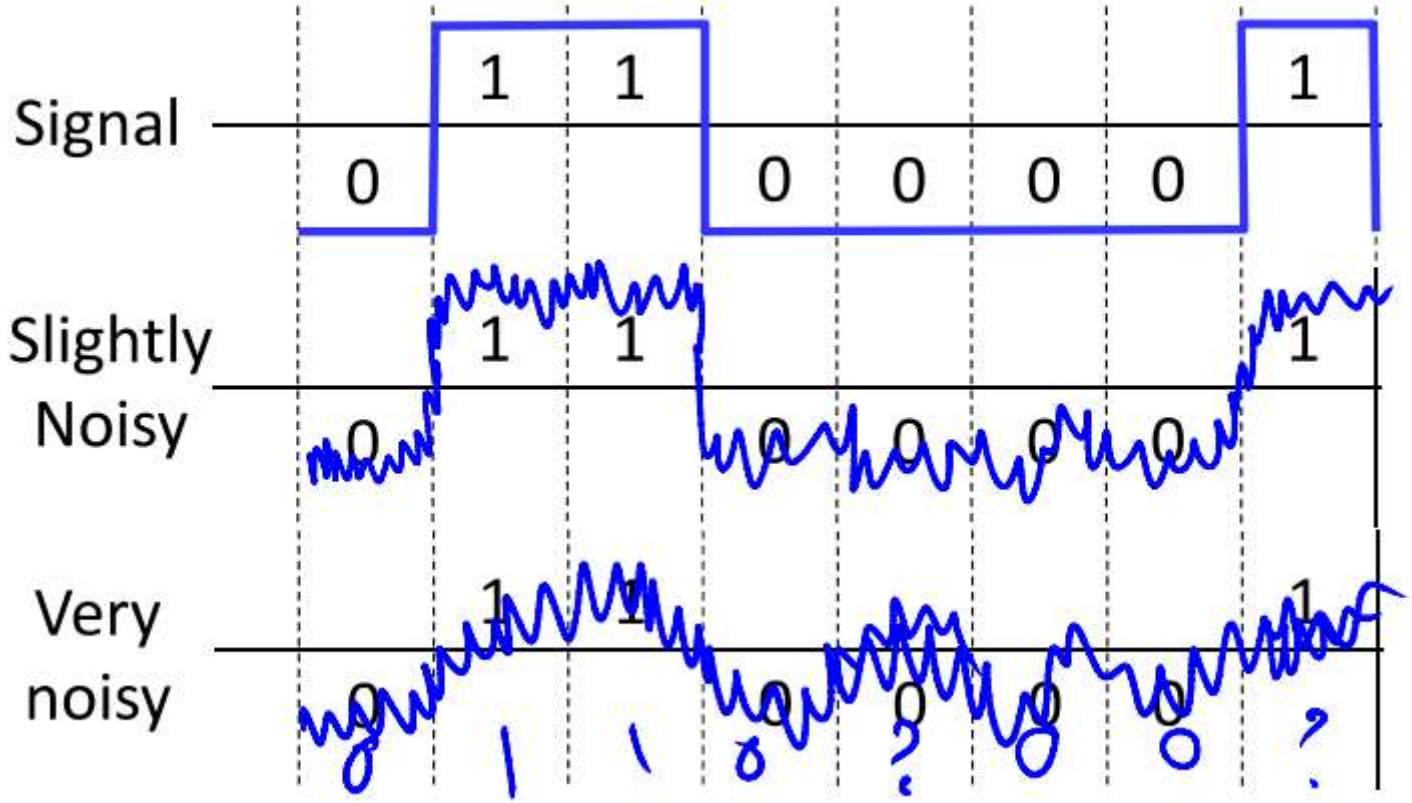
شبکه‌های مخابراتی

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

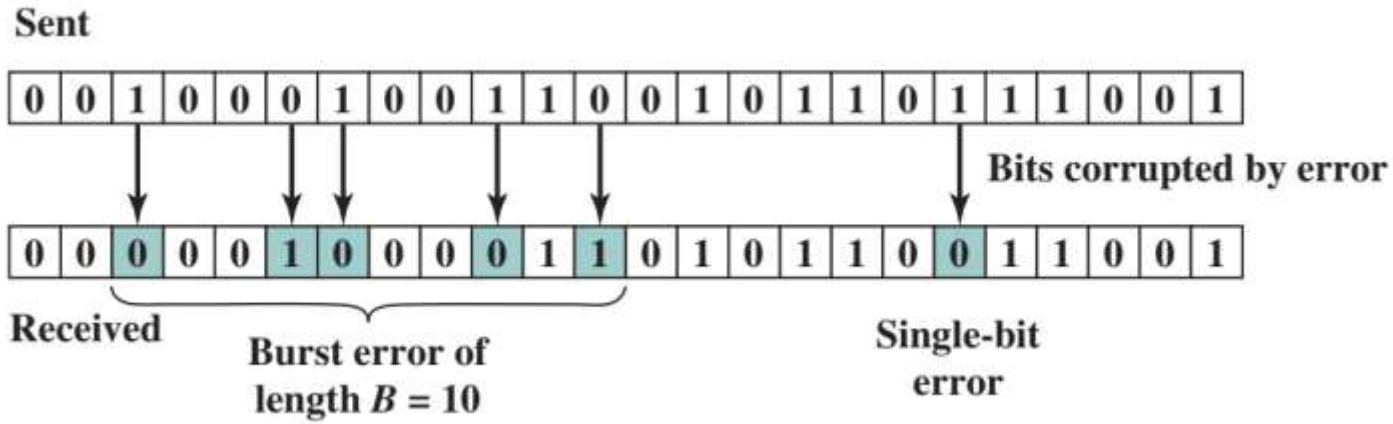
مروری بر روش‌های کدینگ خطا

مشکل:
نویز می‌تواند بیت‌های دریافت‌شده را دچار خطا کند



موضوع

- برخی از بیت‌ها ممکن است به دلیل نویز به صورت خطا دریافت شود. برای جلوگیری از رخ دادن خطا چه کاری می‌توانیم انجام دهیم؟
  - شناسایی خطاها باکدها
  - تصحیح خطاها با کدها
  - ارسال مجدد فریم‌های از دست رفته (بعدا خواهیم دید...)
- **قابلیت اطمینان** نگرانی ای است که در تمام لایه‌ها برای کاهش آن تلاش می‌شود.
- دو نوع خطا:



Burst and single bit errors

راهکار – اضافه کردن افزونگی

- **کدهای تشخیص خطا**

– بیت‌های کنترلی (Check Bits) به بیت‌های پیام اضافه می‌شوند تا برخی از خطاها شناسایی شوند.

- **کدهای تصحیح خطا**

– بیت‌های کنترلی بیشتری به بیت‌های پیام اضافه می‌شود تا علاوه بر تشخیص خطاها بتواند بعضی از خطاهای تشخیص داده‌شده را اصلاح کند.

- اکنون مسئله کلیدی، ساختن کدی است تا بتواند **خطاهای بیشتری** را با **بیت‌های کنترلی کمتر** و **پیچیدگی کمتر** شناسایی کند.

راهکار – اضافه کردن افزونگی

سوال:

- در کانال‌هایی که **قابلیت اطمینان بالایی** دارند همانند فیبر نوری، بهترین روش برای غلبه بر خطا چیست؟
  - استفاده از کدهای تشخیص خطا و ارسال مجدد
- در کانال‌هایی که **خطاهای زیادی** در آن رخ می‌دهد همانند کانال بی‌سیم، بهترین روش برای غلبه بر خطا چیست؟
  - استفاده از کدهای تصحیح خطا

مثال انگیزشی

- ساده‌ترین روش کدکردن (روش تکرار):
  - هر فریم که می‌خواهیم بفرستیم را دو بار می‌فرستیم. زمانی خطا داریم که این دو فریم متفاوت باشند.

010 | 010
010 | 011
011 | 011

- تا چه اندازه این کد خوب است؟
  - چند خطا را می‌تواند تشخیص دهد یا تصحیح کند؟

تعداد فرد بیت، خطا را تشخیص می‌دهد ولی نمی‌تواند خطایی را تصحیح کند.

  - چند خطا باعث شکست این روش می‌شود؟

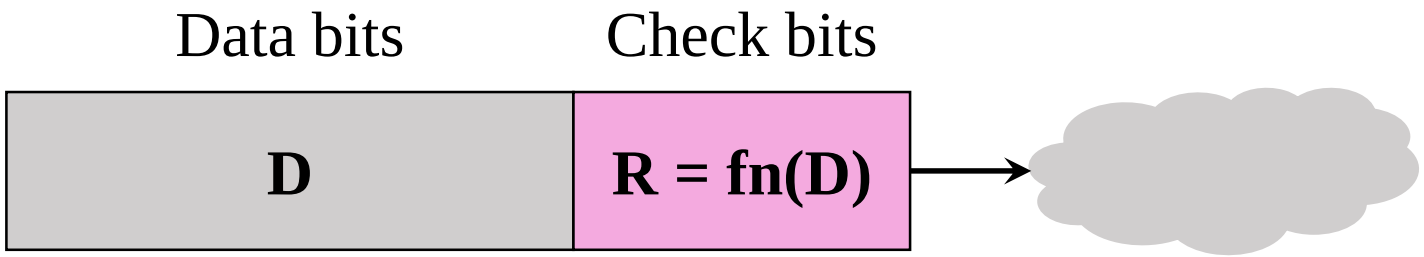
۲خطا

مثال انگیزشی (۲)

- ما می‌خواهیم خطاهای بیشتری را با overhead کمتری کنترل کنیم.
  - در ادامه کدهای بهتری را خواهیم دید. در آن‌ها ریاضیات بیشتری به کار برده خواهند شد.
  - اما آن‌ها نمی‌توانند **همه خطاها** را کنترل کنند.
  - و آن‌ها بر خطاهای اتفاقی تمرکز می‌کنند.

استفاده از کدهای خطا

- کلمه‌های کد ما از داده D به علاوه R تا بیت کنترلی تشکیل شده‌است. (کد بلوکی سیستماتیک)

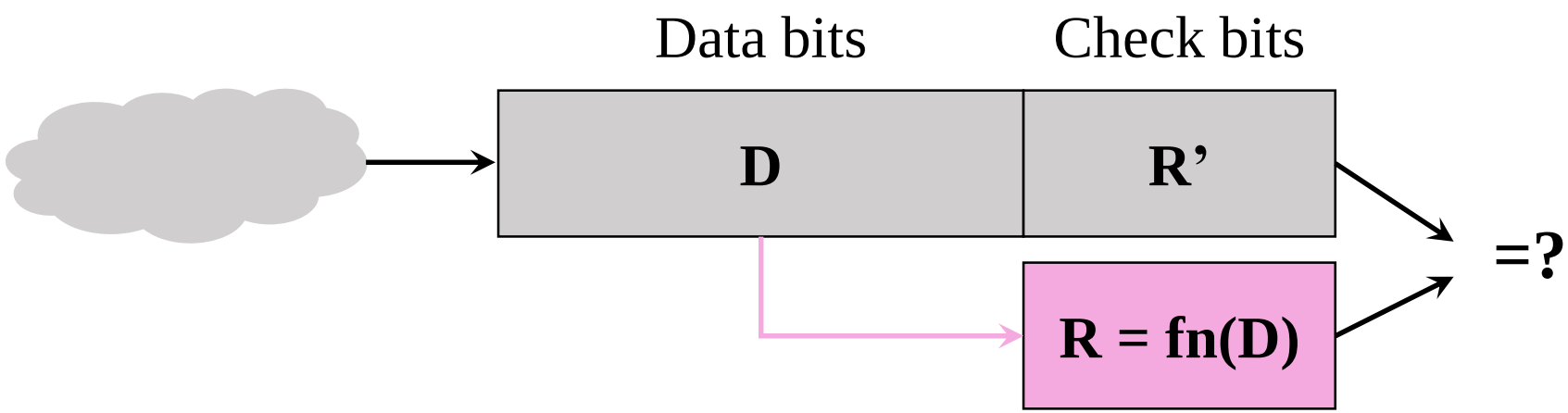


- فرستنده:

– بیت‌های کنترلی R را بر مبنای بیت‌های داده D محاسبه می‌کند. کلمه کد D+R بیتی را ارسال می‌کند.

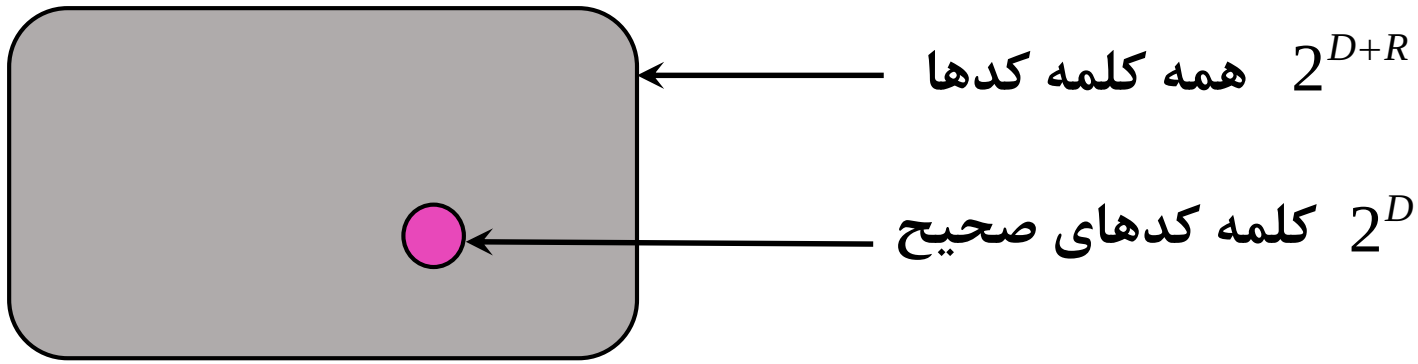
استفاده از کدهای خطا (۲)

- گیرنده:
  - D+R بیت با خطاهای ناشناخته دریافت می‌شود.
  - بررسی مجدد بیت‌های کنترلی R بر مبنای بیت‌های پیام D؛ اگر R با R’ یکسان نشود خطا رخ داده است.



شهود برای کدهای خطا

- برای بیت‌های داده D و بیت‌های کنترلی R:



- بعید است کلمه کدی که **تصادفی** انتخاب شده‌است صحیح باشد؛ overhead پایین است.

R.W.Hamming (1915 – 1998)

Source: IEEE GHN, © 2009 IEEE

- تمام کارهایی که انجام می‌دهیم بر مبنای کارهای آقای همینگ است.

مقاله زیر را ببینید:

- "Error Detecting and Error Correcting Codes", BSTJ, 1950

- همچنین به مقاله زیر مراجعه کنید:

- " You and your Research", 1986

فاصله همینگ

- فاصله: تعداد بیت‌هایی است که بین دو کد متفاوت هستند.

« تعداد بیت‌هایی که برای تغییر D1+R به D2+R نیاز است.»

$$1 \rightarrow 111, \qquad 0 \rightarrow 000 \qquad \text{distance} = 3$$

- **فاصله همینگ یک کد**، کمترین فاصله بین **هر جفت (زوج) کلمه کد** است.

$$HD = 3$$

فاصله همینگ (۲)

- تشخیص خطا:
  - برای یک کد که فاصله همینگ اش برابر **d+1** باشد، آنگاه این کد می‌تواند **d** خطا را آشکار کند.

$$d+1=3 \quad \Rightarrow d=2$$

000 111

001 010
100 011
101 110

فاصله همینگ (۳)

- تصحیح خطا:
  - برای یک کد اگر فاصله همینگ اش **2d+1** باشد، همیشه می‌تواند تا **d** خطا را اصلاح هم بکند.

$$HD = 3 \qquad 2d + 1 = 3 \Rightarrow d = 1$$