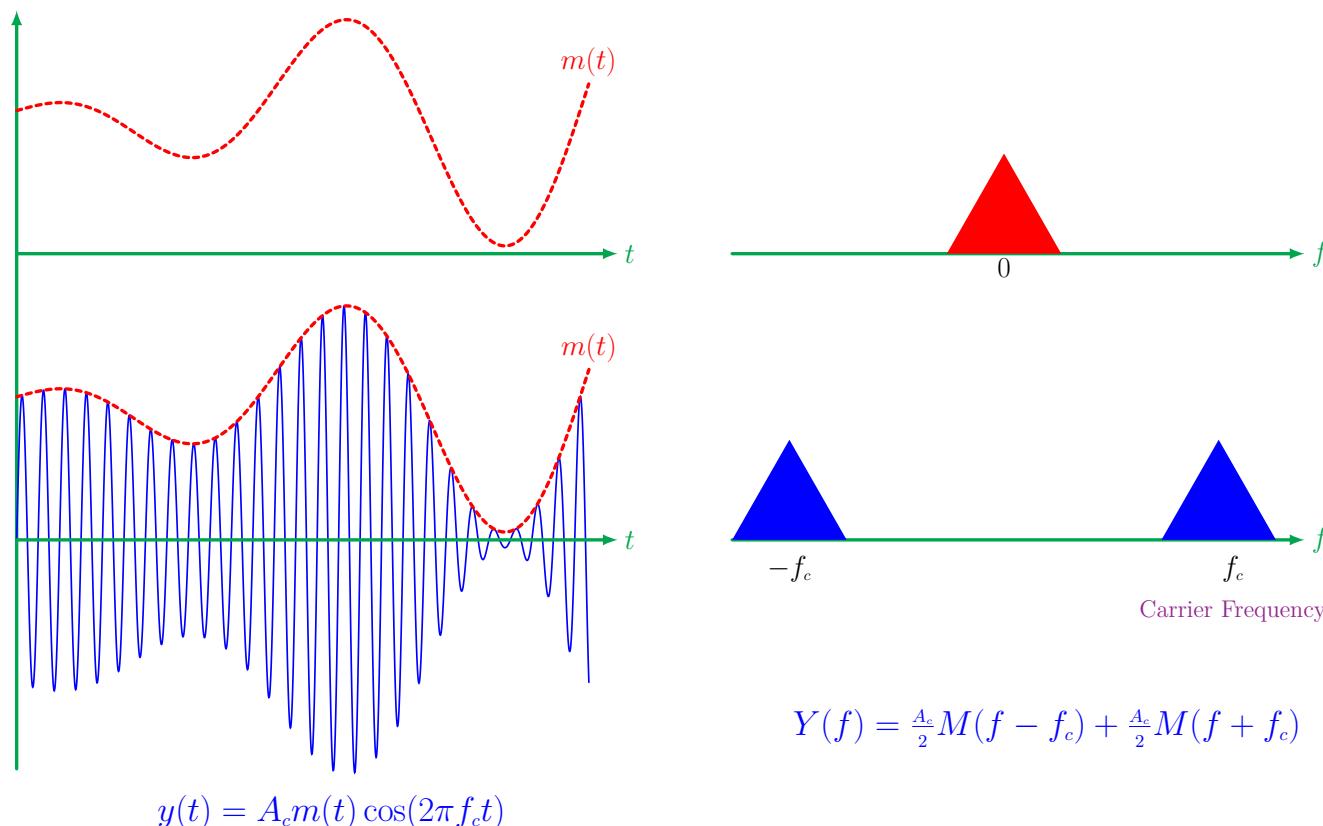
بیم دهی (*Beamforming*): آنتن‌های فرستنده به گونه‌ای عمل کنند، که تمامی امواج به صورت یک شعاع به سمت گیرنده ارسال شود. بدین طریق کاربران دیگر می‌توانند از همان پهنانی باند استفاده مجدد بکنند.

OFDMA ٻنچ ٺڻ ڪسٽر ۾ ۾

# مخابرات تک حاملہ (Single Carrier Communication)

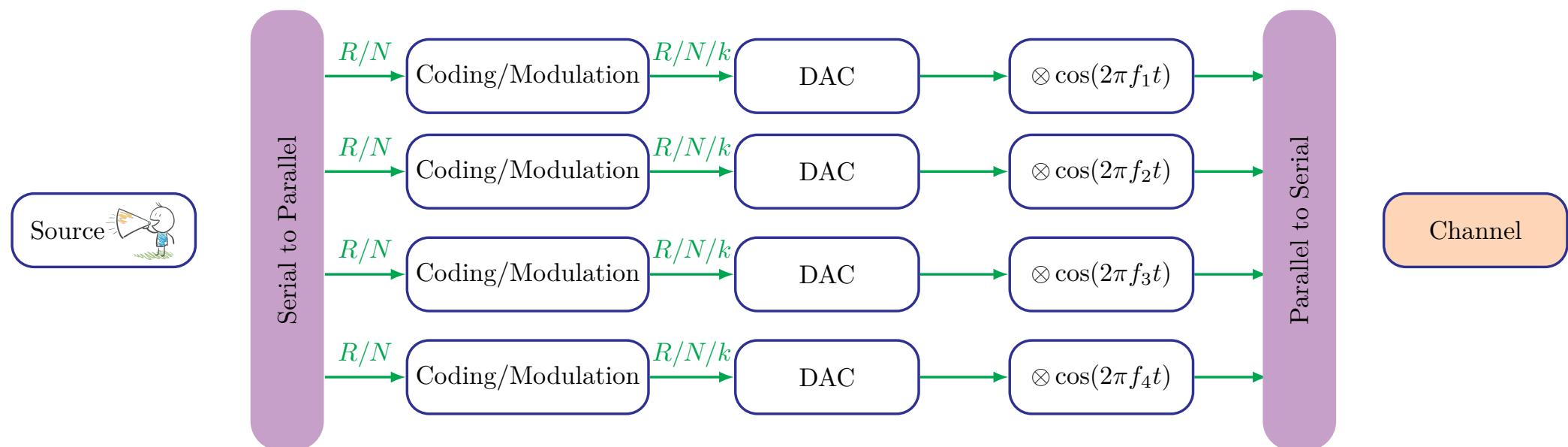


در مخابرات تک حاملہ تمام اطلاعات با یک سیگنال کسینوسی با فرکانس مشخص ارسال می شود.



# مخابرات چند حامله (Multi Carrier Communication)

در این حالت فرستنده سیگنال خود را به چند بخش تقسیم می‌کند و اطلاعات هر بخش را با یک سیگنال کسینوسی با فرکانس حامل مشخص ارسال می‌کند.



## مخابرات چند حامله (ادامه) (Multi Carrier Communication)

ساده‌ترین روش مخابرات چند حامله، روش FDM است. در گذشته در صنایع نظامی به این روش اصطلاحاً  گفته می‌شد. Multi tone

### نکته

با کاهش پهنای باند سیگنال، کanal مخابراتی برای هر یک از بخش‌های سیگنال مانند کanal محوشونده تخت خواهد بود. اگر پهنای باند سیگنال ارسالی کمتر از پهنای باند همدوس کanal باشد، کanal محوشونده تخت می‌باشد.

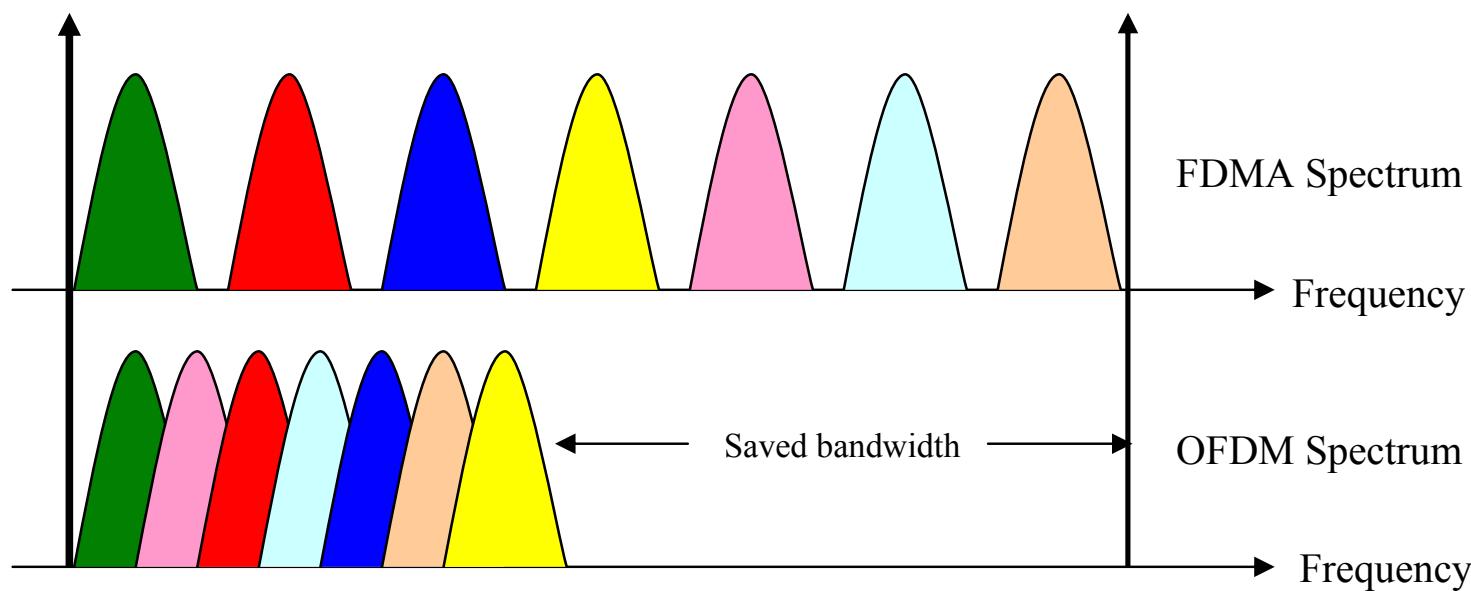


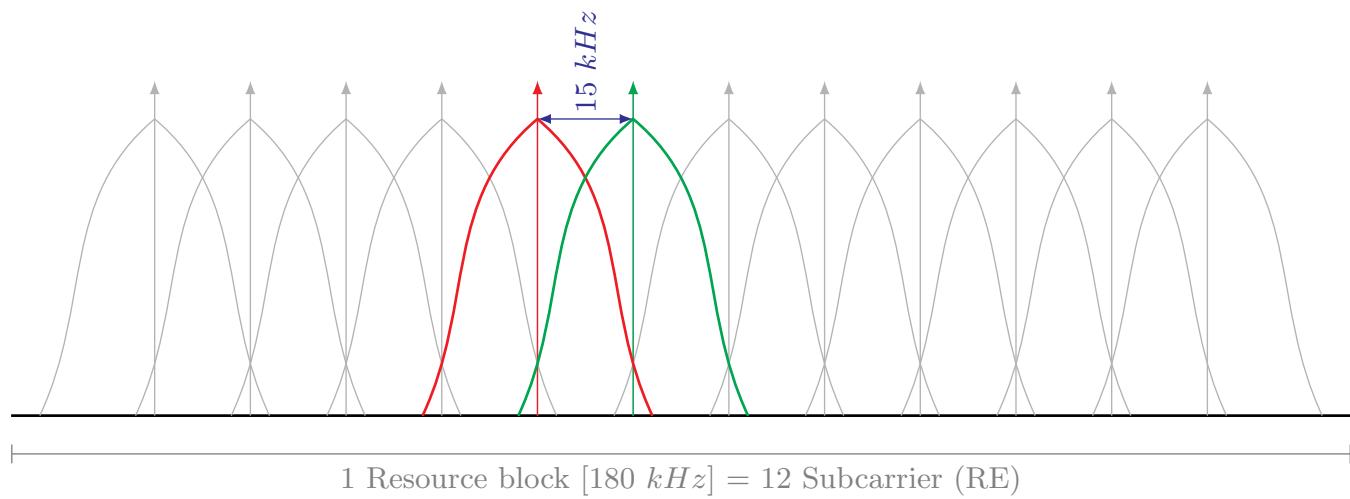
## روش‌های دسترسی چندگانه - OFDMA

. OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)  یک نسخه توسعه‌یافته FDM است.

: OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)  استفاده در دسترسی چندگانه.

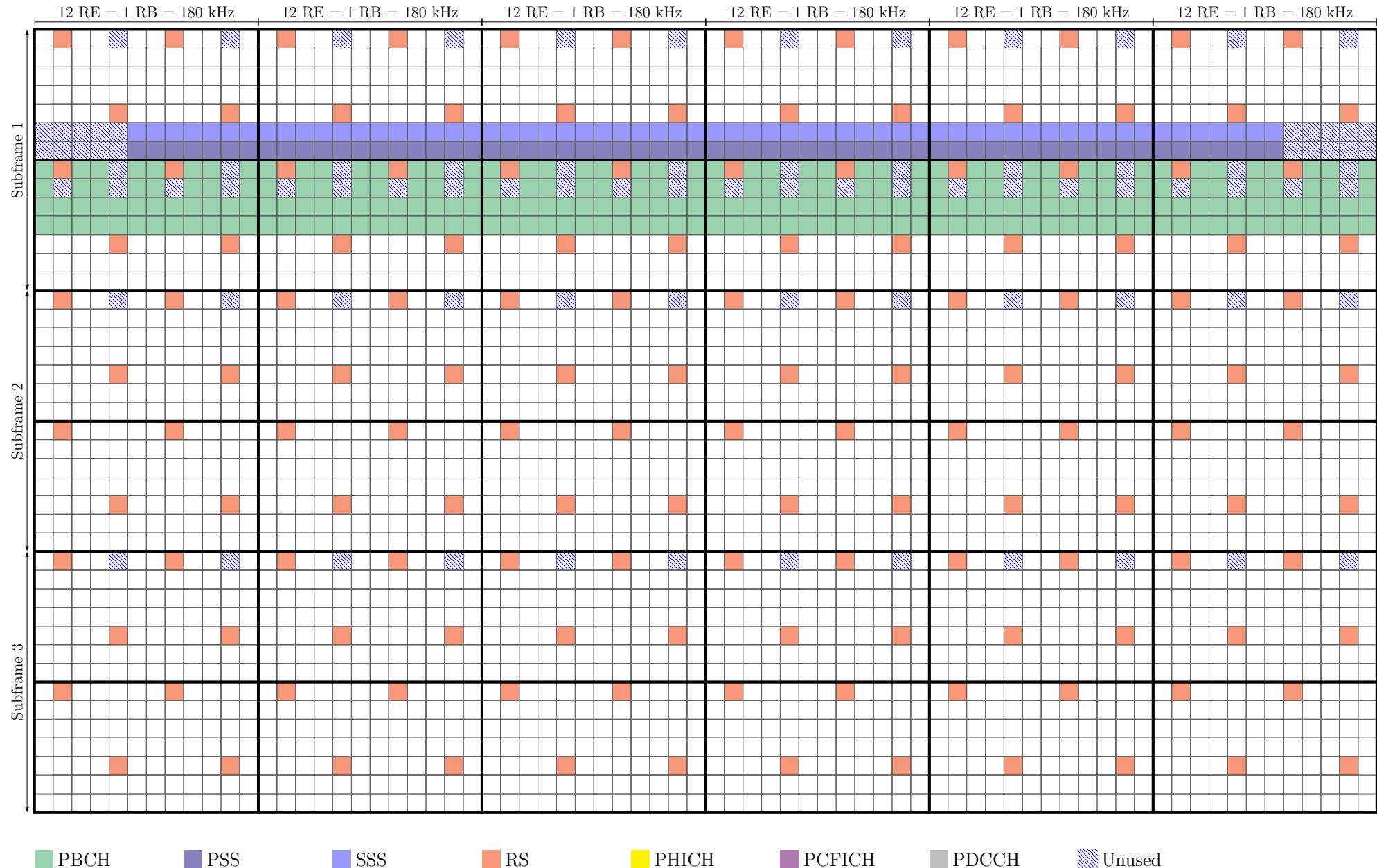
• به عنوان نمونه: شبکه‌های تلفن همراه 4G و (WiFi 6 IEEE 802.11 ax)





گروهی جزء منبع، تشکیل یک قالب منبع را می‌دهد. هر قالب منبع (RB) بازه زمانی برابر با یک شیار زمانی و بازه فرکانسی برابر با  $180 kHz$  را اشغال می‌کند. بازه فرکانسی  $180 kHz$  ۱۲ زیرحامن را در بر می‌گیرد.

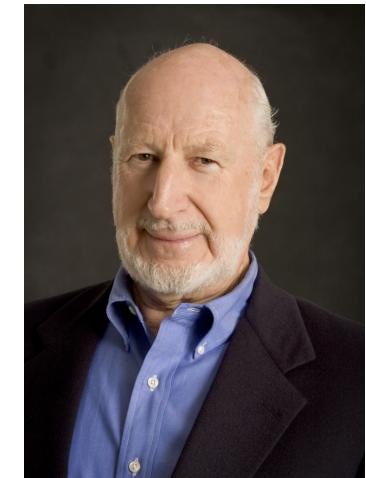
# LTE ↗ RB



# روش‌های (سترسی نمایاندن)

## دسته پروتکل‌های دسترسی تصادفی

PS (Packet ALOHAnet) را می‌توان اولین شبکه مخابرات بی‌سیم برای انتقال داده‌های ALOHAnet نامید، که توسط Norman Abramson و همکارانش در سال ۱۹۷۱ در دانشگاه Hawaii ساخته شد. ALOHA واژه‌ای است که بومیان هاوایی به منظور دوستی، عشق، احترام و آرامش استفاده می‌کنند.



ALOHA یک پروتکل بسیار ساده لایه MAC است، که فرستنده هر زمان که می‌خواهد می‌تواند

### تعريف ۵

داده خود را ارسال کنند، اگر تصادم رخداد چی؟

تفاوت بین Pure ALOHA (بی‌منطق‌ترین حالت) و Slotted ALOHA. کدام بهره بالاتری دارد؟

## تعريف ۶

فرستنده قبل از ارسال، می‌بایست کanal را چک CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

کند، در صورتی که کanal مشغول نبود می‌تواند ارسال انجام بدهد.

دو نسخه توسعه یافته از CSMA :

CSMA-CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) •

CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) •

**سوال اول** مقایسه بین FDMA و TDMA. تفاوت‌ها، مزایا و معایب نسبت به همدیگر

**سوال دوم** مقایسه بین TDD و FDD. تفاوت‌ها، مزایا و معایب نسبت به همدیگر

**سوال سوم** چرا فرکانس پیوند فروسو از فراسو در FDD بالاتر است؟ ایا این اتفاق در مخابرات ماهواره‌ای نیز به

همین صورت است؟

**سوال چهارم** کدهای متعامد چگونه تولید می‌شوند؟ نقش چند جمله‌های مولد در این میان چیست؟

**سوال پنجم** در مورد مزایا و معایب CDMA نسبت FDMA و TDMA چیست؟

**سوال ششم** در مورد تمایز بین CSMA/CA و CSMA/CD تحقیق کنید.

## مراجع

# فهرست اختصارات

## A

AM ..... Amplitude Modulation

## C

CDM ..... Code Division Multiplexing

CDMA ..... Code Division Multiple Access

CSMA ..... Carrier Sense Multiple Access

## F

- FDD ..... Frequency Division Duplexing
- FDM ..... Frequency Division Multiplexing
- FDMA ..... Frequency Division Multiple Access
- FM ..... Frequency Modulation

## G

- GSM ..... Global System for Mobile Communication

I

ISI ..... Intersymbol Interference

L

LAN ..... Local Area Network

LLC ..... Logical Link Control

LTE ..... Long Term Evolution

# M

MAC ..... Medium Access Control

MIMO ..... Multiple Input Multiple Output

# O

OFDM ..... Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OFDMA ..... Orthogonal Frequency Division Multiple Access

R

RB ..... Resource Block

S

SDM ..... Space Division Multiplexing

SDMA ..... Space Division Multiplexing Access

SISO ..... Single-input Single-output System

T

TDD ..... Time Division Duplex

TDM ..... Time Division Multiplexing

TDMA ..... Time Division Multiple Access

# واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

C

Capacity ..... ظرفیت ..... Capacity ..... مجاور .....

Carrier ..... حامل .....

Cell ..... سلول .....

Channel ..... کانال .....

Channel Reuse ..... استفاده مجدد از کانال .....

Coverage ..... پوشش .....

Collision ..... تصادم .....

A

Adjacent ..... مجاور .....

B

Bandwidth ..... پهنای باند .....

Beamforming ..... بیم دهی .....

Decoder .....	کدگشا	Collision Resolution .....	تفکیک تصادم .....
Dedicated Channel .....	کanal اختصاصی	Complement .....	مکمل .....
Duplexing .....	دو جهتی .....	Configuration .....	پیکربندی .....
Dynamic .....	پویا .....	Conflictfree .....	بدون رقابت .....
Digital .....	رقمی .....	Contentionbased .....	مبتنی بر رقابت .....
Downlink .....	پیوند فروسو .....	Control Channel .....	کanal کنترلی .....

F

D

Fading .....	محوشدگی .....	Data Link Layer .....	لایه پیوند داده .....
Fairness .....	عدالت .....	Data Rate .....	نرخ داده .....

H

Half-Duplex ..... یک طرفه .....

دو طرفه همگاه .....

I

Interference ..... تداخل .....

محوشدگی تخت ..... Flat Fading .....  
Frame ..... قاب .....

باز مصرف فرکانسی ..... Frequency Reuse .....  
Frequency Selective ..... محوشدگی انتخابگر فرکانسی .....

L

Link ..... پیوند .....

G

Logical ..... منطقی .....

باند محافظ ..... Guard Band .....

N

Node ..... گره Medium ..... رسانه .....

M

Medium Access ..... دسترسی به رسانه .....

P

Performance ..... کارایی

Physical Channel ..... کanal فیزیکی

Multi Carrier ..... مخابرات چند حامله .....

Communication

Multiple Access ..... دسترسی چندگانه .....

Multiple Access Control ..... کنترل دسترسی چندگانه .....

Multiplexer ..... همتافتگر .....

Multiplexing ..... همتافتگری .....

Sub Carrier .....	زیر حامل .....	R
Synchronization .....	هم زمان سازی .....	شبه تصادفی .....
Shared Medium .....	رسانه مشترک .....	دسترسی تصادفی .....
Single Carrier .....	مخابرات تک حامله .....	استفاده مجدد .....
	Communication Resource .....	منبع .....
Slot .....	شیار .....	قالب منبع .....
Slotted .....	شیار دار .....	جزء منبع .....
Space Division Multiplexing .....	هم تافتگری فضایی .....	
Spatial Diversity .....	تنوع فضایی .....	S
Spatial Multiplexing .....	هم تافتگری فضایی .....	
Spread Spectrum .....	طیف گسترده .....	زمان بندی شده .....
	Scheduled .....	

ایستان ..... Static .....

## T

شیار زمانی ..... Time Slot .....

کanal ترافیکی ..... Traffic Channel .....

## U

پیوند فراسو ..... Uplink .....

کاربر ..... User .....

بهره‌وری ..... Utilization .....

# واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

Guard Band ..... باند محافظت.....

Conflictfree ..... بدون رقابت Reuse ..... استفاده مجدد

Utilization ..... Channel Reuse ..... استفاده مجدد از کanal ... بهره‌وری ..

Beamforming ..... Static ..... بیم دهی .. ایستان ..

پ

Coverage ..... Frequency Reuse ..... بازصرف فرکانسی .. پوشش ..

Collision Resolution ..... تفکیک تصادم ..... Dynamic ..... پویا ..

Spatial Diversity ..... تنوع فضایی ..... Bandwidth ..... پهنه‌ی باند ..

Configuration ..... پیکربندی ..

Link ..... پیوند ..

## ج

Uplink ..... پیوند فراسو ..

Resource Element ..... جزء منبع ..... Downlink ..... پیوند فروسو ..

## ح

### حامل

Carrier ..... تداخل ..

Interference ..... تداخل ..

Collision ..... تصادم ..

## ت

Carrier ..... حامل ..

Digital ..... رقمی	د
Medium Access .....	دسترسی به رسانه .....
Random Access .....	دسترسی تصادفی .....
ز	دسترسی چندگانه .....
Scheduled ..... زمانبندی شده .....	دو جهتی .....
Duplexing .....	دو طرفه همگاه .....
Sub Carrier ..... زیر حامل .....	Full Duplex .....
س	ر
Cell ..... سلول	رسانه .....
Medium .....	رسانه مشترک .....

ش

ظ

Capacity .....	ظرفیت .....	Random .....	شبہ تصادفی .....
		Slot .....	شیار .....
		Time Slot .....	شیار زمانی .....
	ع	Slotted .....	شیاردار .....
Fairness .....	عدالت .....		

ط

ق

Frame .....	قاب .....	Spread Spectrum .....	طیف گسترده .....
Resource Block .....	قالب منبع .....		

ک

گ

Node .....	گره Performance .....	کارایی .....
	User .....	کاربر .....
	Channel .....	کanal .....
	Dedicated Channel .....	کanal اختصاصی .....
Data Link Layer .....	لایه پیوند داده .....	کanal ترافیکی .....
	Traffic Channel .....	کanal فیزیکی .....
	Physical Channel .....	کanal کنترلی .....
	Control Channel .....	کدگشا .....
Contentionbased .....	مبتنی بر رقابت .....	Decoder .....
Adjacent .....	مجاور .....	کنترل دسترسی چندگانه .....

منطقی	Logical .....	منبع ..	Synchronization .....	همزمان سازی ..	Resource .....	مکمل ..	Complement .....	همتافتگری فضایی .	Space Division Multiplexing .....	Multiplexing .....	همتافتگری	Multiplexer .....	مخارفات چند حامله ..	Communication .....	Multiplexer .....	همتافتگر ..	Multi Carrier .....	Flat Fading .....	محوشدگی تخت ..	Data Rate .....	نرخ داده ..	ن	Frequency Selective ..	محوشدگی انتخابگر فرکانسی .	Fading .....	محوشدگی ..
Communication	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Communication	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Communication	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Communication	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

۵

یک طرفه .....  
Half-Duplex .....