



دانشگاه صنعتی همدان



# شبکه‌های مخابراتی

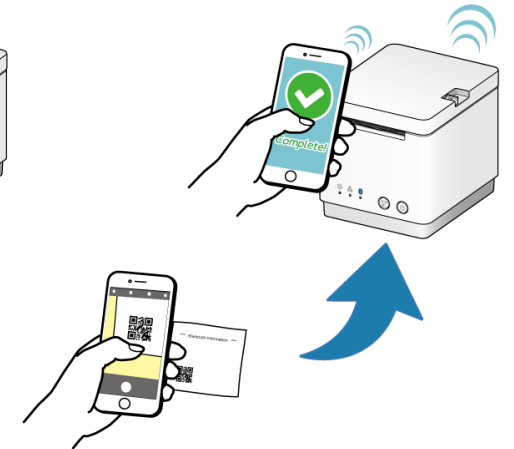
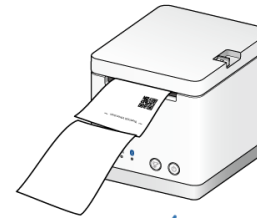
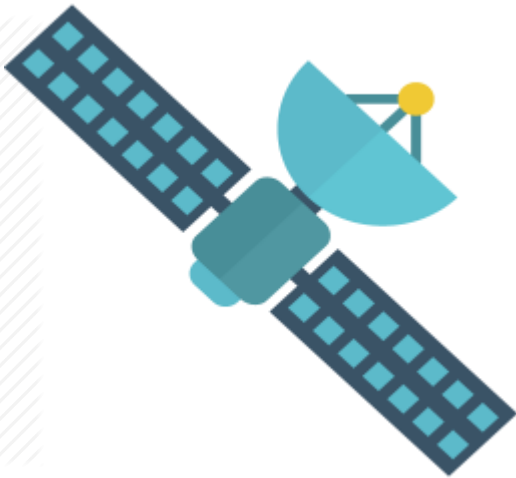
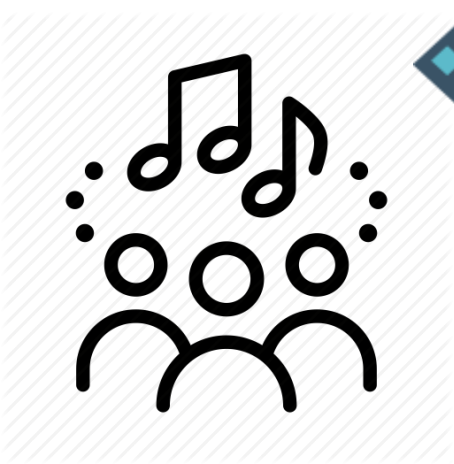
دکتر رجبی

دانشگاه صنعتی همدان

گروه مهندسی برق

# موارد استفاده شبکه

برای طراحی یک شبکه خوب، در ابتدا باید بدانیم که کجا استفاده می‌شود.



# مثال‌هایی از کاربردهای شبکه

- در محل کار

- ارسال ایمیل، اشتراک گذاری فایل، پرینت و ...

- در خانه

- فیلم و آهنگ، اخبار، تماس تلفنی، ویدئو و پیام رسانی، تجارت الکترونیکی (e-commerce)

- در موبایل

- تماس و پیام متنی، بازی ها، ویدئوها، نقشه ها، دسترسی به اطلاعات و ...

# مثال‌هایی از استفاده شبکه

## • کار

- ایمیل، اشتراک گذاری فایل، پرینت و ...

## • خانه

- فیلم و آهنگ، اخبار،  
ایجاد شبکه‌ها چیست؟  
جارت الکترونیکی (e-commerce)

## • موبایل

- تماس و پیام، بازی‌ها، ویدئوها، نقشه‌ها، دسترسی به اطلاعات

# برای ارتباطات کاربران (User Communication)

- از تلفن به بعد:

- تماس‌های تلفنی روی بستر شبکه IP، VoIP (voice-over-IP)

- ویدئوکنفرانس Video conferencing

- پیام‌رسانی بلادرنگ Instant messaging

- شبکه‌های اجتماعی Social networking

➤ بنابراین شبکه ارتباطات از راه دور را فراهم می‌کند. حال چه متریکی برای بهینه‌سازی این استفاده‌ها نیاز داریم؟ تاخیر کم باعث ارتباط بهتر خواهد شد.

# برای به اشتراک گذاری منابع (Resource Sharing)

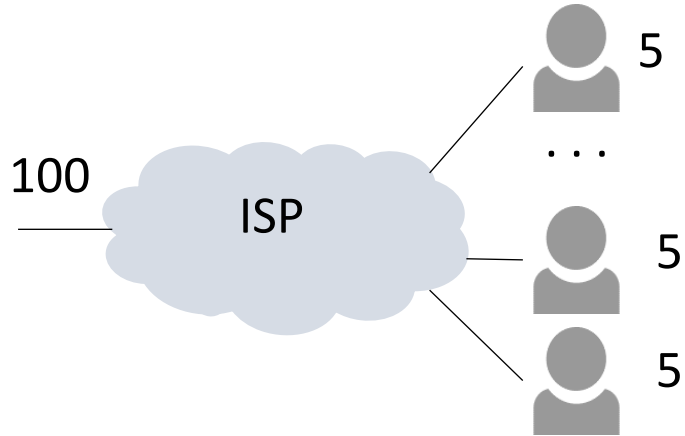
- بسیاری از کاربران ممکن است بخواهند به منبع یکسانی دسترسی پیدا کنند.  
- برای مثال: پرینتر، فهرست جستجو (search index)، ماشین‌ها در فضای ابری machines in the cloud
- اشتراک گذاری منابع از نظر هزینه خیلی به صرفه‌تر از اختصاص منبع اختصاصی برای هر کاربر است.  
- حتی زمانی که لینک‌ها با روش تسهیم آماری (statistical multiplexing) به اشتراک گذاشته شده باشند.



# تسهیم آماری (Statistical Multiplexing)

- به اشتراک گذاری پهنای باند شبکه بین کاربران بر اساس آمار تقاضای آنها
  - تسهیم (Multiplexing) فقط به معنای به اشتراک گذاری (sharing)
  - روش یاد شده مفید است زیرا ترافیک کاربران به صورت انفجاری (bursty) بوده و در اکثر مواقع استفاده‌ای نمی‌کنند.
- سوال کلیدی:
  - این روش چقدر می‌تواند مفید باشد؟

## تسهیم آماری (Statistical Multiplexing) (۲)



- مثال: کاربران در یک شبکه ISP

- شبکه شامل پهنای باند ۱۰۰ مگا بیت بر ثانیه (Mbps) است.
- هر کاربر برای مشاهده ویدئوها از ۵ مگا بیت بر ثانیه استفاده می کند.
- اما هر کاربر فقط ۵۰ درصد زمان ها فعال است.

- شبکه ISP یادشده، چه تعداد کاربر را می تواند پوشش دهد؟

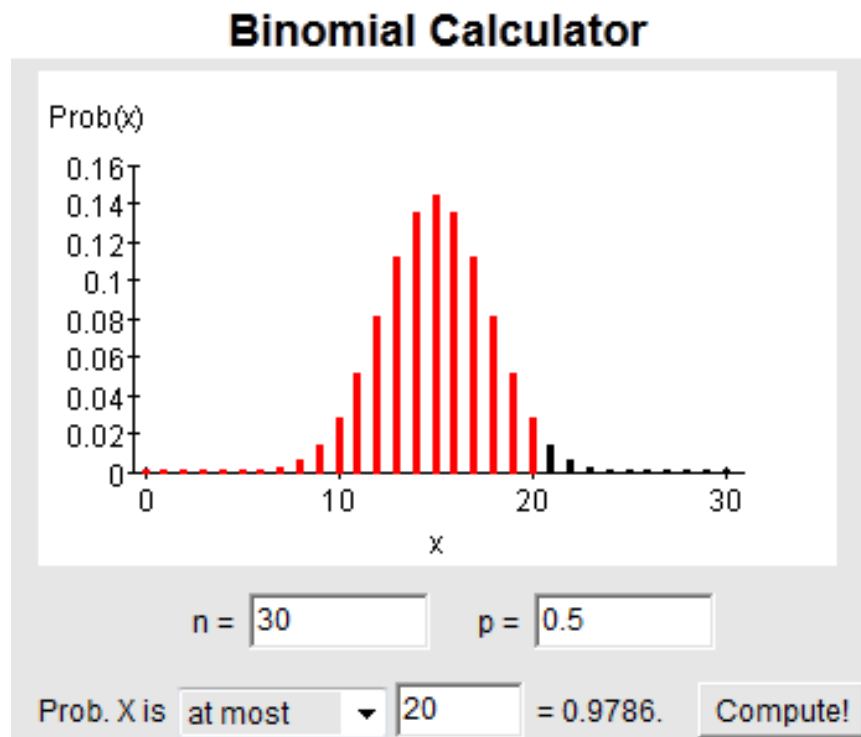
$$\frac{100}{5} = 20$$

- با پهنای باند اختصاصی برای هر کاربر:

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \dots \times \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^{20} < \frac{1}{1000000}$$

- احتمال استفاده از تمام پهنای باند:  
(با در نظر گرفتن کاربران مستقل)

## تسهیم آماری (Statistical Multiplexing) (۳)



- با وجود ۳۰ کاربر، هنوز احتمال خیلی کمی وجود دارد که به پهنای باند بیش از ۱۰۰ مگا بیت بر ثانیه نیاز باشد (احتمال ۲ درصد)

- احتمالات دو جمله ای (Binomial Probabilities)

- می‌تواند کاربران بیشتری را با سایز شبکه یکسان پوشش دهد.

- گین تسهیم آماری ۳۰/۲۰ و یا  $1.5X$  است

- اما ممکن است بدشانس باشیم؛ در این صورت، کاربران سرویس با کیفیت کاهش یافته‌ای خواهند داشت.

## تسهیم آماری (Statistical Multiplexing) (۴)

### توزیع دوجمله‌ای:

- یک آزمایش دوجمله‌ای بایستی دارای ویژگی‌های زیر باشد:
- آزمایش دارای تعداد  $n$  آزمون یکسان و عیناً مشابه باشد.
- آزمون‌ها مستقل باشند.
- نتیجه هر آزمون فقط به یکی از این دو صورت باشد: موفقیت یا شکست.
- احتمال موفقیت آزمونی را اگر با  $p$  نشان دهیم، از آزمون به آزمون یکسان بوده و متغیر نباشد. احتمال شکست را با  $q$  نشان داده و برابر است با  $q=1-p$

### تابع جرم احتمال:

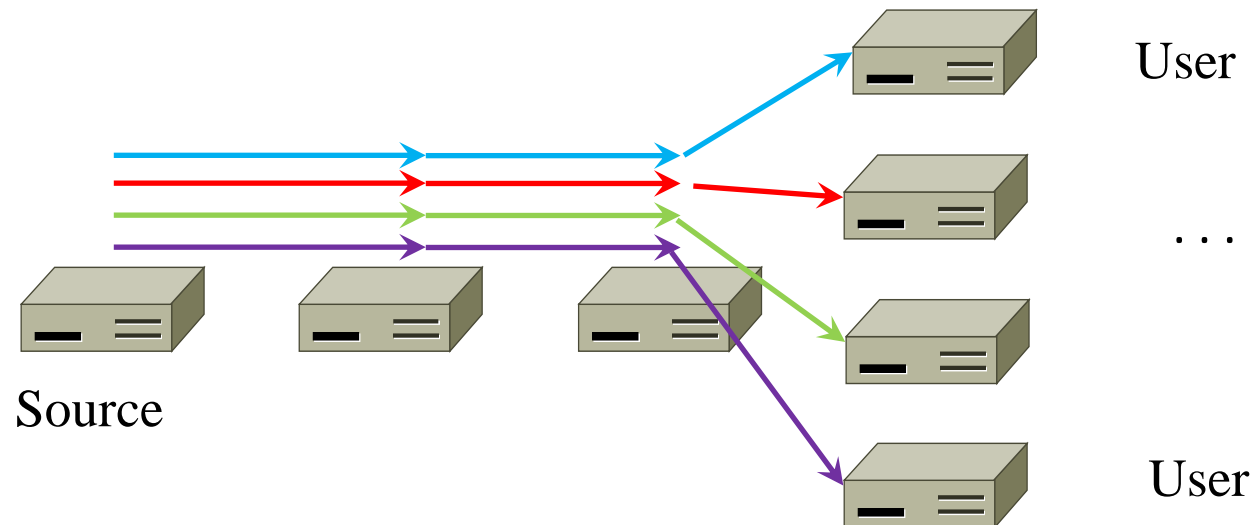
$$\Pr(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

# برای تحویل محتوا (Content Delivery)

- برخی از محتواها به کاربران زیادی تحویل داده می‌شوند.  
- ویدئوها (حجم)، آهنگ‌ها، برنامه‌ها، ارتقاء نرم افزارها، صفحات وب و ...
- معیار سنجشی (متریک) که ما می‌خواهیم در چنین مواردی بهینه‌سازی کنیم چیست؟
- به صرفه‌تر از ارسال کپی جداگانه به هر یک از کاربران است.  
✓ استفاده از کپی تکرار در شبکه

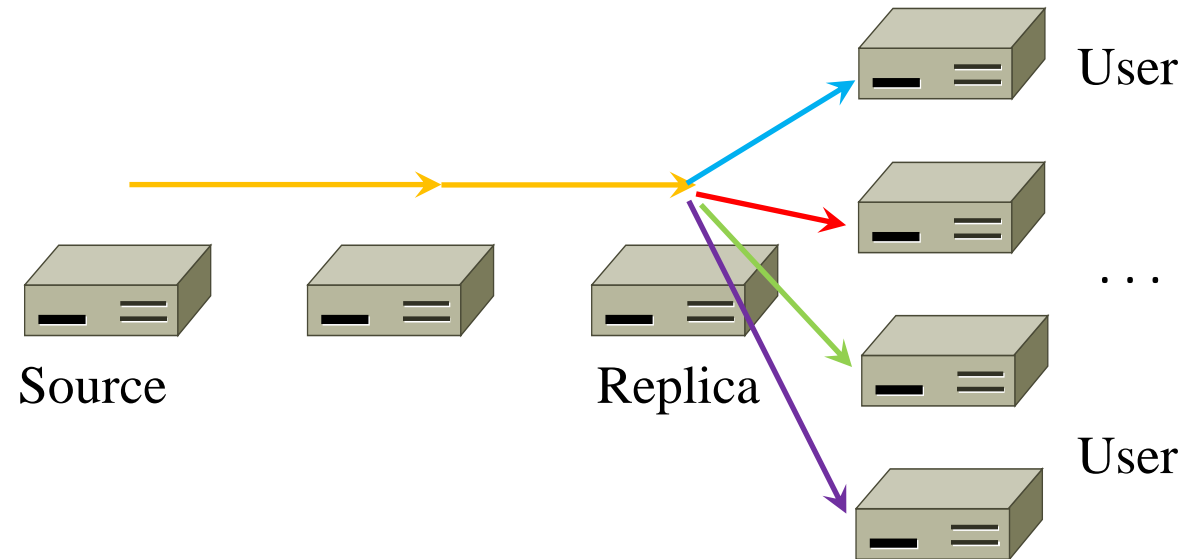
## برای تحویل محتوا (Content Delivery) (۲)

- در مثال زیر، ارسال محتوا از یک منبع به ۴ کاربر، نیاز به  $3 \times 4 = 12$  پرش شبکه (network hops) دارد.



## برای تحویل محتوا (Content Delivery) (۳)

- اما ارسال محتوا با استفاده از کپی تکرارها، تنها  $۴+۲ = ۶$  پرش شبکه نیاز دارد.



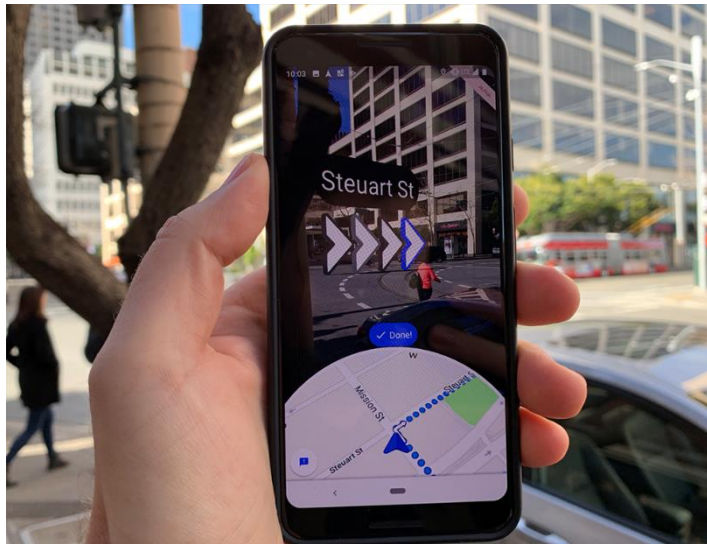
# برای ارتباطات کامپیوتری

- برقراری ارتباط با کامپیوترهای دیگر
- برای مثال: تجارت الکترونیکی (e-commerce) و رزرواسیون (reservations)
- فراهم کردن قابلیت پردازش خودکار اطلاعات در میان بخش‌های (parties) مختلف

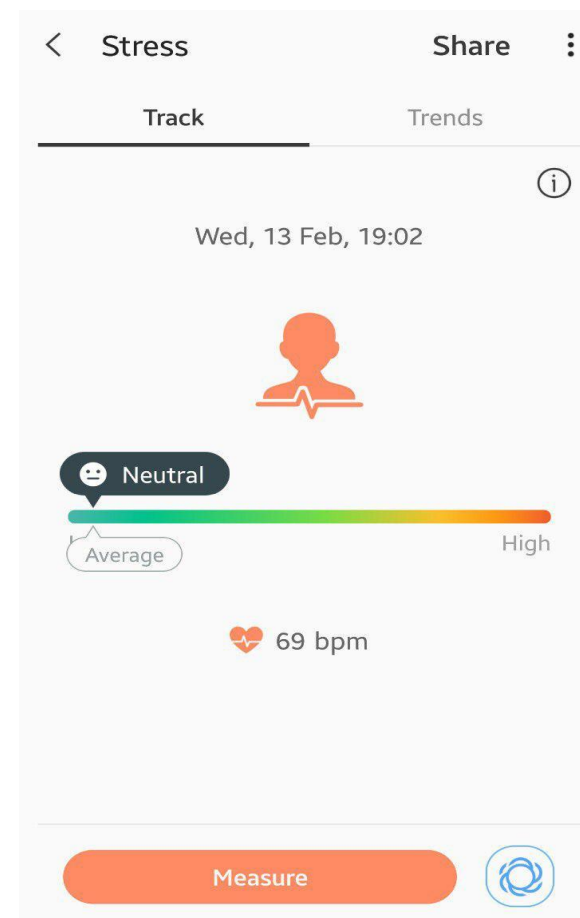
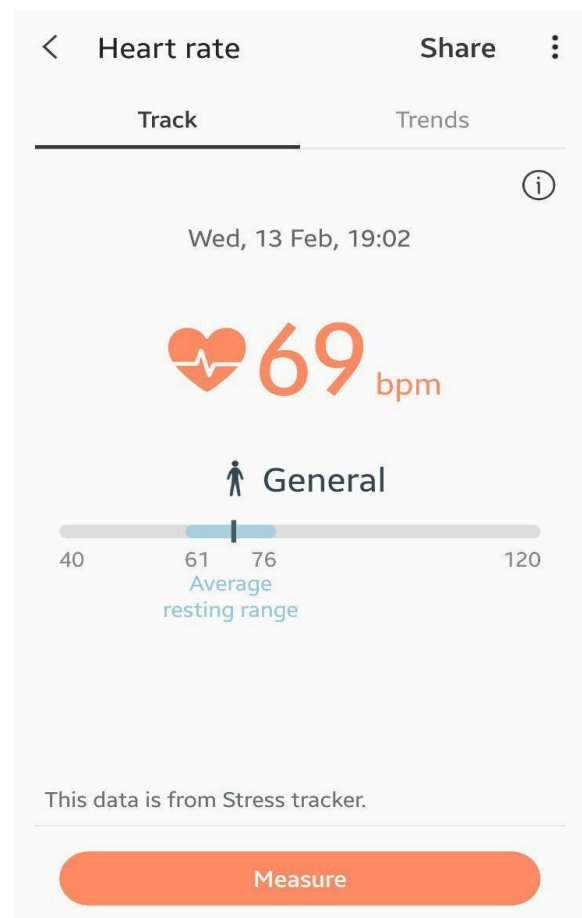


# برای اتصال کامپیوترها به جهان فیزیکی

- برای جمع‌آوری داده **سنسورها** و برای اثرگذاری در جهان
- برای مثال: وب‌کم‌ها، موقعیت بر روی موبایل‌ها، قفل و یا باز کردن درب‌ها از طریق شبکه و ...
- این یک کاربرد ارزشمند و نوظهور است.



# مانیتور سلامتی و به اشتراک گذاری داده‌های ذخیره شده از طریق شبکه



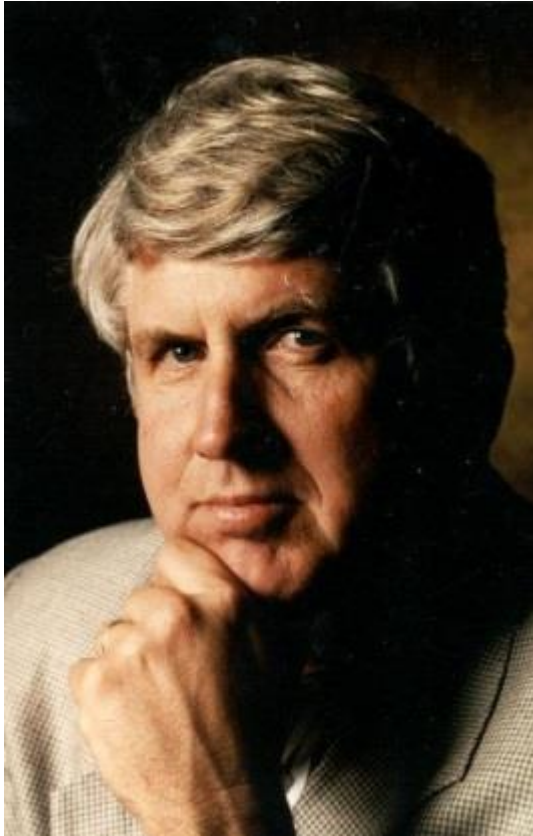
# جمع‌بندی علت ایجاد شبکه‌ها

اتصال (Connectivity)

- برای ارتباطات کاربران
- برای به اشتراک‌گذاری منابع
- برای تسهیم آماری
- برای تحویل محتوا
- برای ارتباطات کامپیوتری
- برای اتصال کامپیوترها به جهان فیزیکی

# ارزش اتصال (Connectivity) یک شبکه

Bob Metcalfe



© 2009 IEEE

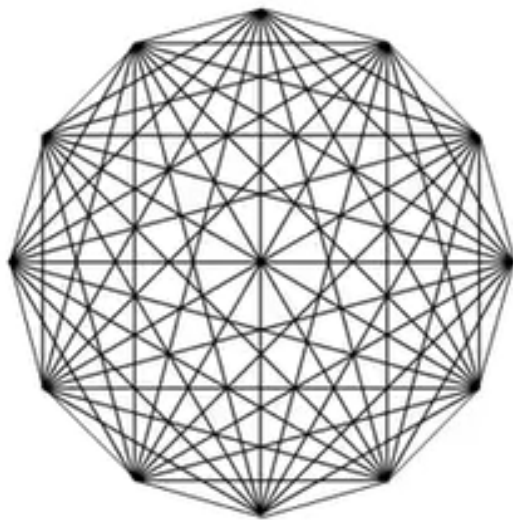
- قانون Metcalfe سال ۱۹۸۰

✓ ارزش اتصال یک شبکه با  $N$  گره، متناسب است با  $N^2$

✓ شبکه‌های بزرگ به طور نسبی با ارزش‌تر (گران‌تر) از شبکه‌های کوچک می‌باشند.

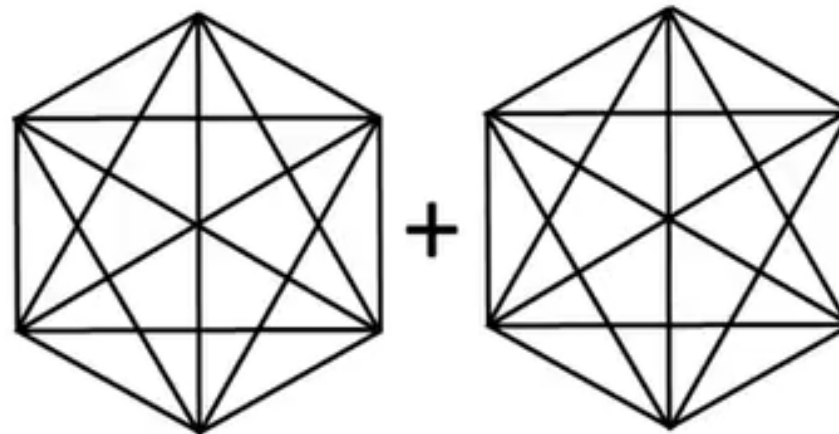
## ارزش اتصال (Connectivity) یک شبکه (۲)

- مثال: هر دو شبکه زیر شامل ۱۲ گره هستند، اما شبکه سمت چپ دارای اتصالات بیشتری است.



Full Mesh:  $12 \times 11 = 132$  connections

VS



$(6 \times 5 = 30) + (6 \times 5 = 30) = 60$  connections