

CHIP 2 주차 선각 레포트

- Computational Storage 를 컴퓨터로 볼 수 있을까 -
원산하

서론

현대 컴퓨팅 환경은 단순한 연산 장치 중심의 구조에서 벗어나, 다양한 장치들이 연산 능력을 갖추는 구조로 진화하고 있다. 이러한 흐름의 중심에 있는 "컴퓨테이셔널 스토리지(Computational Storage)"가 독립적인 컴퓨터로 볼 수 있는지에 대한 질문을 주제로 다룬다.

본문

컴퓨터의 정의: IEEE 표준에 따르면, 컴퓨터는 "산술 혹은 논리 연산을 자동으로 수행할 수 있는 장치"이다. 일반적으로 컴퓨터는 CPU 를 중심으로 입력, 연산, 저장, 출력이 유기적으로 구성된 시스템을 말한다.

컴퓨테이셔널 스토리지의 정의: SNIA(2021)는 컴퓨테이셔널 스토리지를 "저장장치 내부에 연산 자원을 내장하여 데이터 이동 없이 직접 처리 작업을 수행할 수 있는 아키텍처"로 정의하고 있다. 대표적인 구현으로는 Samsung SmartSSD 와 NGD Systems 의 ARM 기반 SSD 가 있다.

기술 등장 배경

컴퓨테이셔널 스토리지는 데이터양의 폭증, AI 연산의 고도화, 그리고 I/O 병목 문제를 해결하기 위한 대안으로 등장했다. 기존 CPU 중심 처리 방식은 대규모 데이터를 처리하기 위해 지나치게 많은 데이터 이동을 요구하며 이는 에너지 낭비와 지연을 유발한다. 이에 따라 연산을 데이터 가까이 옮기려는 'Near-Data Processing' 개념이 제안되었고 그 구체적 실현 중 하나가 컴퓨테이셔널 스토리지이다.

컴퓨테이셔널 스토리지의 방향성

현대의 컴퓨테이셔널 스토리지는 단순히 저장 기능에 연산 기능을 추가한 것이 아니라, 다음과 같은 방향성으로 진화 중이다.

자율성 증대 SmartSSD 와 같은 장치는 자체 OS 와 실행환경을 내장하며 SSH 접속을 통해 독립적인 연산이 가능하다.

분산 컴퓨팅 요소화 여러 컴퓨테이션 스토리지가 병렬로 작업을 수행하며 클러스터처럼 구성될 수 있음.

API/SDK 생태계 등장 SNIA 와 Samsung 은 전용 API, 소프트웨어 툴킷을 통해 저장장치 내에서 실행될 애플리케이션 개발을 지원한다.

컴퓨팅 시스템의 예시와 유사성

현대 컴퓨팅 시스템은 다양한 연산 기능을 가진 모듈들의 조합으로 구성되거나 여러 컴퓨터의 집합체로 구성된다.

SoC(System on Chip): Apple M1 과 같은 칩은 CPU, GPU, NPU 등을 하나의 칩 안에 통합한 구조이다.

서버 메인보드: CPU, GPU, SmartNIC, BMC, TPM 등 다양한 장치들이 독립적인 연산 능력을 갖춘다.

클러스터 및 클라우드: 수많은 물리 서버가 하나의 논리적 시스템으로 작동한다.

SmartNIC, SmartSSD: 네트워크나 저장장치가 자체 프로세서를 내장하고 직접 연산 수행

이러한 구조와 비교했을 때, 컴퓨테이션 스토리지는 단순한 저장장치가 아니라 연산이 가능한 노드라는 점에서 유사한 특성을 갖는다.

결론

컴퓨테이션 스토리지는 IEEE 기준의 '컴퓨터' 정의, 독립적 연산 수행 능력을 갖춘 장치라는 측면에서 보면 새로운 유형의 컴퓨팅 자원으로 간주할 수 있다. 특히 리눅스를 기반으로 사용자 애플리케이션을 실행하고 호스트 시스템과 별도로 연산을 수행하는 구조는 컴퓨팅 노드와 유사성을 띤다.

다만 현재는 여전히 호스트 시스템에 종속된 보조 연산 역할에 머무르고 있고 하드웨어 및 소프트웨어 생태계가 초기 단계에 있다는 점에서 독립 컴퓨터로 완전히 자리 잡았다고 보긴 어렵다. 그러나 컴퓨테이션 스토리지의 방향성과 성장에 따라서 새로운 형태의 컴퓨터가 될 수 있을 것이다.