



دانشگاه صنعتی همدان



شبکه‌های کامپیوتری - مخابراتی

دکتر رجبی

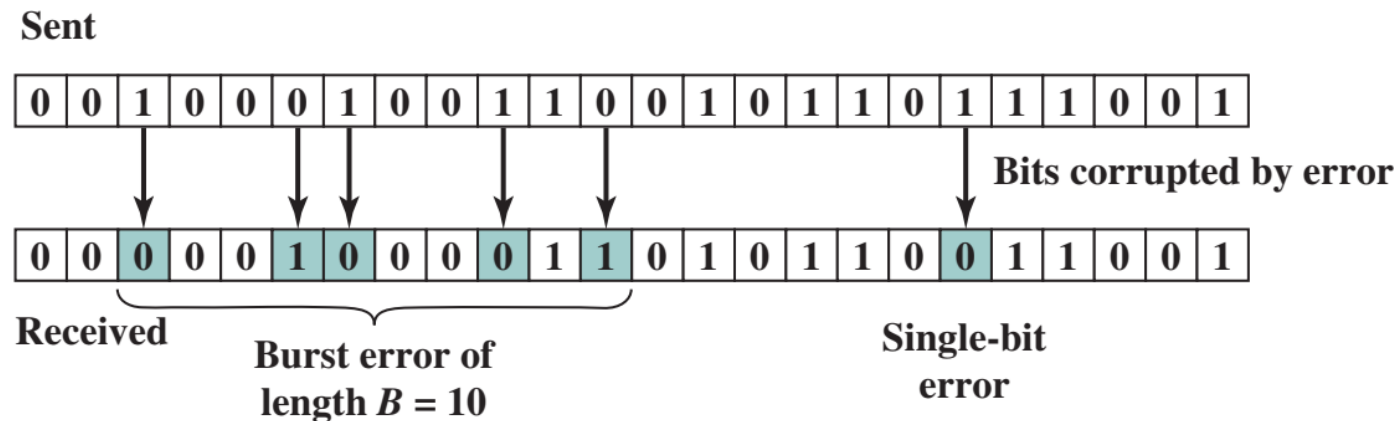
دانشگاه صنعتی همدان

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

مروری بر روش‌های کدینگ خطا

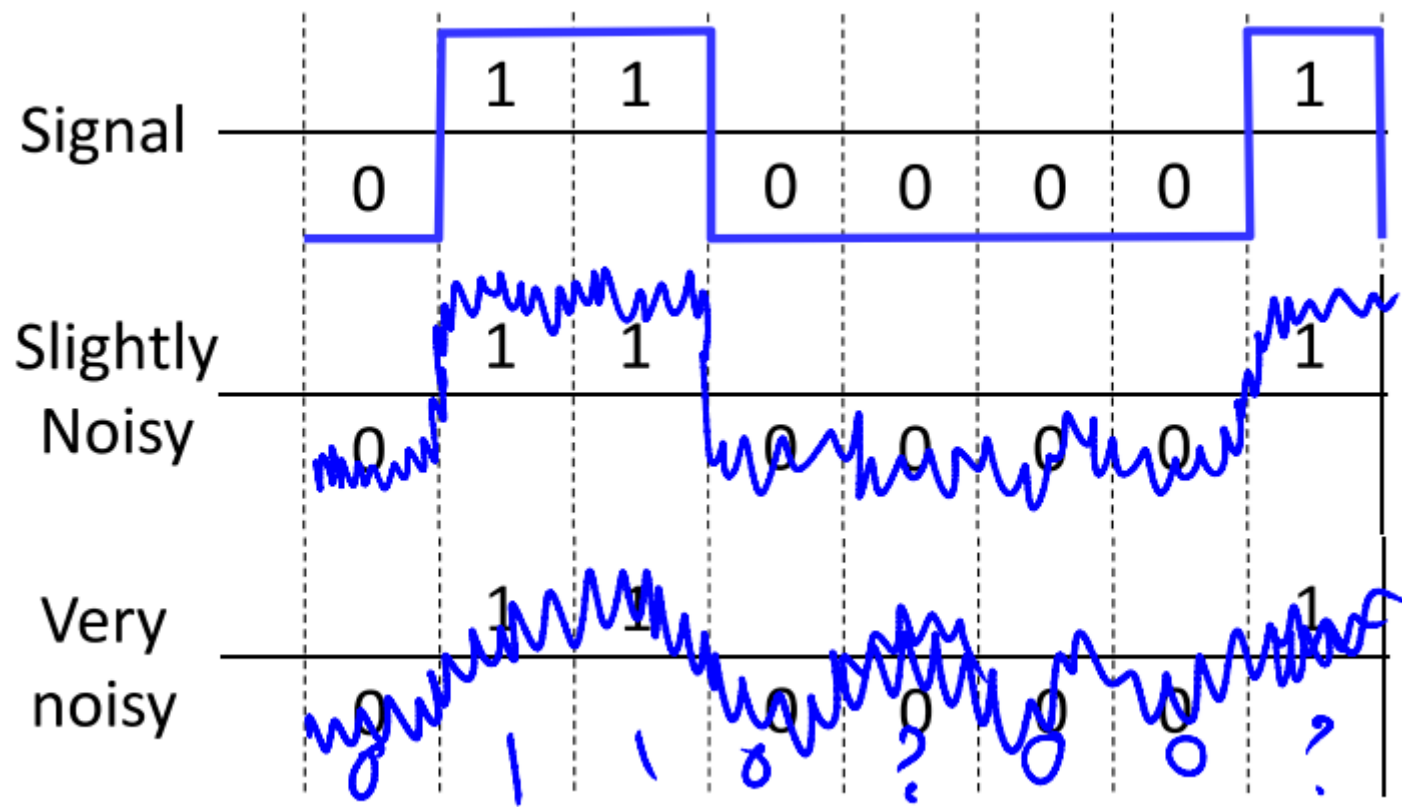
موضوع

- 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 با کدها
 - تصحیح خطاها با کدها
 - ارسال مجدد فریم‌های از دست رفته (بعداً خواهیم دید...)
- قابلیت اطمینان نگرانی‌ای است که در تمام لایه‌ها برای کاهش آن تلاش می‌شود.
- دو نوع خطا:



Burst and single bit errors

مشکل: نویز می تواند بیت های دریافت شده را دچار خطا کند



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 کد کردن (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؟

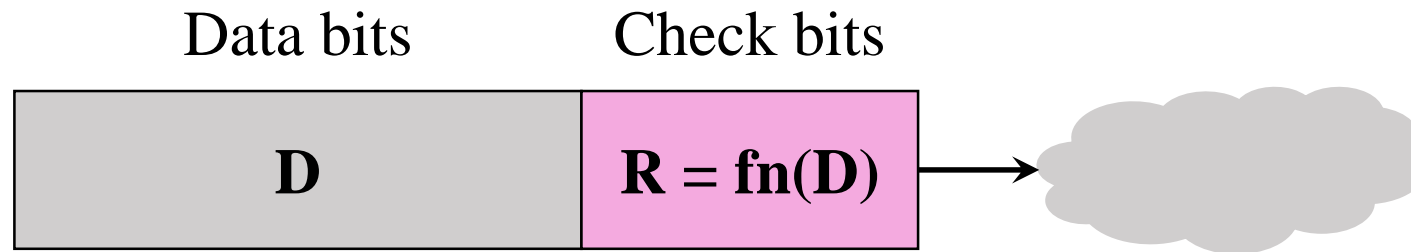
۲ خطا

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:

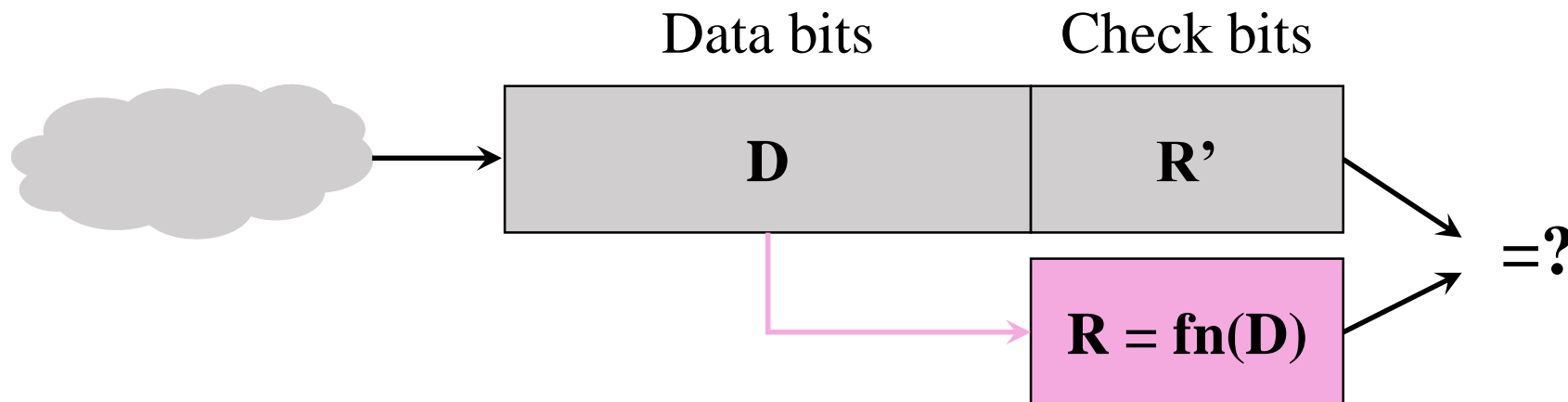
– بیت‌های کنترلی R را بر مبنای بیت‌های داده D محاسبه می‌کند. کلمه کد $D+R$ بیتی را ارسال می‌کند.

استفاده از کدهای خطا (۲)

- گیرنده:

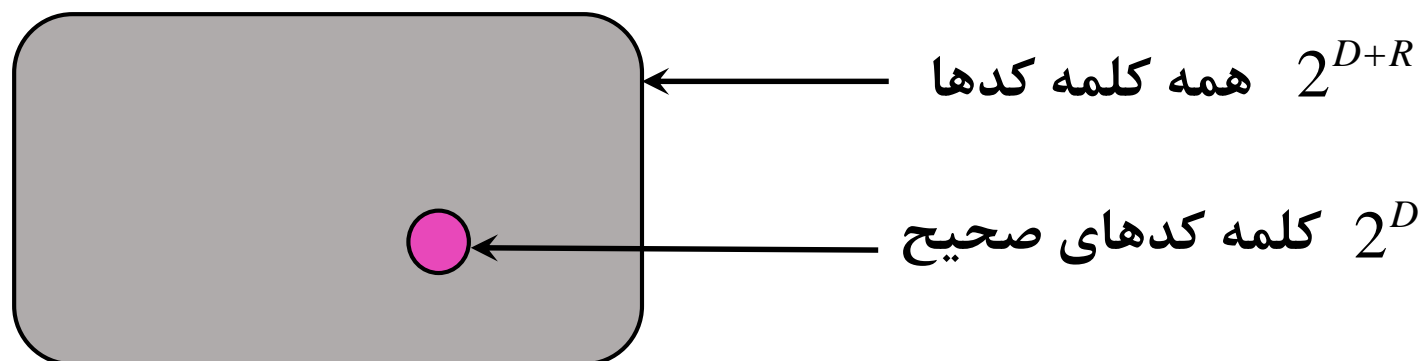
- $D+R$ بیت با خطاهای ناشناخته دریافت می‌شود.

- بررسی مجدد بیت های 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 شده است 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. »

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

- 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.

		001	010
$d + 1 = 3$	$\Rightarrow d = 2$	100	011
000	111	101	110

فاصله همینگ (۳)

- تصحیح خطا:

– برای یک کد اگر فاصله همینگ اش $2d+1$ باشد، همیشه می تواند تا d خطا را اصلاح هم بکند.

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

