

SmartNIC 프레임워크 연구 및 분석

이수현¹, 박태준²

¹전남대학교 컴퓨터정보통신공학과 학부생

²전남대학교 인공지능학부 교수

leesuhueon20020711@jnu.ac.kr, *taejune.park@jnu.ac.kr

A Study on SmartNIC Frameworks

Suhyeon Lee¹, Taejune Park²

¹Dept. of Computer Engineering, Chonnam National University

²Dept. of Software Engineering, Chonnam National University

요 약

네트워크 트래픽이 최근 급격히 증가하면서, 전통적인 CPU 기반의 패킷 처리 방식은 성능의 한계에 직면하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 SmartNIC은 네트워크 처리를 CPU로부터 오프로드하여 시스템 전체의 성능을 향상시키는 데 중요한 역할을 한다. 그리하여 네트워크 서비스를 SmartNIC로 오프로드 하여 CPU 점유율을 줄이고 시스템의 효율성을 높이는 데 큰 이점을 제공한다. 본 논문에서는 NVIDIA의 DOCA와 AMD의 SSDK를 소개하며, SmartNIC에서 구현된 다양한 보안 서비스들을 살펴보고자 한다.

1. 서론

최근 네트워크 트래픽의 급격한 증가와 이에 따른 처리량 증가는 데이터 전송 속도의 저하를 초래하고 있으며, 이러한 문제는 특히 대규모 데이터를 다루는 클라우드 서비스 환경에서 심각한 영향을 미치고 있다 [1]. 전통적인 CPU 기반의 패킷 처리 방식은 증가하는 네트워크 부하를 효과적으로 처리하는 데 한계를 보이며, 이는 시스템 성능 저하와 자원 소모의 문제를 가중시키고 있다. 이러한 상황에서 SmartNIC은 프로그래밍 가능한 네트워크 인터페이스 카드(NIC)로서 주목받고 있다. SmartNIC은 패킷 처리에 필요한 다양한 하드웨어 가속기를 통합하여 네트워크 작업을 CPU로부터 오프로드함으로써 CPU 점유율을 낮추고 시스템 전반의 성능을 향상시켰다 [2].

이러한 상황에서 SmartNIC의 도입은 단순한 네트워크 가속을 넘어 다양한 네트워크 기능 구현에서도 중요한 역할을 하고 있다. 네트워크 처리를 CPU에서 오프로드하고, 다양한 하드웨어 가속기를 활용하여 보다 빠르고 효율적인 네트워크 처리를 가능하게 한다.

따라서 본 논문은 SmartNIC 상에서 구현된 다양한 프레임워크를 분석하고, 이들의 특성과 효과를 조사하고자 한다. 이를 통해 SmartNIC 기반 네트워크 서비스의 현재 상태와 미래 가능성을 종합적으로 평가할 것이다.

2. 본론

1) SmartNIC

기존의 전통적인 NIC이 체크섬(checksum), 세그멘테이션과 같은 기본적인 오프로드 기능만을 제공하는데 반해, SmartNIC은 데이터 경로, 가상화, 보안 등 여러 고급 네트워킹 기능을 하드웨어에서 직접 수행할 수 있게 해준다. 이러한 기능은 CPU 자원을 절약할 수 있게 준다. 예를 들면, SmartNIC은 로드 밸런싱, 네트워크 모니터링 및 가상화 서비스와 같은 복잡한 네트워크 작업을 하드웨어에서 처리하여, CPU가 애플리케이션 작업에 집중할 수 있도록 한다. 또한 하드웨어 가속을 통해 스트리밍 네트워크 성능을 향상시키고, 암호화, 심층 패킷 검사, DDoS 공격 차단 등을 직접 수행하여 네트워크의 안전성을 높인다 [3]. 이로 인해, 데이터 처리의 효율성을 높이고, 전반적인 서버의 안정성을 향상시킬 수 있다.

이러한 SmartNIC은 ASIC, FPGA, SoC와 같은 기술로 제조되며, 제조사에 따라 다양한 제품이 출시되고 있다. 대표적으로는 NVIDIA의 BlueField와 AMD의 Pensando가 있다. 두 제품 모두 ASIC+CPU 구조로 이루어져 있는데, 이는 높은 성능과 유연성을 동시에 제공하는데 기여하며, 이러한 구조는 특히 고성능 컴퓨팅과 네트워크 가속이 중요한 환경에서 효과적인 솔루션을 제공한다.

	DOCA(2.8)	SSDK
제조사	NVIDIA	AMD
지원 제품	bluefield, ConnectX	Pensando
지원 언어	C	P4,C,C++
지원 서비스	IPsec, Switch, Secure channel, 등	IPsec, NAT, ACL 등
지원 가속 기능	암호화 가속 (RSA, DSA), OVS-DOCA 하 드웨어 가속 등	병렬 수행, 빠른 경로(P4)/느린 경 로 등
장점	SSDK에 비해 다 양한 기능 지원	효율적인 CPU 오프로드 가능, P4 지원
단점	복잡한 초기설정	유연성 부족

[표 1] DOCA와 SSDK의 기능 및 지원 비교

이러한 SmartNIC 솔루션들은 각자의 특성과 장점을 바탕으로 다양한 산업 분야에서 활용되며, 네트워크 인프라의 효율성을 극대화 하는데 중요한 역할을 하고 있다. 또한, 이러한 SmartNIC을 사용하기 쉽게 만드는 프레임워크도 제공되고 있는데, 이번 논문에서는 대표적인 NVIDIA의 DOCA와 AMD의 SSDK에 대해 소개하고자 한다.

2) DOCA

DOCA는 Data Center-on-a-Chip Architecture의 약자로, NVIDIA에서 개발한 BlueField 프레임워크이다 [4]. 이는 암호화 가속, OVS 하드웨어 가속 등 다양한 가속기를 활용하여 네트워크 처리 성능을 향상시킬 수 있으며, 이러한 가속기를 통해 IPsec, Secure Channel 등 여러 어플리케이션을 쉽게 지원하여 네트워크 처리를 더욱 효율적으로 수행할 수 있다. 이를 통해 사용자는 SmartNIC의 다양한 기능을 손쉽게 활용할 수 있다. 이러한 기능들은 데이터 센터의 보안 요구 사항을 충족시키며, 네트워크와 데이터 보호를 강화하는 데 중요한 역할을 한다.

3) SSDK

SSDK는 AMD가 개발한 Software-In-Silicon Development Kit으로, AMD Pensando DPU를 위한 소프트웨어 개발 환경이다. 이 환경은 메모리 읽기 및 쓰기 작업을 P4로 처리하여 빠른 경로(fast path)를 구현하고, C와 C++을 사용하여 느린 경로(slow path)를 작성한다. 또한

병렬 서비스 실행을 지원하여 SDN, 보안 등의 다양한 서비스를 병렬로 수행할 수 있다. 또한 우아한 업데이트를 지원하여, DPU나 PCIe 인터페이스를 재구성 할 필요 없이 소프트웨어를 업데이트 할 수 있다. 이를 통해 데이터 센터 환경에서의 성능 요구 사항을 충족시키며, 효율적인 네트워크 정책 구현과 데이터 보호에 기여한다 [5].

3. 결론

네트워크 인프라의 복잡성이 증가함에 따라 SmartNIC의 중요성은 더욱 부각되고 있다. 다양한 업체에서 제공하는 SmartNIC은 네트워크 부하를 효과적으로 처리하고 CPU 점유율을 낮추는 데 기여한다. 제조사들이 제공하는 프레임워크를 활용하면 SmartNIC의 다양한 가속기를 이용하여 네트워크 기능을 쉽게 오프로드할 수 있으며, 이를 통해 전반적인 성능 향상을 이룰 수 있다. 따라서, SmartNIC은 향후 네트워크 업계에서 중요한 역할을 차지할 것으로 보이며, 이를 통한 가속과 효율성은 다양한 데이터 센터와 클라우드 환경에서 큰 이점으로 작용할 것이다. 궁극적으로 SmartNIC의 발전은 네트워크 인프라의 미래를 더욱 안전하고 빠르게 효율적으로 만드는 데 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 인공지능융합혁신인재양성사업 연구 결과로 수행되었음(IITP-2023-RS-2023-00256629)

참고문헌

- [1] Mittal, Radhika, et al. "TIMELY: RTT-based congestion control for the datacenter." ACM SIGCOMM Computer Communication Review 45.4 (2015): 537-550.
- [2] Kfoury, Elie F., et al. "A Comprehensive Survey on SmartNICs: Architectures, Development Models, Applications, and Research Directions." IEEE Access (2024).
- [3] Enhancing Networks with SmartNICs
<https://network.nvidia.com/files/doc-2020/sb-smart-nic.pdf>
- [4] developer.nvidia.com. 2024. NVIDIA DOCA Software Framework
<https://developer.nvidia.com/networking/doca>
- [5] AMD PENSANDOTM SOFTWARE-IN-SILICON DEVELOPMENT KIT (SSDK)
<https://www.amd.com/system/files/documents/pensando-ssdk-product-brief.pdf>