شبکه‌های کامپیوتری

مدرس: سعدون عزیزی

s.azizi@uok.ac.ir

گروه مهندسی کامپیوتر

نیم سال دوم ۹۶-۹۵

فصل ۵: لایه پیوند

اهداف این فصل:

- درک اصولی که پشت سرویس‌های لایه پیوند قرار دارند:
  - تشخیص و تصحیح خطا
  - به اشتراک‌گذاری یک کانال پخشی: دسترسی چندگانه
  - آدرس‌دهی لایه پیوند
  - شبکه‌های محلی: اِترنت، شبکه‌های محلی مجازی (VLANs)
- پیاده‌سازی فناوری‌های مختلف لایه پیوند

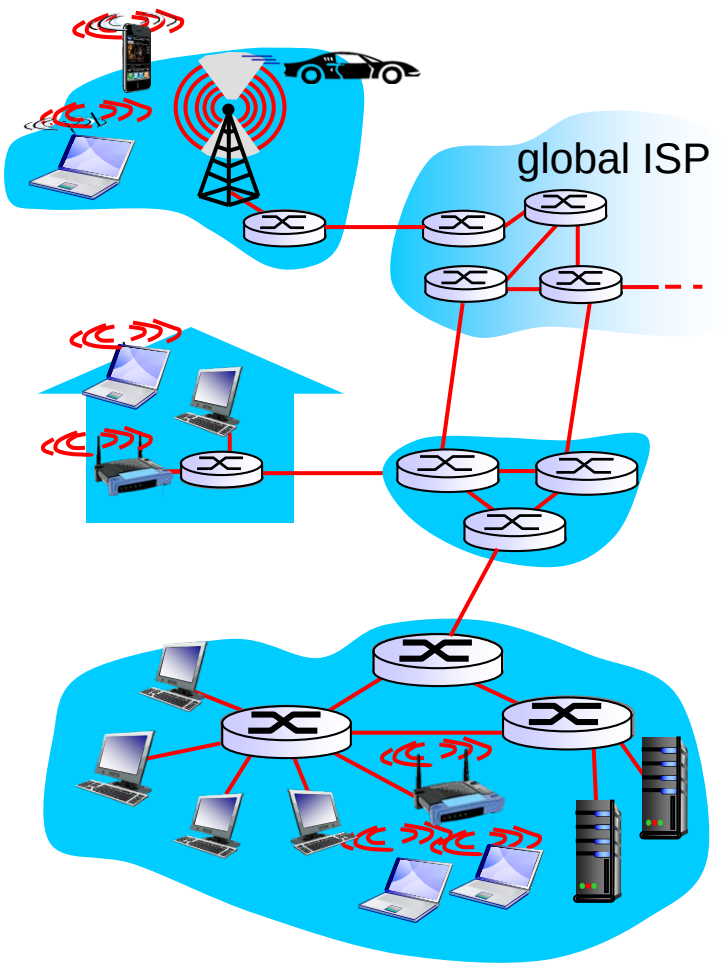
لایه پیوند: طرح کلی

- مقدمه، سرویس‌ها
- تشخیص و تصحیح خطا
- پروتکل‌های دسترسی چندگانه
- شبکه‌های محلی مبتنی بر سوئیچ
  - آدرس‌دهی، پروتکل ARP
  - اِترنت
  - سوئیچ‌های لایه پیوند
  - شبکه‌های محلی مجازی (VLANs)
- مجازی‌سازی لینک: MPLS
- شبکه‌های مرکز داده
- یک روز از زندگی یک صفحه وب

لایه پیوند: مقدمه

اصطلاحات (واژگان):

- گره‌ها: میزبان‌ها، مسیریاب‌ها، سوئیچ‌ها
- لینک‌ها: کانال‌های ارتباطی که دو گره همسایه را در امتداد مسیرهای ارتباطی به یکدیگر متصل می‌کند
  - لینک‌های سیمی
  - لینک‌های بی‌سیم
- فریم (frame): بسته‌ی لایه‌ی ۲



لایه پیوند داده مسئول انتقال دیتاگرام از یک گره به گره همسایه روی یک لینک است

تشابه با سیستم حمل و نقل

- سفر از سنندج به لوزان سوئیس
  - اتومبیل: سنندج به فرودگاه امام خمینی تهران
  - هواپیما: تهران به ژنو
  - قطار: ژنو به لوزان
- مسافر = دیتاگرام
- سیستم‌های حمل و نقل مختلف = لینک‌های ارتباطی
- حالت انتقال = پروتکل لایه پیوند
- شرکت خدمات مسافرتی = الگوریتم مسیریابی

سرویس‌های لایه‌ی پیوند

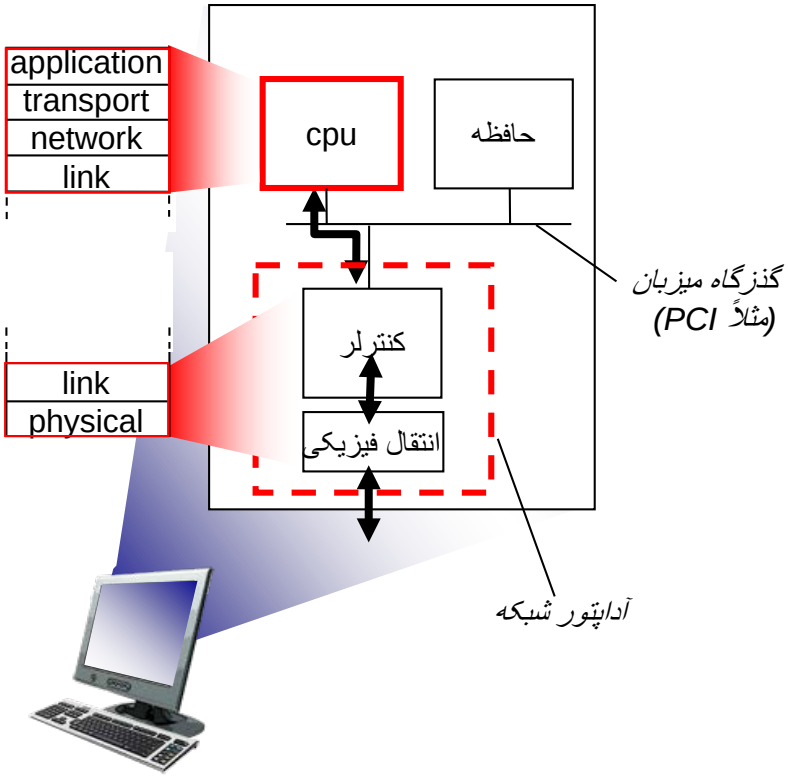
- *فریم‌بندی:* قرار دادن دیتاگرام در داخل یک فریم، اضافه کردن مَک آدرس گره مبدأ و گره مقصد + بیت‌های تشخیص و تصحیح خطا
- *دسترسی لینک:* پروتکل دسترسی کانال برای حالتی که چند گره در یک لینک پخشی شریک باشند
- *تحویل قابل اطمینان:* تحویل تضمینی دیتاگرام‌های لایه شبکه از یک گره به گره بعدی (این سرویس معمولاً برای لینک‌هایی استفاده می‌شود که نرخ خطای بالایی داشته باشند، مانند لینک‌های بی‌سیم)
  - *سوال:* چرا هم لایه پیوند و هم لایه انتقال (در TCP) سرویس قابلیت اطمینان را ارائه می‌دهند؟

سرویس‌های لایه‌ی پیوند

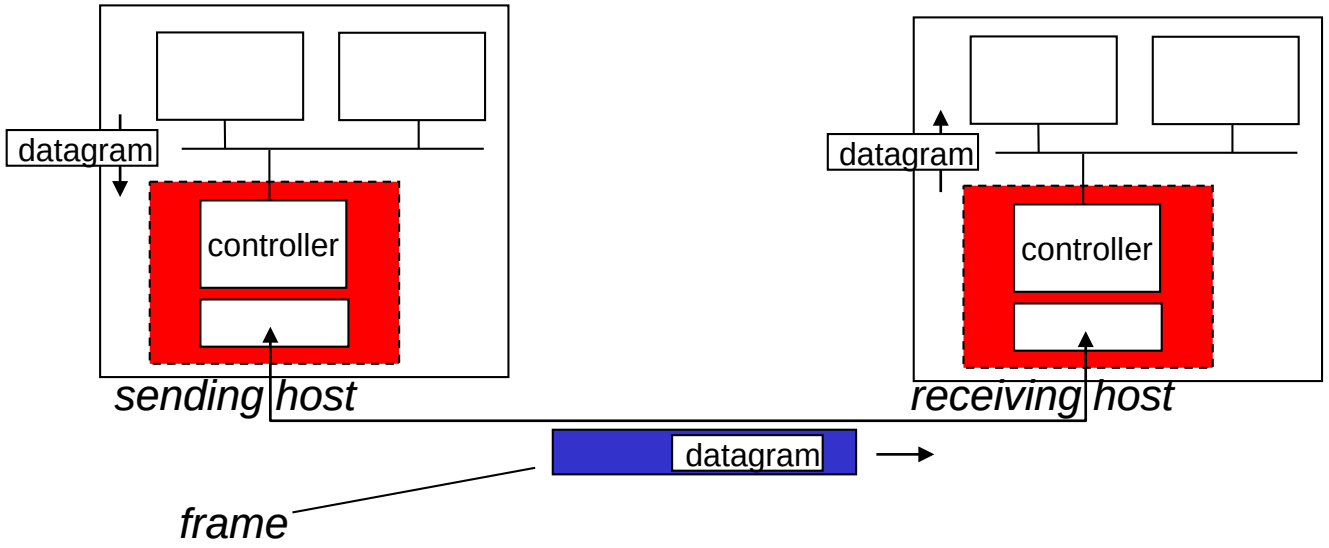
- *تشخیص خطا:*
  - خطاهای ناشی از تضعیف سیگنال یا نویز الکترومغناطیس
  - گیرنده وقوع خطا را تشخیص می‌دهد.
  - ارسال سیگنال به فرستنده برای ارسال مجدد یا دور انداختن فریم
- *تصحیح خطا:*
  - گیرنده خطا را تشخیص و بیت‌های مربوطه را تصحیح می‌کند
- *لینک‌های یک‌طرفه (half duplex) و دوطرفه (full duplex):*
  - در لینک‌های یک‌طرفه، گره‌های دو طرف لینک نمی‌توانند به طور همزمان داده ارسال کنند.

لایه پیوند در کجا پیاده‌سازی می‌شود؟

- در هر میزبان، بخش اعظم لایه‌ی پیوند در آداپتور شبکه، که به آن کارت واسط شبکه NIC نیز گفته می‌شود، پیاده‌سازی می‌شود
- در یک مسیریاب لایه‌ی پیوند در کارت خط آن پیاده‌سازی می‌شود
- لایه‌ی پیوند به صورت ترکیبی از سخت‌افزار و نرم‌افزار پیاده‌سازی می‌شود



ارتباط بین آداپتورها



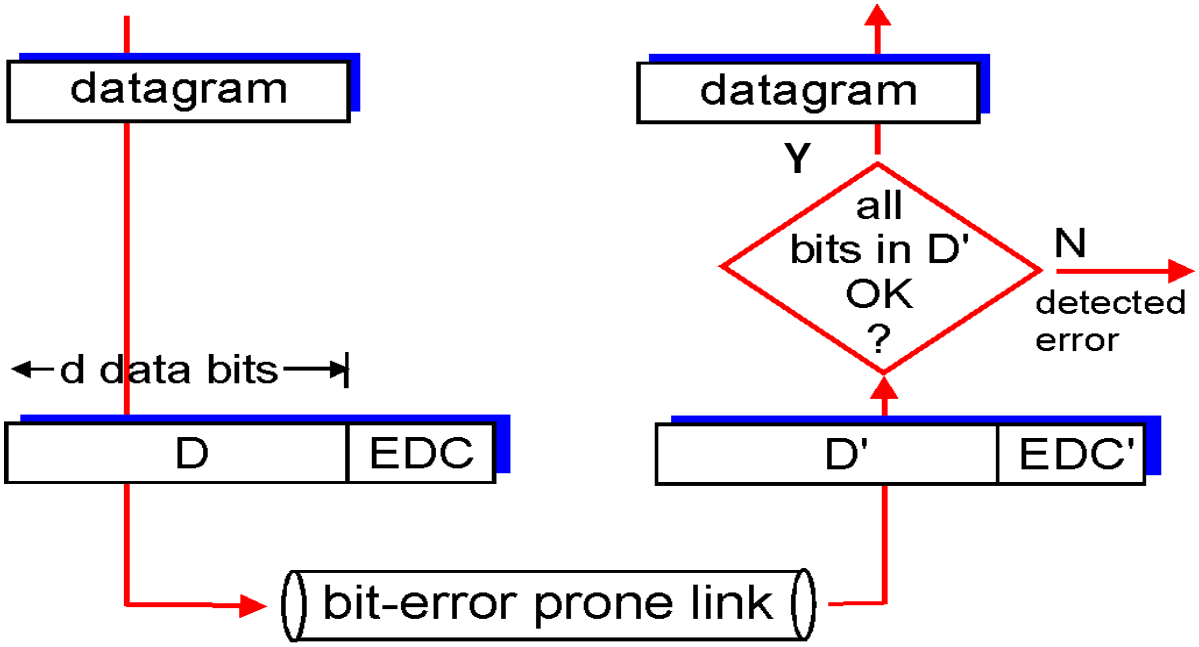
- سمت گیرنده:
  - محاسبات تشخیص و تصحیح خطا (در صورت وجود)
  - استخراج دیتاگرام، تحویل به لایه‌ی بالایی
- سمت فرستنده:
  - قرار دادن دیتاگرام در فریم
  - اضافه کردن بیت‌های تشخیص خطا

لایه پیوند: طرح کلی

- مقدمه، سرویس‌ها
- تشخیص و تصحیح خطا
- پروتکل‌های دسترسی چندگانه
- شبکه‌های محلی مبتنی بر سوئیچ
  - آدرس‌دهی، پروتکل ARP
  - اِترنت
  - سوئیچ‌های لایه پیوند
  - شبکه‌های محلی مجازی (VLANs)
- مجازی‌سازی لینک: MPLS
- شبکه‌های مرکز داده
- یک روز از زندگی یک صفحه وب

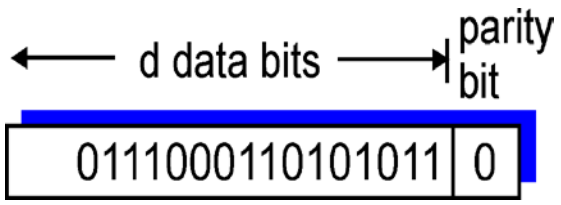
تشخیص خطا

- EDC (Error Detection and Correction bits) : بیت‌های تشخیص و تصحیح خطا
- D: داده محافظت شده، ممکن است که شامل فیلدهای سرآیند لایه‌ی پیوند نیز باشد
- تشخیص خطا ۱۰۰٪ قابل اطمینان نیست!
- هر چه روش تشخیص و تصحیح خطا پیچیده‌تر و پیشرفته‌تر باشد، احتمال کشف نشدن خطا کوچکتر اما سربارهی آن بیشتر خواهد بود

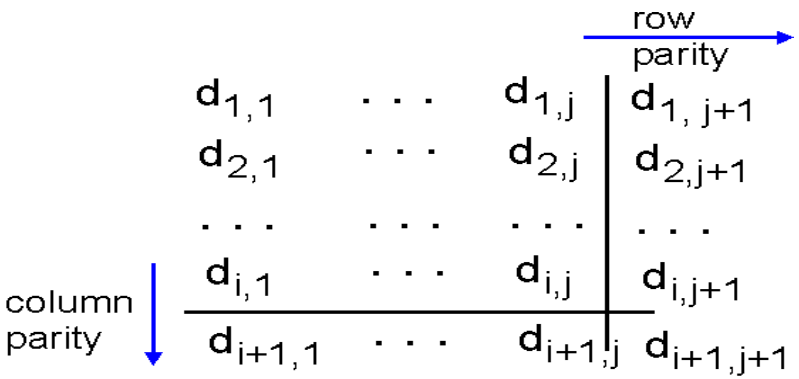


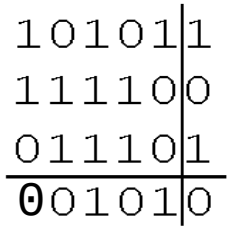
تطبیق برابری

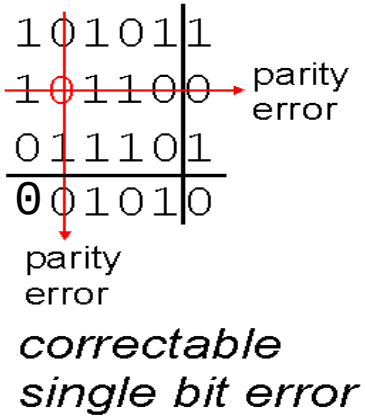
یک بیت برابری: تشخیص خطاهای تک بیتی



برابری دوبُعدی: تشخیص و تصحیح خطاهای تک بیتی







جمع کنترلی اینترنت (مرور)

هدف: *تشخیص خطا در قطعات ارسال شده*

فرستنده:

- محتوای قطعات را به دنباله‌های ۱۶ بیتی تقسیم می‌کند
- محاسبه جمع کنترلی محتوای قطعات
- قرار دادن مقدار جمع کنترلی در فیلد جمع کنترلی سرآیند قطعه

گیرنده:

- محاسبه جمع کنترلی قطعه دریافت شده
- محاسبه جمع کنترلی محاسبه شده با مقدار فیلد جمع کنترلی
  - اگر حتی یکی از بیت‌های این حاصل جمع ۰ باشد، معلوم می‌شود که خطایی رخ داده است

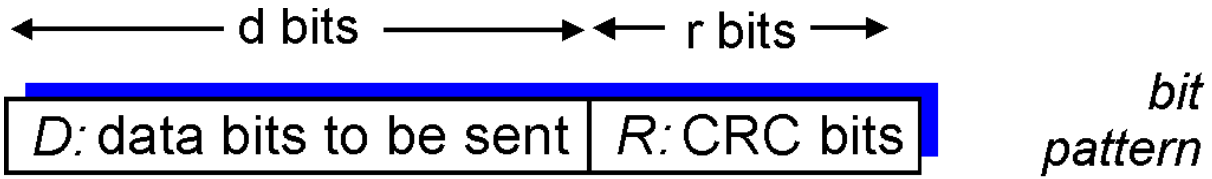
جمع کنترلی اینترنت: مثال

	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
جمع	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
جمع کنترلی (مکمل یگانی)	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1

- اگر خطایی رخ نداده باشد، حاصل جمع در سمت گیرنده همیشه 1111111111111111 خواهد بود؛

تطبیق افزونگی چرخه‌ای (CRC)

- می‌خواهیم d بیت داده، D، را از گره فرستنده به گره گیرنده بفرستیم
- انتخاب یک الگوی r+1 بیتی (تولید کننده)، G (توافق بین فرستنده و گیرنده)
- **هدف:** محاسبه‌ی r بیت CRC، R، به طوری که
  - d+r بیت حاصل بر G تقسیم‌پذیر باشد (در مبنای ۲)
  - گیرنده d+r بیت دریافت شده را بر G تقسیم می‌کند. اگر باقی‌مانده صفر نباشد، یعنی خطایی رخ داده است
  - می‌تواند خطاهای فورانی کمتر از r+1 بیت را تشخیص دهد
- از این تکنیک در عمل به طور گسترده استفاده می‌شود (اِترنت، 802.11 وای فای، ATM)



$$D * 2^r \quad \text{XOR} \quad R$$

mathematical formula

تطبیق افزونگی چرخه‌ای

می‌خواهیم که:

$$D \cdot 2^r \text{ XOR } R = nG$$

به طور معادل:

$$D \cdot 2^r = nG \text{ XOR } R$$

به عبارت دیگر،

$$R = \text{remainder}\left[\frac{D \cdot 2^r}{G}\right]$$