



# شبکه های مخابراتی

سید حمید صفوی

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه محقق اردبیلی

نیمسال دوم ۹۷-۹۸

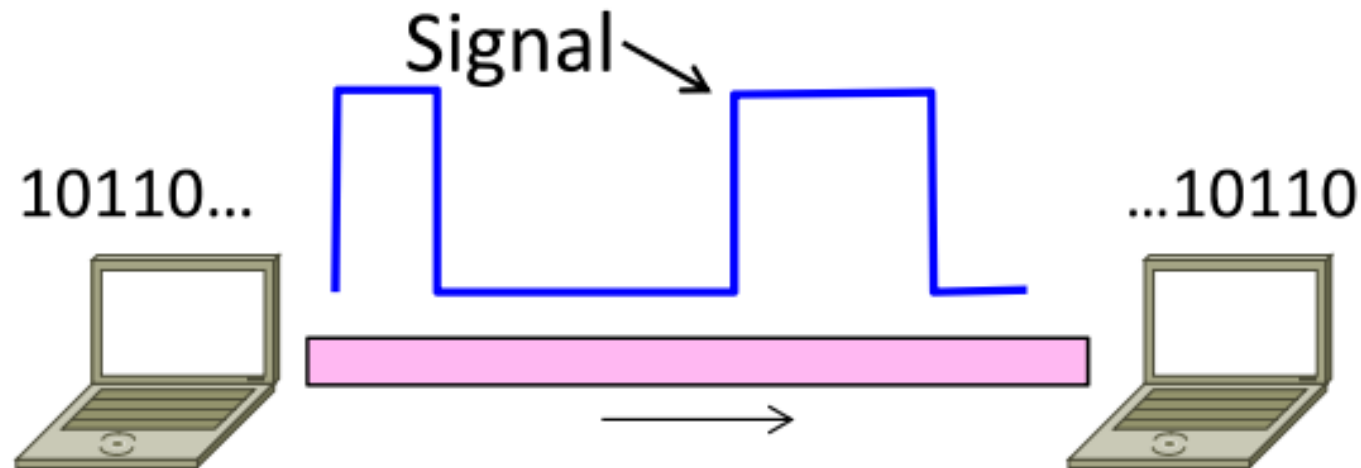
# سیگنال‌ها





# عنوان

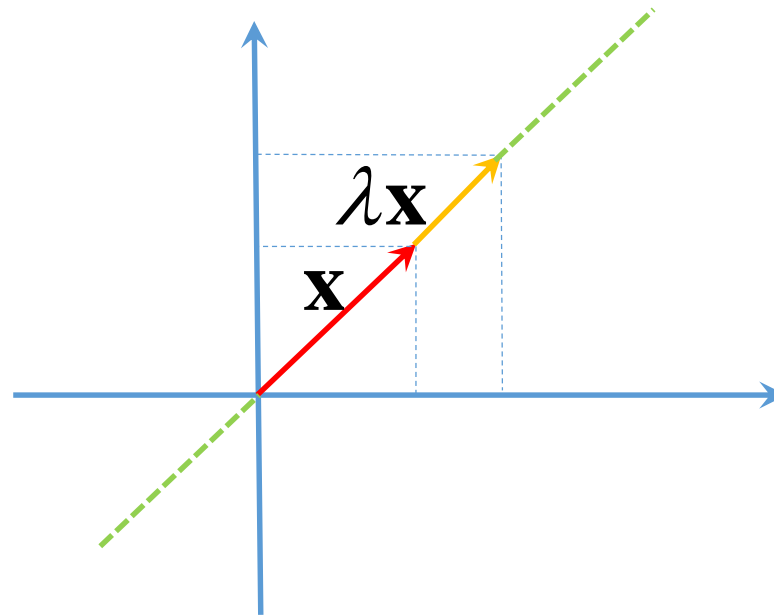
- سیگنال‌های آنالوگ، بیت‌های دیجیتال را کد می‌کنند.  
می‌خواهیم بدانیم وقتی سیگنال‌ها در کانال پخش می‌شوند چه اتفاقی می‌افتد.



# نمایش فرکانسی

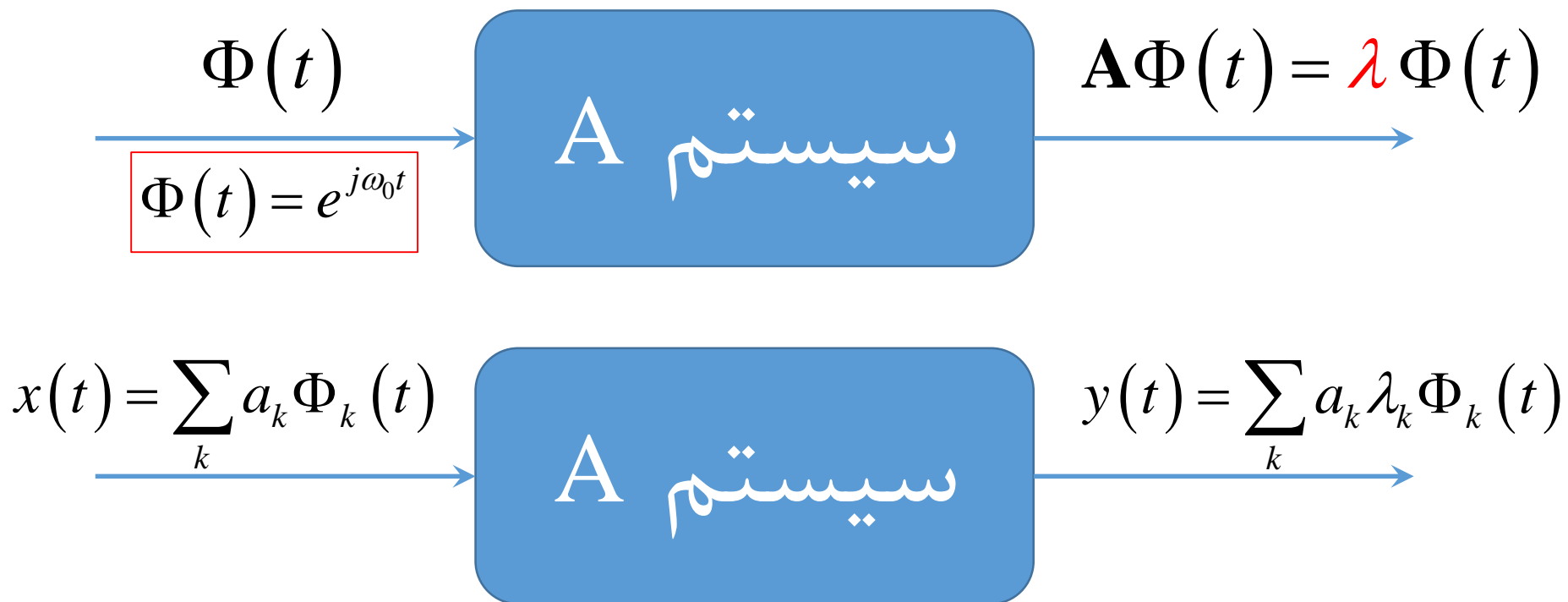
$$\mathbf{Ax} = \lambda \mathbf{x}$$

بردار اسکالر    بردار    ماتریس



بردار ویژه  $\mathbf{x}$   
مقادیر ویژه  $\lambda$

# نمایش فرکانسی

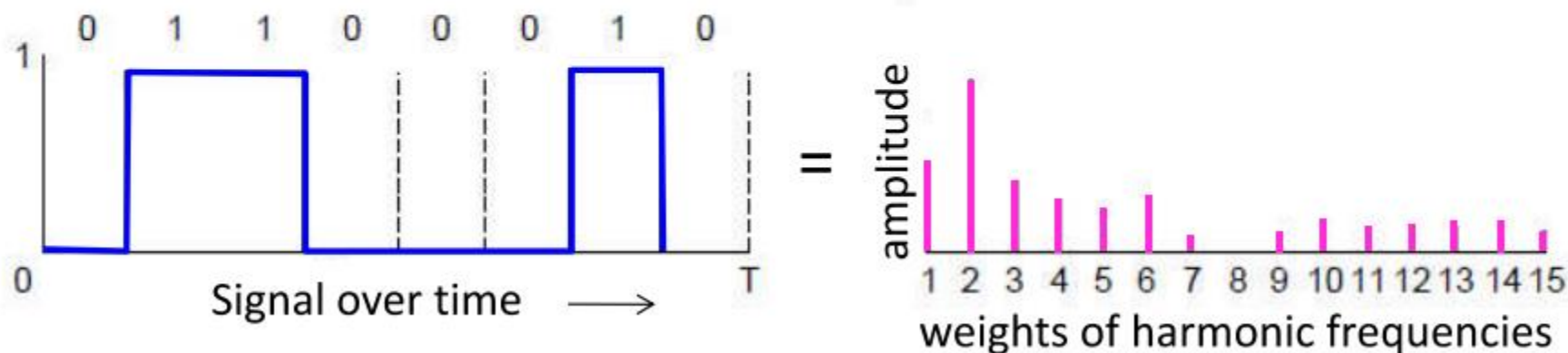


**هدف:** نمایش ورودی های مختلف  $x(t)$  بر حسب توابع ویژه  $\Phi_k(t)$  سیستم موردنظر

# نمایش فرکانسی

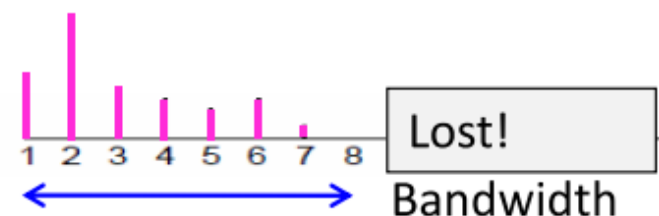
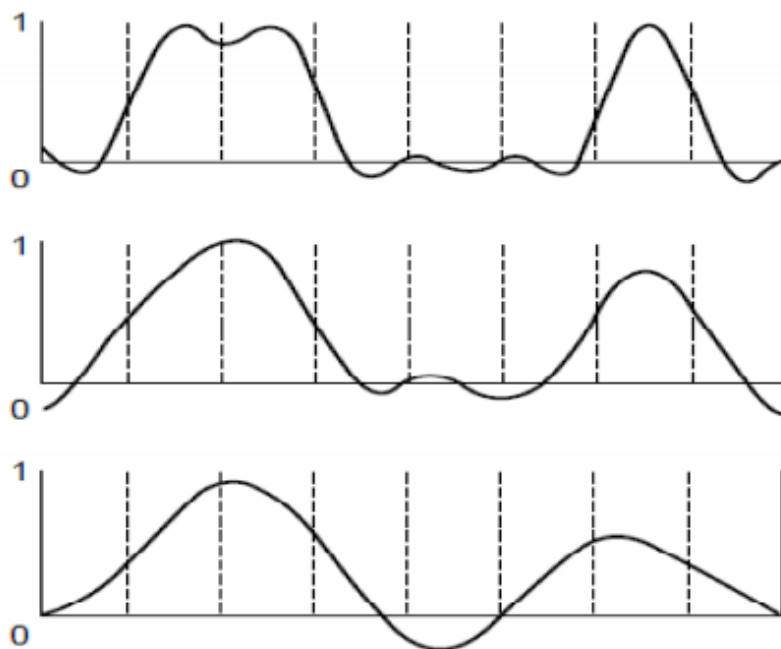
- یک سیگنال در طول زمان می‌تواند با اجزاء فرکانس نشان داده شود. (آنالیز فوریه)
- در این درس از دید پهنای باند تحلیل فوریه را بررسی می‌کنیم. تحلیل با جزئیات بیشتر در درس‌های ریاضیات مهندسی و سیگنال‌ها و سیستم‌ها

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$



# تأثیر پهنای باند کم

- فرکانس‌های کم (= پهنای باند کم) باعث تنزیل سیگنال می‌شود.



uter Networks

## تأثیر پهنای باند کم (۲)

- آیا می‌توان نمایشی از سیگنال یافت که پهنای باند کمتری نسبت به فوریه داشته باشد؟
- وجود تبدیل‌های مختلف برای نمایش فشرده سیگنال
- نمایش تُنک (Sparse Representation)





# Success has many fathers ...

**Sampling Theorem:** sampling at **twice** the highest frequency.

**Compressive Sensing:** sampling at **sub-Nyquist** rate!



Whittaker, Nyquist, Kotelnikov, Shannon



Donoho, Candes, Romberg, Tao

- “Can we not just **directly measure** the part that will not end up being thrown away?” [Donoho, 2006]
- “why spend so much effort acquiring all the data when we know that most of it will be discarded?” [Candes, 2006]

# سیگنال‌ها در طول یک سیم

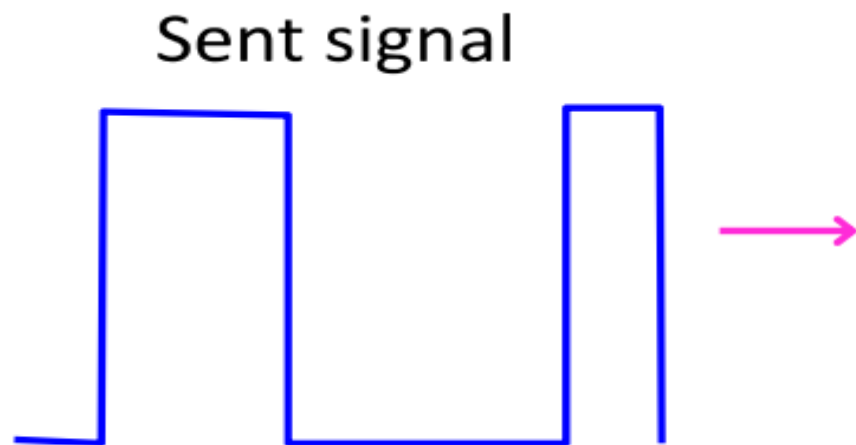
- چه اتفاقی برای یک سیگنال می‌افتد وقتی که از یک سیم عبور می‌کند؟
  - (۱) سیگنال دارای تأخیر می‌شود (برای فیبر نوری، تقریباً با  $2/3$  سرعت نور منتقل می‌شود)
  - (۲) سیگنال ضعیف می‌شود (طول موج از متر به کیلومتر تبدیل می‌شود)
  - (۳) فرکانس‌های بالاتر از یک حد مشخص بسیار ضعیف می‌شوند.
  - (۴) به سیگنال نویز اضافه می‌شود (در ادامه باعث خطا می‌شود)
- حوزه مهندسی برق: پهنای باند = پهنای باند فرکانسی، با **هرتز** اندازه‌گیری می‌شود.
- حوزه کامپیوتر و شبکه: پهنای باند = ظرفیت انتقال اطلاعات، در واحد **بیت بر ثانیه**



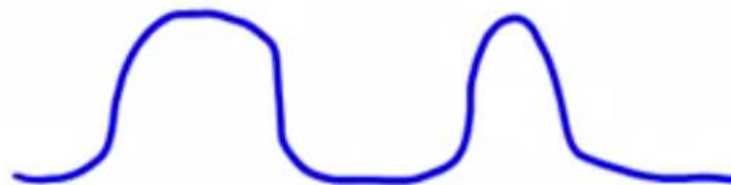
## سیگنال‌ها در طول یک سیم (۲)

• مثال:

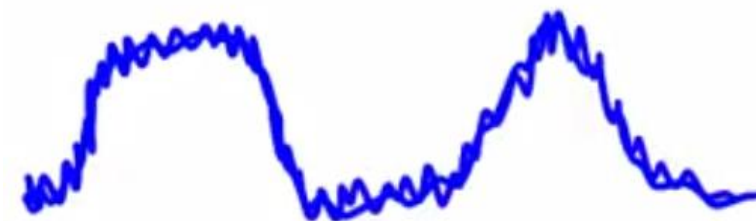
۲: ضعیف شدن



۳: پهنای باند

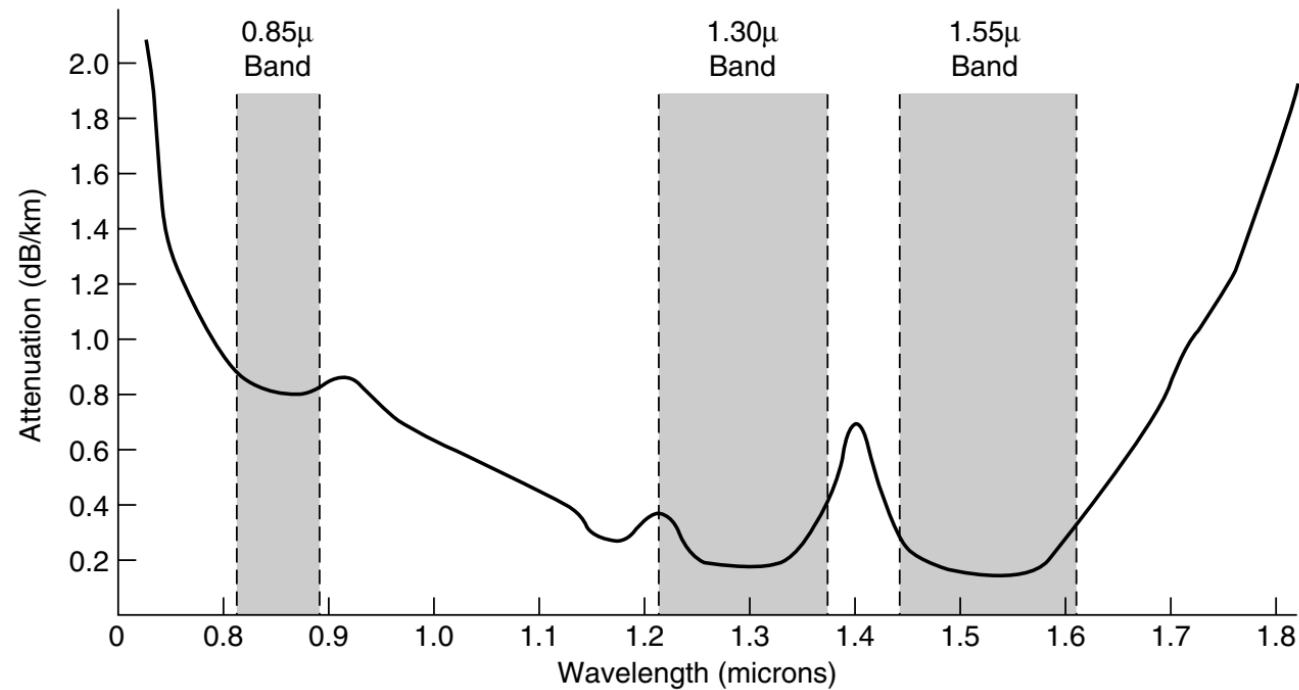


۴: نویز



# سیگنال‌ها در طول فیبر نوری

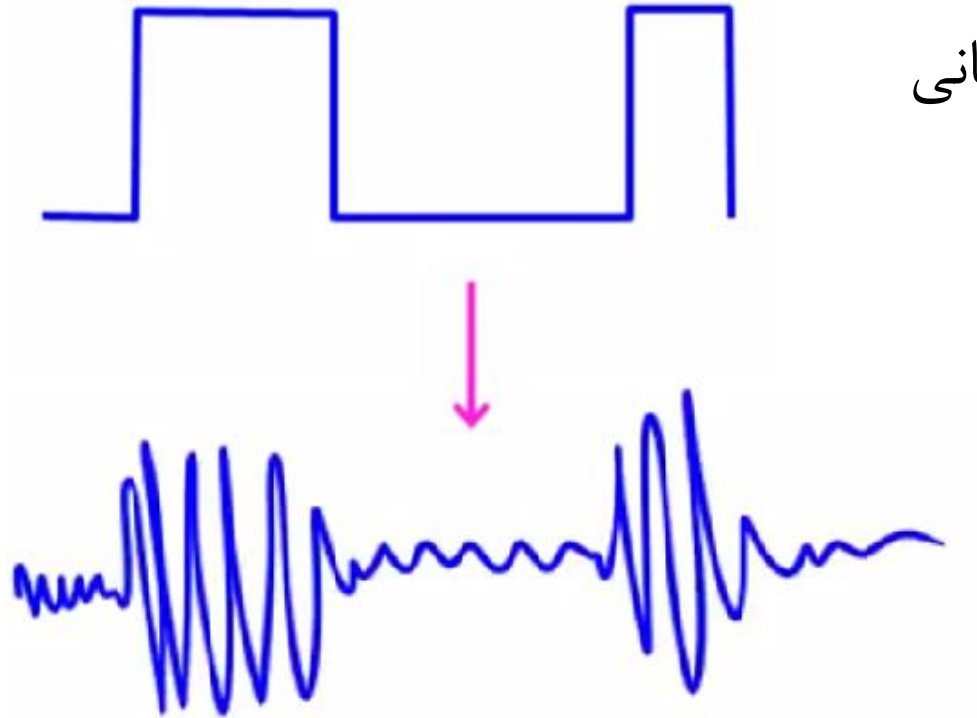
- نور با اتلاف بسیار کم در سه باند فرکانسی بسیار وسیع منتشر می‌شود.
- از یک حامل برای ارسال اطلاعات استفاده می‌کند.



# سیگنال‌ها در حالت بی‌سیم

- سیگنال‌ها روی یک حامل فرکانسی ارسال می‌شوند.

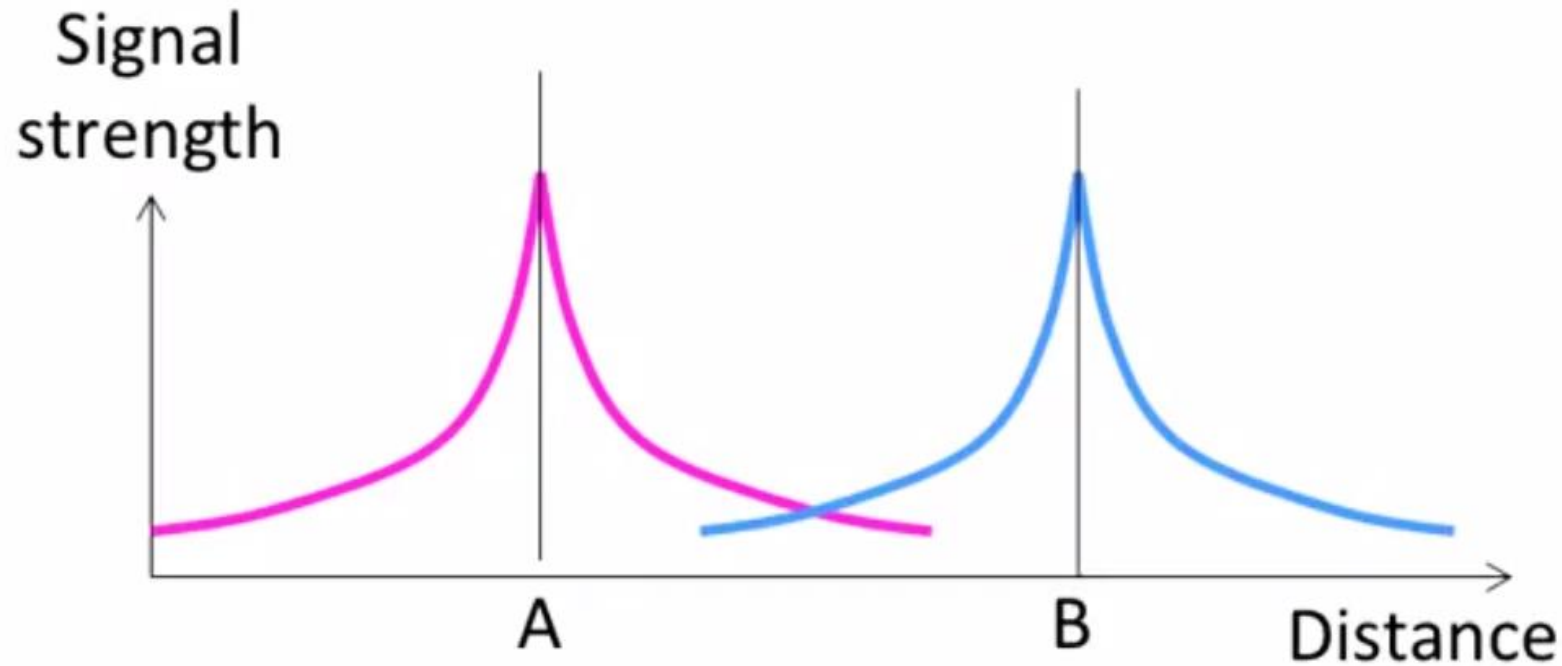
- ارسال باند پایه و باند میانی





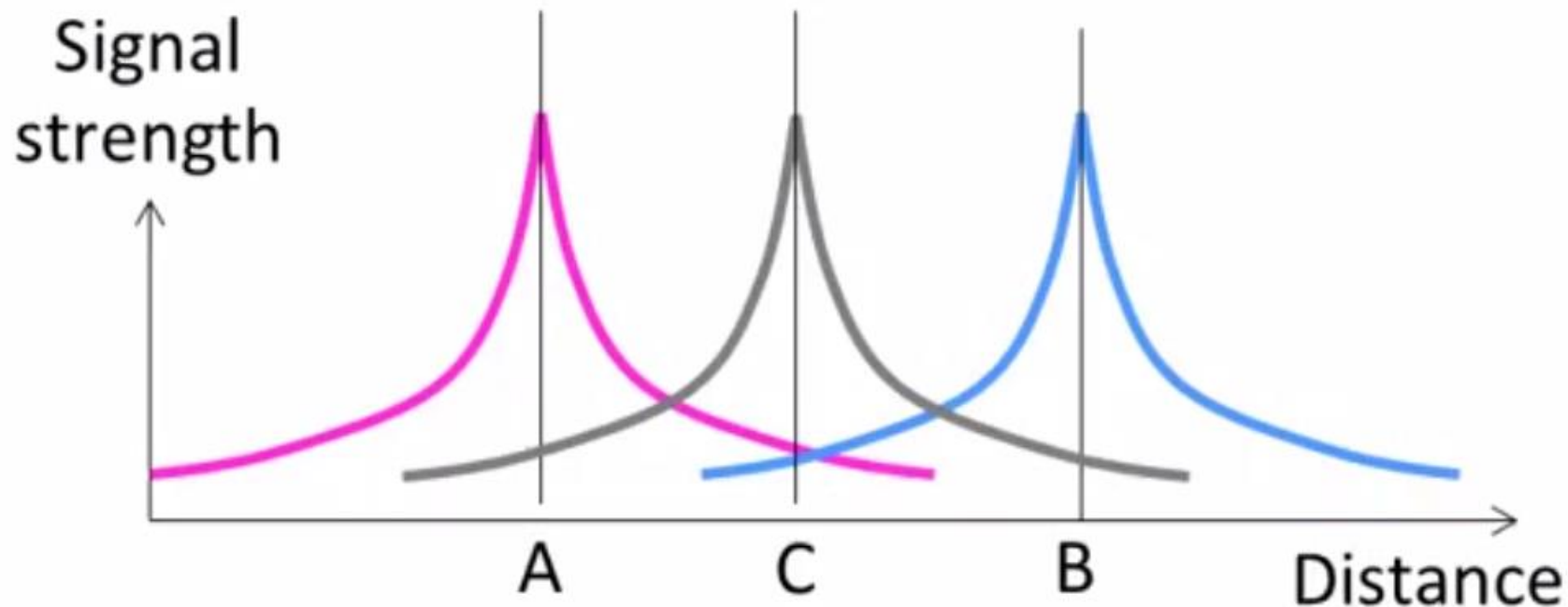
## سیگنال‌ها در حالت بی‌سیم (۲)

- با سرعت نور مسیر را طی می‌کنند، گسترش می‌یابند و با ضریب  $\frac{1}{d^2}$  تضعیف می‌شوند.



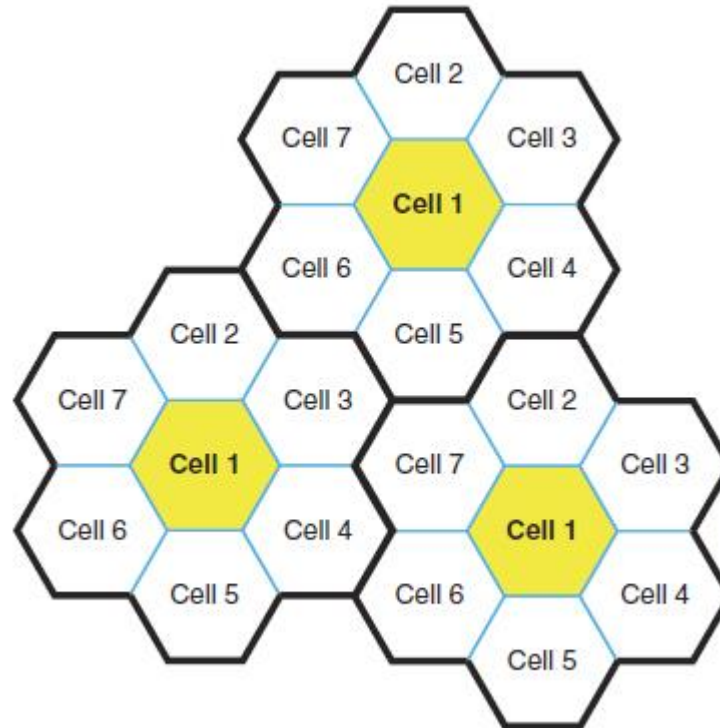
## سیگنال‌ها در حالت بی‌سیم (۳)

- چند سیگنال دارای فرکانس مشابه، در گیرنده دچار تداخل می‌شوند.
- تداخل منجر به مفهوم spatial reuse می‌شود (از فرکانس مشابه)



## سیگنال‌ها در حالت بی‌سیم (۴)

- پهنای باند موجود برای ۱۰۰۰ کاربر است. چگونه آن را برای ۱ میلیون نفر تخصیص دهیم؟



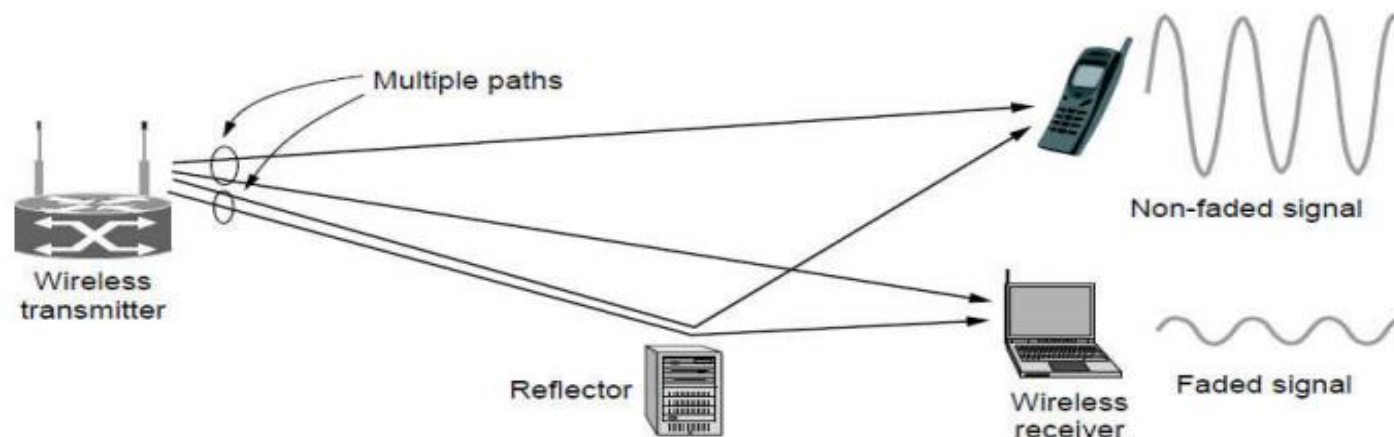
## سیگنال‌ها در حالت بی‌سیم (۵)

- همچنین اثرات مختلف دیگر!
  - انتشار بی‌سیم پیچیده است، به محیط آن بستگی دارد.
- برخی از اثرات کلیدی بسیار وابسته به فرکانس هستند.
  - مثلاً **چند مسیری بودن** در فرکانس‌های مایکروویو
  - وجود اثر سایه یا همان Shadowing



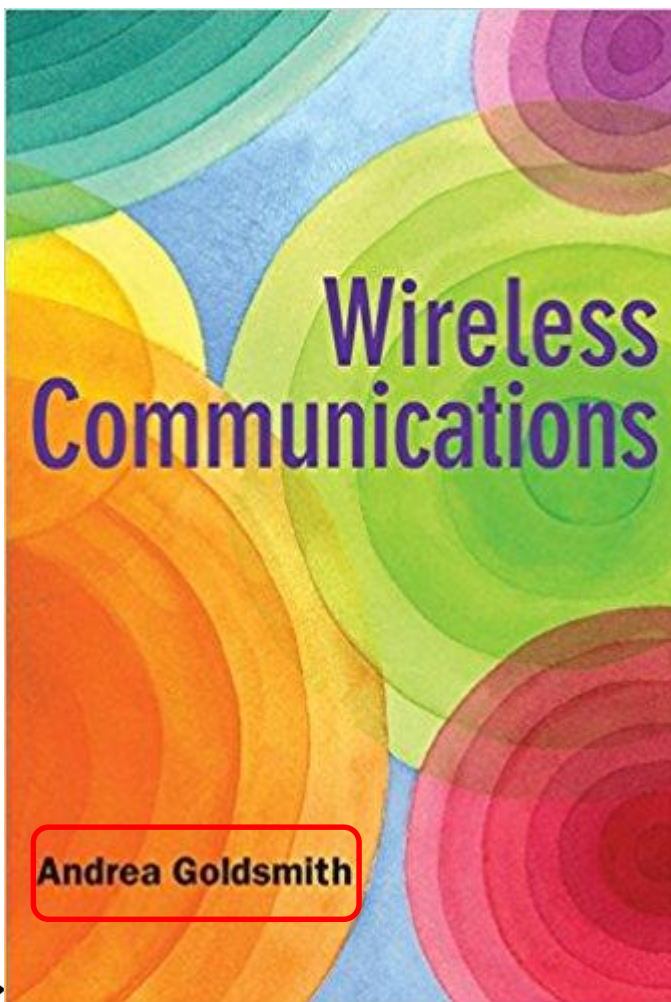
# مسیرهای چندگانه در بی سیم

- سیگنال‌هایی که به اجسام برخورد و منعکس می‌شوند، مسیرهای متعددی را می‌گیرند.
- برخی از فرکانس‌ها در گیرنده تضعیف می‌شوند که بسته به مکان، متفاوت است.
- سیگنال را با روش‌های مختلف تضعیف می‌کند.



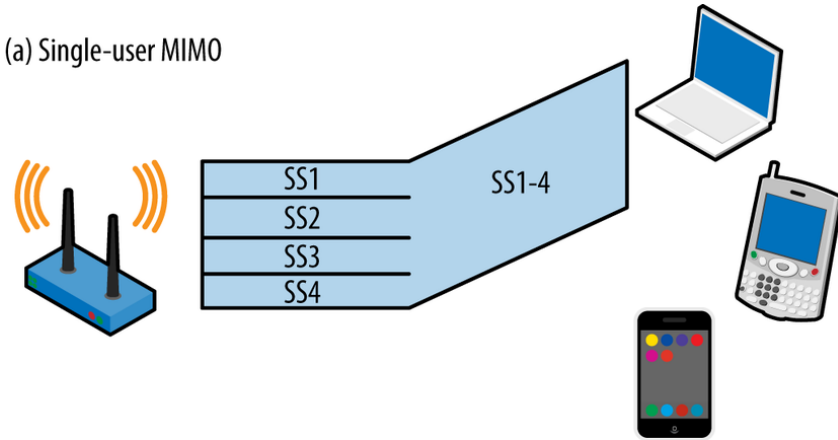


# معرفی کتاب مخابرات بی سیم



# Single user MIMO vs Multi user MIMO

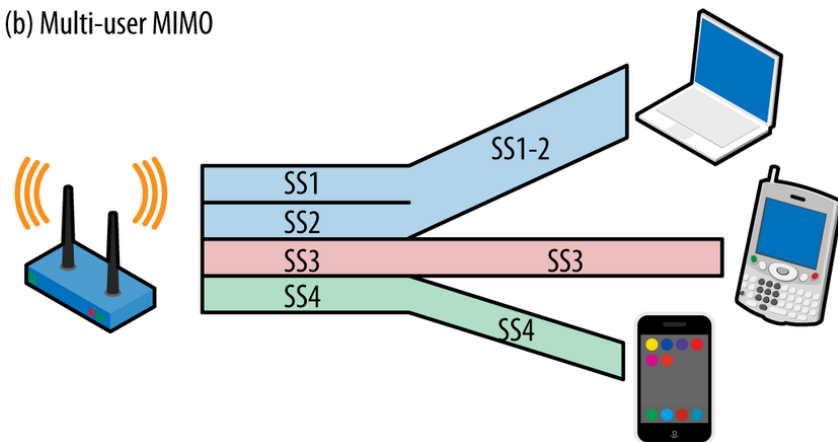
(a) Single-user MIMO



- طراحی پیش کدگذار
- طراحی شکل دهنده پرتو
- طراحی کدهای فضا-زمان

استفاده شده در استاندارد IEEE 802.11n

(b) Multi-user MIMO



استفاده شده در استاندارد IEEE 802.11ac