شبکه‌های مخابراتی

سید حمید صفوی
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه محقق اردبیلی
نیمسال دوم ۹۸-۹۹

محدودیت‌های اساسی

موضوع

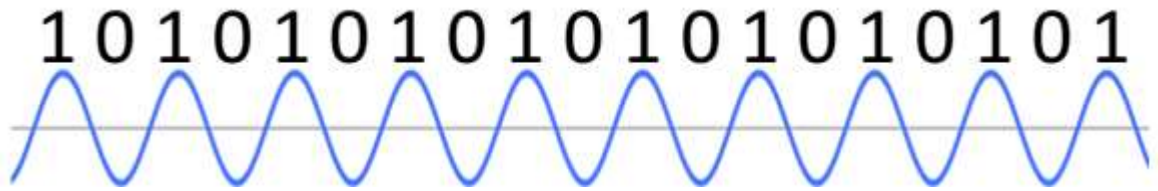
- با چه سرعتی می‌توان اطلاعات را بر روی لینک ارسال کرد؟
  - محدودیت نایکوئیست (۱۹۲۴~) حالت بدون نویز
  - ظرفیت شانون (۱۹۴۸) با در نظر گرفتن نویز
- سیستم‌های عملی طوری طراحی می‌شوند که به این حدها نزدیک شوند.

خواص کلیدی کانال

- پهنای باند (B)، قدرت سیگنال (S) و قدرت نویز (N)
- پهنای باند (B) نرخ ارسال را محدود می‌کند.
- قدرت سیگنال و نویز (S,N)، تعداد سطوح سیگنال قابل تفکیک را محدود می‌کند.

حد نایکوئیست

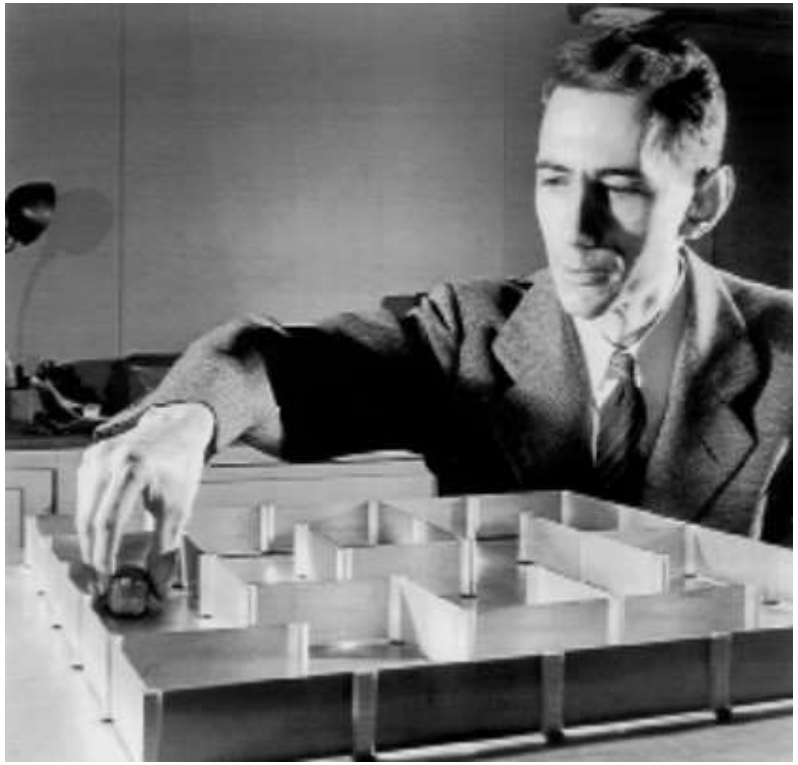
- بیشینه نرخ سمبل 2B است.



- بنابراین در صورتی که V سطح سیگنال موجود باشد، با چشم‌پوشی از نویز، بیشینه نرخ بیت برابر است با:

$$R = 2B \log_2 V \text{ bits/sec}$$

Claude Shannon (1916-2001)



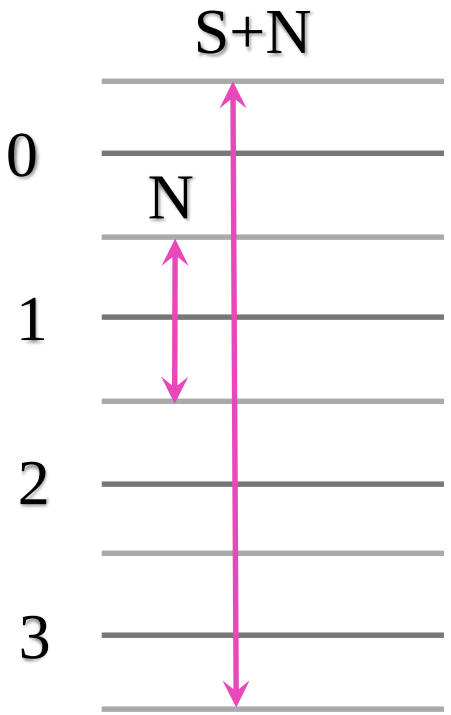
Credit: Courtesy MIT Museum

- پدر تئوری اطلاعات

– “A Mathematical Theory of Communication”, 1948

- مشارکت اساسی در کامپیوترهای دیجیتال، امنیت و مخابرات

ظرفیت شانون



- تعداد سطح‌هایی که می‌توان تمایز ایجاد کرد بستگی به نسبت S/N دارد.
  - یا همان SNR، نسبت قدرت سیگنال به نویز
  - توجه داریم که نویز به صورت تصادفی است، بنابراین خطا خواهیم داشت.
- SNR در مقیاس لگاریتمی برحسب دسی‌بل (dB) داده می‌شود:

$$SNR_{dB} = 10\log_{10}\left(\frac{S}{N}\right)$$

$$\frac{S}{N} = 10 \quad \Rightarrow SNR_{dB} = 10dB \qquad \frac{S}{N} = 2 \quad \Rightarrow SNR_{dB} = 3dB$$

$$\frac{S}{N} = 100 \quad \Rightarrow SNR_{dB} = 20dB$$

$$\frac{S}{N} = 1000 \quad \Rightarrow SNR_{dB} = 30dB$$

ظرفیت شانون (۲)

- حد شانون برای ظرفیت است (C)، بیشینه نرخ اطلاعات عبوری از کانال:

$$C = B\log_2\left(1+\frac{S}{N}\right) \text{ bits/sec}$$

چشم‌انداز سیمی / بی‌سیم

- سیم‌ها و فیبر نوری

مهندسی SNR برای نرخ داده مشخص

  - انتخاب مهندسی پارامترهای سیگنال به نویز (SNR) و پهنای باند (B)
  - می‌توان **نرخ داده** را **تنظیم و ثابت** (fix) کرد.

- بی‌سیم

تطبیق نرخ داده برای SNR مشخص

  - با پهنای باند مشخص (B)، SNR به شدت تا حدود ۶۰dB تغییر می‌کند!
  - نمی‌توان برای بدترین حالت طراحی کرد، باید **نرخ داده** را **تطبیق** داد.