

Compute Express Link (CXL)

Fatemeh Fotouhi
Dr.Foshati



TABLE OF CONTENTS

01 مقدمه

02 معماری و پروتکل‌ها

03 تفاوت‌ها

04 ویژگی‌ها

05 نتیجه گیری

حجم پردازش داده‌ها به سرعت در حال افزایش است. ارتباطات سریع‌تر و بهینه‌تر بین پردازنده‌ها، شتاب دهنده فناوری PCIe است.

عدم عملکرد خوب در پردازش‌های مدرن مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین.

ارتباط سریع و کم تأخیر بین **CPU** ، شتابدهنده‌های GPU، FPGA حافظه‌های جانبی
کاهش نیاز به کپی‌برداری‌های مکرر داده و بهبود مدیریت حافظه
امکان استفاده مستقیم شتابدهنده‌ها از حافظه پردازنده بدون نیاز به انتقال اضافی داده‌ها



چرا CXL

چالش‌ها:

اختلاف شدید در تأخیر حافظه‌ها:

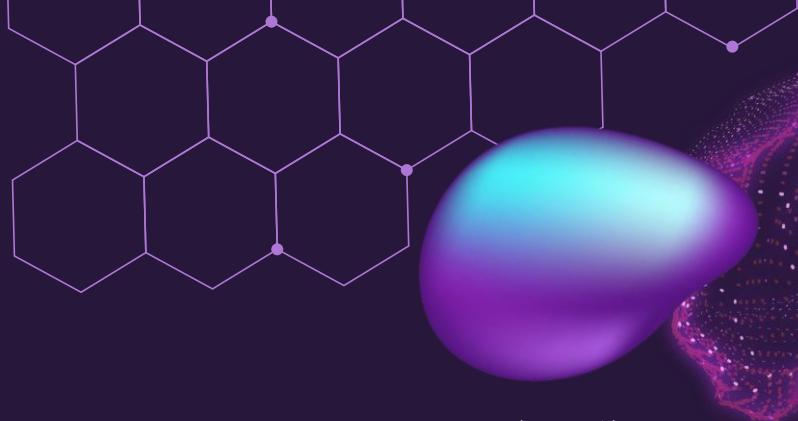
DRAM سریع است اما محدود، SSD کنتر است.

عدم هماهنگی بین تعداد هسته‌های پردازشی و پهنانی باند حافظه: هسته‌های بیشتر = نیاز به پهنانی باند بیشتر.

استفاده ناکارآمد از منابع حافظه در شتابدهنده‌ها:

حافظه‌های GPU و DPU ممکن است بلااستفاده بمانند.

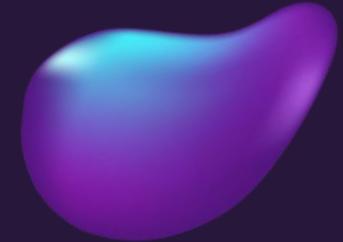
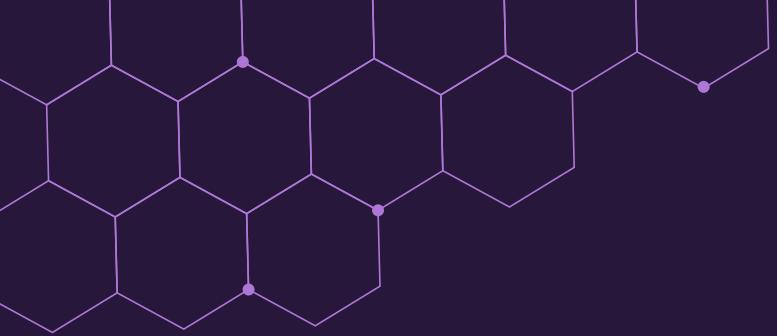
+



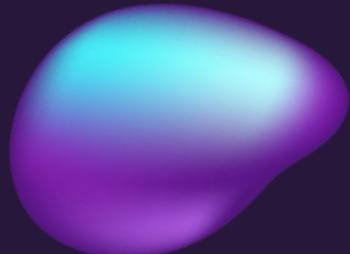
CXL چیست

ویژگی‌های اصلی:

ارتباط پرسرعت بین **CPU**, **GPU**, **DPU** و حافظه‌ها
دسترسی مستقیم به حافظه جانبی بدون نیاز به کپی داده‌ها
بهینه‌سازی مصرف منابع پردازشی



x



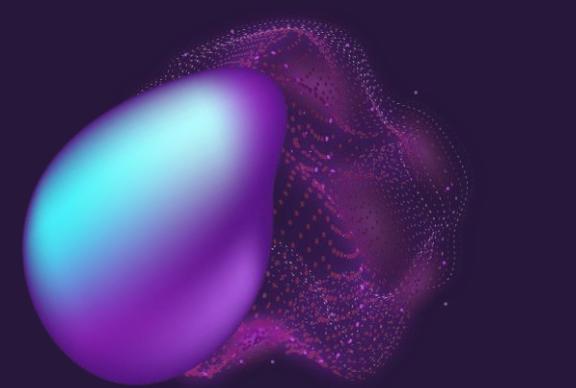
□ لایه فیزیکی Physical Layer

مسئول انتقال بیت‌های داده از طریق مسیر PCIe در صورت عدم پشتیبانی از CXL، دستگاه به عنوان PCIe عمل می‌کند

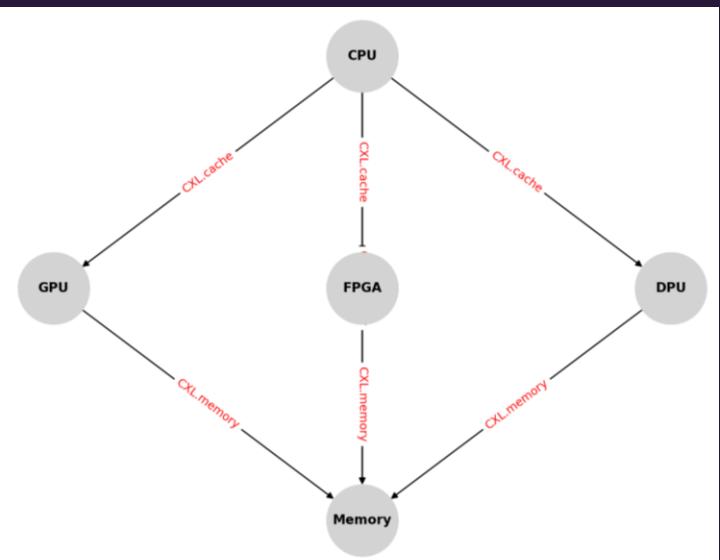
□ لایه لینک Link Layer

مدیریت جریان داده‌ها و کنترل بسته‌ها
تصحیح خطا و بررسی یکپارچگی داده

مدیریت کنترل دسترسی و اولویت‌بندی بسته‌های داده



لایه پروتکل:
CXL.io : برای مدیریت ورودی/خروجی I/O
CXL.cache : امکان اشتراک‌گذاری کش بین پردازنده و شتابدهنده‌ها
CXL.memory : دسترسی مستقیم به حافظه‌های جانبی



بسته‌های CXL ابتدا در لایه فیزیکی Physical Layer از طریق PCIe ارسال می‌شوند. سپس، در لایه لینک Link Layer صحت داده‌ها بررسی شده و تأییدیه دریافت ارسال می‌شود. در نهایت، در لایه پروتکل Protocol Layer بسته‌ها بر اساس نوع شان پردازش و اجرا می‌شوند.

دستگاه های CXL

x

- 1 نوع ۱: شتابدهنده هایی مثل Smart NIC که از حافظه CPU استفاده می کنند.
- 2 نوع ۲: پردازنده هایی مثل ASIC, FPGA, GPU که هم از حافظه خود و هم از حافظه پردازنده بهره می برند.
- 3 نوع ۳: حافظه های جانبی که از طریق CXL به پردازنده متصل می شوند و ظرفیت حافظه را افزایش می دهند.

x

چه تفاوتی با PCIe دارد CXL

PCIe	CXL	ویرگی
ندارد	دارد	اشتراک‌گذاری حافظه نهان
ندارد	دارد	دسترسی مستقیم به حافظه
زیاد	کم	تاخیر
ندارد	دارد	پشتیبانی از هوش مصنوعی

مزایا:

- افزایش پهنانی باند حافظه 
- کاهش تأخیر پردازشی 
- بهینه‌سازی مصرف حافظه و منابع پردازشی 
- پشتیبانی از محاسبات پیشرفته مانند HPC و AI 
- کاهش هزینه‌های سخت‌افزاری در مراکز داده 

❖ ویژگی‌های CXL 2.0

- ✖ پشتیبانی از **Memory Pooling** اشتراک‌گذاری حافظه بین پردازنده‌ها
- ✓ افزایش امنیت
- ✓ دسترسی هم‌زمان چند پردازنده به حافظه مشترک (تا ۱۶ پردازنده)

❖ ویژگی‌های CXL 3.1

- ✓ افزایش سرعت انتقال داده
- ✓ ارتقای **Memory Pooling** بدون نیاز به راهاندازی مجدد سرور
- ✓ پشتیبانی از سوئیچینگ چندلایه برای مقیاس‌پذیری بیشتر



x

x

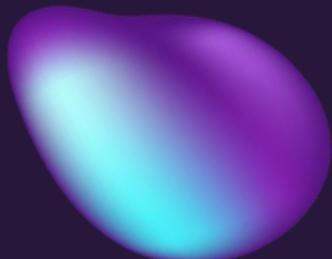
CXL چگونه امنیت داده‌ها را تضمین می‌کند؟

مکانیزم‌های امنیتی: 

رمزگذاری AES-GCM 256 بیتی 

حافظت در برابر حملات فیزیکی و سایبری 

مکانیزم‌های احراز هویت سخت‌افزاری برای جلوگیری از نفوذ غیرمجاز 



x



نتیجه‌گیری

- ارتباط سریع‌تر و بهینه بین پردازنده‌ها و حافظه‌ها افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها در مراکز داده استاندارد جدیدی که به زودی جایگزین PCIe در پردازش‌های پیشرفته می‌شود

منابع

1. <https://www.rambus.com/blogs/compute-express-link/>
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Compute_Express_Link
3. <https://www.qemu.org/docs/master/system/devices/cxl.html>

با تشکر از توجه شما

