

# In-band 네트워크 텔레메트리 수집 및 활용 방안 연구

현종환, 홍원기

포항공과대학교 컴퓨터공학과

{noraki, jwkhong}@postech.ac.kr

## 요 약

네트워크 텔레메트리는 네트워크에서 생성되는 다양한 정보들을 수집하는 것을 의미하며, 기존의 플로우 단위 정보(e.g., NetFlow), 트래픽 샘플링 (e.g., sFlow), 카운터 기반 네트워크 모니터링 방식 (e.g., SNMP) 의 한계점을 극복하고 네트워크 가시성(visibility)을 향상시킬 수 있는 장점을 가진다. 그 중 패킷 단위 트래픽의 행위를 수집, 저장, 분석하는 것을 패킷 단위 텔레메트리라고 한다. 본 논문에서는 패킷 단위 네트워크 텔레메트리 기법 중 하나인 In-band Network Telemetry 를 활용한 SDN 환경에서의 네트워크 텔레메트리 수집 구조 및 활용 방안에 대해 소개하고 향후 연구 이슈에 대해 기술하고자 한다.

## I. 서론

현재의 네트워크는 연결된 장비의 개수, 트래픽 양 및 지원하는 프로토콜과 서비스의 개수가 증가함에 따라 그 복잡도가 증가하고 있다. 이러한 복잡한 네트워크 구조에서 전통적인 네트워크 모니터링 방식 (플로우 단위 정보 수집(e.g., NetFlow), 트래픽 샘플링 (e.g., sFlow), 카운터 기반 네트워크 모니터링 방식 (e.g., SNMP))을 사용하여 네트워크를 관리하는 데에는 한계점이 존재한다[1]. 우선, 네트워크 장비에 설치된 정보 수집 기능 및 종류를 동적으로 변경할 수 없으며, 라우팅 경로 설정 오류로 인한 비효율적 패킷 포워딩, 장비 오류로 인한 간헐적인 패킷 손실, ECMP 의 비대칭적 패킷 분배 등의 문제는 기존 모니터링 방식으로는 해결하기 힘들다.

이러한 문제를 해결하기 위해 네트워크 텔레메트리 라는 방법이 제안되었다. 네트워크 텔레메트리는 네트워크에서 생성되는 다양한 정보들을 수집하는 것을 의미한다. 여기에는 전통적으로 네트워크 모니터링에 사용되던 SNMP, sFlow, NetFlow 등의 모니터링 정보뿐만 아니라 네트워크 장비에서 발생하는 로그 등의 정보도 포함된다. 특히 패킷 단위 트래픽의 행위를 수집, 저장, 분석하는 것을 패킷 단위 텔레메트리라고 한다[1].

이러한 네트워크 텔레메트리를 수집하는 방식은 크게 In-band 와 Out-of-band 의 두 가지 방식으로 나뉜다. Out-of-band 방식은 별도의 탐지 패킷을 생성하여 텔레메트리 데이터를 수집하는 반면, In-band 방식은 기존 데이터 트래픽에 텔레메트리 데이터를 삽입하여 별도의 탐지 패킷 생성 없이 텔레메트리 데이터를 수집하는 방식이다. 이와 같이 패킷 단위의 네트워크 정보를 활용하여 앞서 언급한 문제를 해결하고자 하는 연구들이 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 우선 네트워크 텔레메트리 수집 기술 및 이를 활용한 연구에 대해 소개한다. 그리고 SDN 환경에서의 In-band 네트워크 텔레메트리 수집 구조 제안 및 향후 연구 이슈에 대해 기술한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 두 가지 네트워크 텔레메트리 수집 기술에 대해 소개하고, 3 장에서는 In-band 네트워크 텔레메트리를 활용한 연구에 대해 정리한다. 4 장에서는 연구 동향 요약 및 향후 연구 이슈에 대해 기술한다.

## II. 관련 연구

### 1. In-band Network Telemetry (INT) [2]

INT 는 P4[3]를 활용한 네트워크 모니터링 프레임워크로, 제어 평면의 개입 없이 데이터 평면에서 네트워크의 상태를 수집할 수 있다. 수집 가능한 네트워크 상태 정보(메타데이터)는 스위치 ID, 인입 포트 관련 정보 (포트 ID, 타임스탬프), 인출 포트 관련 정보 (포트 ID, 타임스탬프, 홉 지연, 링크 사용률 등), 버퍼 관련 정보 (큐 사용량, 큐 혼잡 상태) 등이 정의되어 있다. 수집된 정보는 데이터 패킷에 삽입되어 전달된다.

INT 를 지원하는 스위치는 그 역할에 따라 Source 스위치, Transit 스위치, Sink 스위치로 구분된다. Source 스위치에서는 전달하는 패킷에 INT 헤더를 삽입하며, 헤더에는 수집하고자 하는 네트워크 상태 정보의 종류가 기록되어 있다. Transit 스위치는 패킷에 INT 헤더가 포함되어 있는지 확인한 후, INT 헤더가 포함된 경우 지정된 네트워크 상태 정보를 패킷에 삽입하여 전달한다. Sink 스위치에서는 INT 헤더 및 누적된 상태 정보를 추출하는 역할을 수행한다.

### 2. 네트워크 텔레메트리 수집 관련 연구

Everflow[1]는 대규모 데이터 센터 네트워크에서 패킷 단위의 텔레메트리 정보를 수집하고 활용하기 위한 구조를 제안하였다. 특정 조건에 해당하는 패킷들을 분석 호스트로 미러링하는 match-and-mirror 방식과 스위치를 사용한 로드 밸런싱을 통해 확장성 있는 패킷 수집 구조를 제안하였고, 루프 탐지, 패킷 손실 탐지, ECMP 프로파일링 등의 네트워크 디버깅 기능을 구현하였다. 하지만 데이터 패킷 전체를 수집 서버로 미러링하는 방식을 사용하기 때문에 불필요하게 대역폭이 소비되는 단점이 존재한다.

Planck[4]는 스위치에서 포트 미러링 기능을 활용하여 스위치의 나머지 포트를 통해 전달되는 패킷들을 지정된 포트로 미러링함으로써 밀리초 단위로 네트워크 감시 및 제어를 할 수 있는 구조를 제안하였다. 하지만 감시 대상이 되는 스위치마다 패킷 수집 서버가 직접 연결되어야 하기 때문에 확장성에 한계를 가지고 있다.

### III. In-band 네트워크 텔레메트리 수집 구조

본 장에서는 프로그래머블 스위치로 구성된 네트워크 환경에서 SDN 을 활용하여 INT 메타데이터를 수집하기 위한 구조 및 방법에 대해 기술한다. SDN 을 활용하면 유연한 INT 기능 제어를 수행할 수 있고 메타데이터 수집 및 분석 결과를 네트워크 제어에 쉽게 활용할 수 있는 장점이 있다. SDN 환경은 제어 평면과 데이터 평면으로 구성되어 있으며, 텔레메트리 정보 수집 및 분석을 위해 관리 평면이 추가되었다 (그림 1). 각 평면 별 기능은 다음과 같다.

#### 1. 제어 평면 (Control Plane)

SDN 컨트롤러가 제어 평면의 역할을 수행하며, 프로그래머블 스위치에 INT 프로그램 배포, INT 모니터링 조건 제어, 모니터링 결과에 따른 네트워크 요구 사항 반영 등의 기능을 수행한다.

우선, SDN 컨트롤러는 각 프로그래머블 스위치에 INT 패킷 처리 동작을 정의한 P4 프로그램을 배포한다. 또한, 네트워크 상에 존재하는 모든 패킷에 대해 텔레메트리 정보를 수집하게 되면 과도한 양의 정보가 수집되기 때문에 선택적으로 텔레메트리 정보를 수집할 수 있는 방법을 필요로 한다. 이를 위해 제어 평면에서는 INT 메타데이터를 수집할 대상 플로우를 결정한다. 모든 플로우를 대상으로 할 수도 있으며, 특정 5-tuple 에 해당하는 플로우에 대해서만 메타데이터를 수집할 수 있도록 지정할 수 있다.

수집된 메타데이터 분석 결과, 관리 평면으로부터 전달된 현재 네트워크 상태(e.g., 특정 링크 장애 또는 혼잡 발생 등)에 따라 네트워크 설정을 변경하며, 수집된 정보의 시각화 및 외부 어플리케이션과의 인터페이스 또한 제공한다.

#### 2. 데이터 평면 (Data Plane)

데이터 평면에서는 INT 메타데이터 데이터 생성, 추출 및 전송 등의 기능을 수행한다.

제어 평면으로부터 배포된 프로그램에 따라 INT 패킷을 처리하며, 스위치의 역할에 따라 세 가지로 구분된다. Source 스위치에서는 모니터링 대상 플로우 매칭 후 해당되는 플로우에 대해 INT 헤더 생성 및 삽입, INT 메타데이터 삽입 기능을 수행한다. Transit 스위치에서는 INT 패킷 판별 및 INT 헤더에 지정된 종류의 INT 메타데이터 삽입 기능이 구현된다. Sink 스위치에서는 INT 헤더 및 메타데이터 추출, 관리 평면으로의 메타데이터 전송 등의 기능이 구현된다.

#### 3. 관리 평면 (Management Plane)

관리 평면에서는 Sink 스위치로부터 전송된 INT 메타데이터를 수집, 저장, 분석하는 기능을 수행한다.

INT Data Collector 는 수집된 INT 메타데이터를 JSON 형태로 변환하여 Distributed Messaging System 으로 전달한다.

Distributed Messaging System 은 모니터링 시스템의 확장성을 제공하며, 분산된 Data Stream Processor 로 INT 메타데이터를 전달하며, 동시에 데이터베이스에 메타데이터를 저장한다.

Data Stream Processor 에서는 플로우 별, 스위치 별 통계 정보(e.g., 플로우가 전달된 실제 경로, 홉 지연 시간, 스위치 별 큐 상태 및 혼잡도 등)를 작성하여 SDN 컨트롤러로 전달한다.

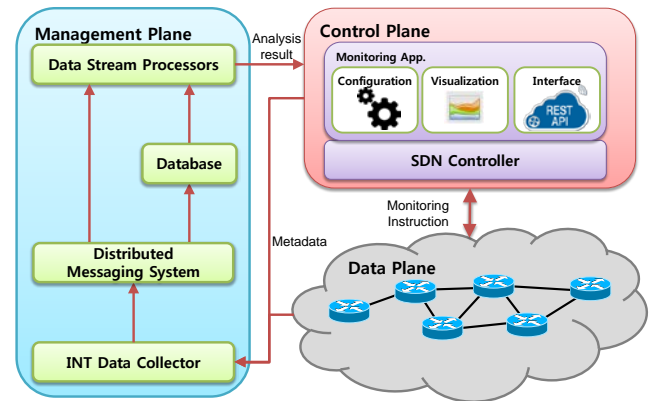


그림 1 SDN 환경에서의 INT 메타데이터 수집 구조

### IV. In-band 네트워크 텔레메트리 활용 방안

본 논문에서 제안한 수집 구조를 활용하여 각 스위치의 포트 별 혼잡도를 실시간으로 파악할 수 있으며, 라우팅 정보 및 트래픽 엔지니어링의 결과가 정상적으로 반영되었는지 확인할 수 있다. 또한 트래픽 매트릭스를 쉽게 생성할 수 있으며, SLA 위반 여부도 확인할 수 있다.

### V. 결론 및 향후 연구

INT 는 기존의 네트워크 모니터링 기법과는 달리 실시간으로 패킷 단위의 세부적인 네트워크 정보를 수집할 수 있어 네트워크 가시성을 최대한으로 제공하는 특징이 있다. 본 연구에서는 이러한 INT 의 특성을 쉽게 활용할 수 있도록 SDN 환경에서의 네트워크 텔레메트리 수집 구조에 대해 제안하고 활용 방안에 대해 논의하였다.

향후 본 연구에서 제안한 구조를 오픈 소스 SDN 컨트롤러에 실제로 구현하여 관련 연구자들이 쉽게 INT 를 활용하여 다양한 연구를 진행할 수 있도록 도움을 줄 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2017-0-00195, 멀티 서비스를 지원하는 프로그래머블 스위치 제어 기술 개발)

### 참고 문헌

- [1] Y. Zhu, N. Kang, J. Cao, A. Greenberg, G. Lu, R. Mahajan, D. Maltz, L. Yuan, M. Zhang, B. Y. Zhao, and H. Zheng, "Packet-Level Telemetry in Large Datacenter Networks," in ACM SIGCOMM, 2015, pp. 479-491.
- [2] C. Kim, A. Sivaraman, N. Katta, A. Bas, A. Dixit, L. J. Wobker, and B. Networks, "In-band Network Telemetry via Programmable Dataplanes," in ACM SOSR, 2015, pp. 2-3.
- [3] P. Bosshart, G. Varghese, D. Walker, D. Daly, G. Gibb, M. Izzard, N. McKeown, J. Rexford, C. Schlesinger, D. Talayco, and A. Vahdat, "P4: Programming Protocol-Independent Packet Processors," ACM SIGCOMM CCR, vol. 44, no. 3, pp. 87-95, 2014.
- [4] J. Rasley, B. Stephens, C. Dixon, E. Rozner, W. Felter, K. Agarwal, J. Carter, and R. Fonseca, "Planck: Millisecond-scale Monitoring and Control for Commodity Networks," in ACM SIGCOMM, 2014, pp. 407-418.