

IIoT 환경에서 KDN 을 활용한 자원 할당 최적화 방안에 대한 연구

최수민*, 백재희*, 신용태**
*송실대학교 융합소프트웨어학과
**송실대학교 컴퓨터학부
e-mail : suumn1538@naver.com

A Study on the Optimization of Resource Allocation Using KDN in IIoT

Su-Min Choi*, Jae-Hee Back*, Yong-Tae Shin**
* Dept of Software Convergence, Soongsil University.
** Dept of Computer Science, Soongsil University.

요 약

최근 4 차 산업혁명으로 인해 다양한 기술이 발전하고 있으며, 제조 산업에서도 공장 자동화를 위해 스마트팩토리로 변화하고 있는 추세이다. 이에 IIoT 기술을 접목하여 사용하고 있으며, 이를 SDN 을 활용하여 제어하는 형태로 진화하고 있다. 다만, SDN 은 관리자의 조작이 필요하여 자동화 시스템에 사용하기에 불완전한 형태를 가진다. 본 논문에서는 기계 학습과 SDN 을 혼합한 형태인 KDN 을 활용하여 최적의 자원할당을 위해 사용하는 방안에 대하여 제안한다.

1. 서론

최근 4 차 산업혁명으로 진입함에 따라 스마트팩토리에서의 IIoT(Industrial Internet of Things) 환경 플랫폼 개발을 위한 연구도 꾸준히 진행되고 있다. 이를 효율적으로 제공하기위해서 중앙 집중식 제어와 데이터 흐름의 분리를 위해 SDN 을 활용한다. 또한 무선 센서 네트워크와 IoT 에 대해서 서로 다른 정보 기술을 융합한 새로운 프레임워크에 대한 연구가 진행되고 있다[1][2]. 하지만 SDN 의 경우 네트워크 기능을 소프트웨어로 제어 가능하다는 장점이 있지만, 관리자가 직접 제어해야한다는 불편함을 내포하고있다. 이에 IIoT 환경에서 발생하는 데이터를 실시간으로 자동화하여 처리하는데 어려움이 존재한다. 이에, 본 논문은 IIoT 환경에서 효율적인 자원 할당을 위해 KDN 을 활용한 자원 할당 최적화 방안에 대하여 제안한다. 제안하는 기법에서는 Knowledge Plane 에서 네트워크 정보를 받고 이를 분석하여 SDN Controller 에서 제어할 수 있도록 하는 방식을 사용한다.

본 논문의 구성은 2 장에서 제안하는 기술이 기반이 되는 스마트팩토리, IIoT, KDN 기술에 대한 관련 연구에 대해 기술한다. 3 장에서는 제안하는 기술인 IIoT 환경에서 KDN 을 활용한 자원 할당 최적화 방안에 대한 연구에 대해 기술한다. 마지막으로 4 장에서는 결론과 향후 연구 계획에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 스마트팩토리(Smart Factory)

스마트 팩토리는 ICT 와 제조업을 융합하여 가시적으로 구현된 생성 시스템이다. 기존에 제조업에서 사용되는 기기들의 데이터를 실시간으로 관리·감독하고 이를 통해 제어할 수 있는 시스템을 일컫는다[3]. 또한 제조업 이상의 새로운 가치를 창출해 낼 수 있는 솔루션으로 산업 기기와 생산의 전 과정을 네트워크로 연결하는 시스템이다. 이를 통해 고객의 요구에 적합한 대응 체계를 구축하고, 인간과 기계 간 실시간 상호 조작을 가능하도록 하는 것이 목표이다.

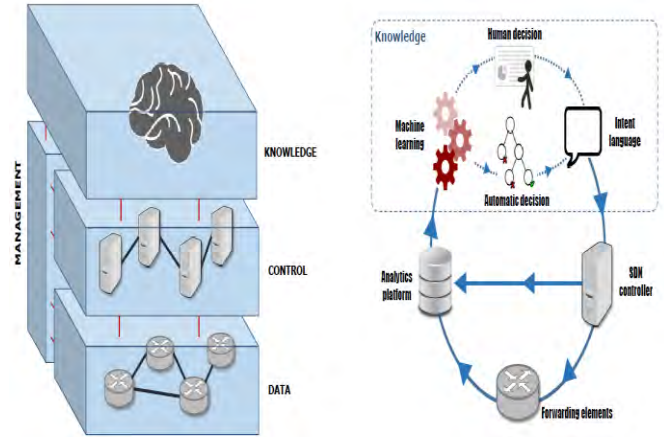
2.2 IIoT

‘산업 인터넷’이라고도 불리는 IIoT 는 산업을 뜻하는 Industrial 과 IoT 의 합성어이다. 이는 IoT 기술을 기반으로 하는 기계와 사람 사이에 발생하는 데이터를 서로 연결시킨다. 이를 통해 설비 운영의 효율화, 비용절감, 새로운 제품과 서비스 제공을 가능하도록 한다[4]. IIoT 를 산업에 적용하기 위해서는 몇 가지 고려 사항이 있는데 이는 아래와 같다.

- ① 시스템 통합 : 기업의 IT 환경의 경우 일반적으로 조직 전반에 걸쳐있고 서로 연계되지 않거나 너무 복잡하게 얽혀 있는 경우가 존재한다. 이로 인해 다양한 문제점이 발생하기 때문에 IIoT 환경을 적용하기 위해 시스템 전반적인

통합 작업을 진행하는 것이 필요하다.

- ② 가상화 : IIoT 환경에서 발생하는 데이터들을 제어하기 위해서는 수많은 자원이 소모된다. 이를 효율적으로 사용하기 위해서는 기존의 낭비되는 자원들을 최대한 활용해야 한다. 이에, 가상화를 통해 자원 활용도를 극대화해야 한다.
- ③ 유지보수 : 공장 시스템의 경우 특정 구간에서 문제가 발생할 경우 전 구간에 영향을 끼치게 되어 정상적인 작동을 어렵게 한다. 이에 실시간으로 모니터링하고 이를 유지보수하여 시스템이 정상적인 기능을 계속하여 유지할 수 있도록 관리해야 한다.



(그림 1) KDN 구조 및 운영 루프

2.3 KDN(Knowledge Defined Networking)

Intel, HP, Brocade, Cisco 등의 기업과 UPC 대학이 공동 연구하여 발표하였던 논문에서 처음 등장한 개념이다[5].

머신 러닝에 의하여 고도화된 지능을 지닌 시스템이 사람의 개입 없이 자율적으로 운영하는 네트워크 기술이다. 기본적으로 SDN(Software-Defined-Networking)을 바탕으로 하고 있다. KDN의 구조와 운영 루프는 (그림 1)과 같다.

KDN은 Data, Control, Management, Knowledge로 4개의 Plane을 가진다.

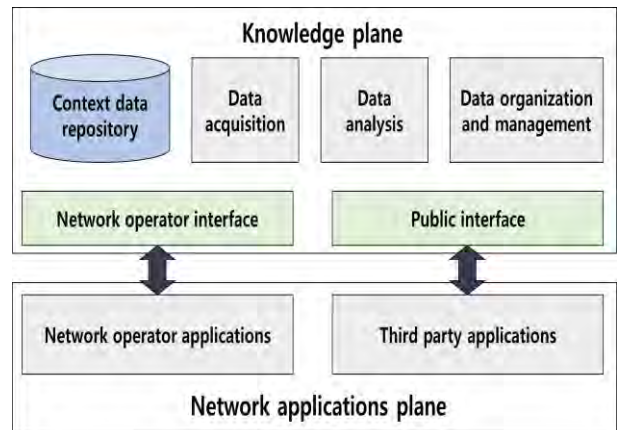
우선 Data Plane은 데이터 패킷의 저장, 전송, 처리를 담당하는 역할을 하며 Control Plane은 Data Plane의 효율적인 운영을 위한 매핑 및 처리 규칙을 생성하고 교환한다. Management Plane은 오랜 기간에 걸쳐 네트워크의 운영 및 성능 상태를 확인하고 네트워크 장비들의 설정을 관리한다. 또한, 네트워크 연결 구조인 토폴로지(topology)에 대해 정의한다. Knowledge Plane은 가장 중요한 역할을 하는데 네트워크 행동양식 모델(behavioral models)를 통합하며, SDN 네트워크로의 의사 결정(decision making)을 위한 추론을 담당한다.

KDN은 네트워크의 운영 루프를 정한다. 이 루프에 의해 Knowledge Plane이 Analytics platform에서 네트워크의 정보를 받아 분석하고 여러 네트워크 정책을 생성하여, 이 정책을 SDN Controller에게 전송해 네트워크 장비에 전달될 수 있도록 한다. 네트워크 관리자가 한정적인 정보를 얻어 분석하는 것보다 이러한 구조를 통해 훨씬 많은 정보를 빠르게 분석하여 더 효과적인 네트워크 정책을 설정할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 IIoT 환경에 KDN 기술을 적용하여 네트워크를 통해 자원 할당을 최적화 하는 방안에 대해 제안하였다.

3. IIoT 환경에서 KDN을 활용한 자원 할당 최적화 방안에 대한 연구

본 논문에서는 IIoT 환경에서의 효율적인 자원 할당을 위해 KDN을 활용한다. 제안하는 기법의 Knowledge Plane은 다음의 (그림 2)와 같다.

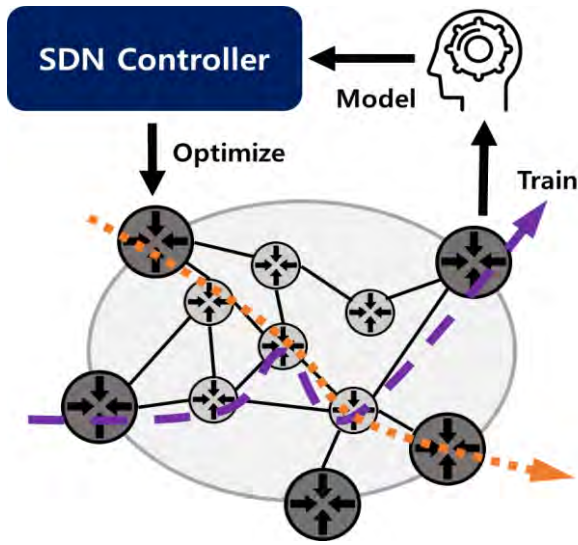


(그림 2) Knowledge Plane 구조

Knowledge Plane은 네트워크의 정보를 Network Applications Plane으로부터 전달받아온다. 이후 머신 러닝 분류 알고리즘인 나이브 베이즈 방식을 활용한다. 이를 통해 여러 종류의 트래픽에서 각각의 속성과 클래스 사이의 관계를 분석하고 습득하는 작업을 수행한다. 그리고 해당 결과값은 중앙 집중식 제어 방식에 적합한 형태의 알고리즘을 사용하여 학습시킨다. 이를 통해 분산 노드당 최적 네트워크 자원 할당이 가능하다.

제안 기법에서 SDN Controller를 활용하는 이유는 기존 네트워크 장비의 경우 Knowledge Plane에서 생성된 정책을 자유롭게 장비로 전달하기 어렵기 때문에 자유로운 네트워크 프로그래밍을 지원하는 SDN 기술을 활용한다. (그림 3)은 SDN Controller를 사용하

는 방식을 나타낸 그림이다.

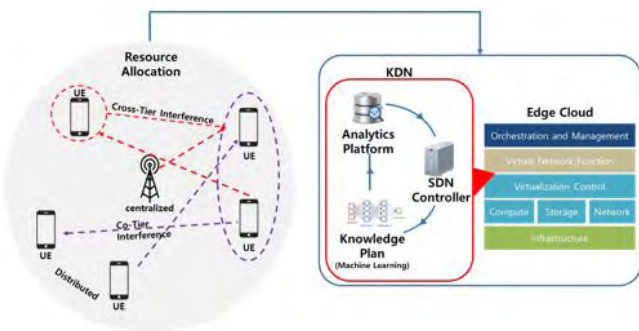


(그림 3) KDN 과 SDN Controller 동작

SDN Controller 는 라우팅 경로 설정을 최적화하는 데 사용한다. 우선 송신하고 수신되는 라우팅 경로에 대해 해당 경로의 발신지, 목적지, 대역폭 등을 파악하여 트래픽을 분석하고 이를 학습하여 결과적으로 지연이 발생하는지에 대해 판단한다. 그 후에 학습된 정보를 기반으로 모델을 생성하여 라우팅 경로 설정 요청이 왔을 때 그 요청에 최적화된 트래픽 매트릭스와 지연 시간을 최소화하는 송수신 링크를 할당한다.

빠른 처리율과 방대한 트래픽에 대한 제어가 필요한 스마트팩토리 플랫폼 환경에 이러한 구조를 적용하면 사람이 한정된 정보를 얻어서 적용하는 것보다 더 대량의 정보를 빠르게 분석하여 더 효율적인 네트워크 정책을 집행할 수 있게 된다.

위의 기능은 아래의 (그림 4)와 같이 5G 에서 사용하는 Edge Cloud 에 적용하여 사용이 가능하다.



(그림 4) Edge Cloud 를 사용한 자원 할당

제안하는 기술을 Edge Cloud 의 가상화 계층 사이에 적용하면 5G 환경에서 네트워크 내의 디바이스에 자원을 할당할 때 적용하여 사용할 수 있다. 이는 향후 IIoT 환경에 5G 기술이 적용될 경우 이를 적용하여 발전하는 통신 환경에 적용할 수 있는 기술로 사용이

가능하다.

4. 결론

최근 4 차 산업혁명이 도래하면서 스마트팩토리에도 IoT 기술을 적용하려는 노력이 계속되고 있다. 또한 5G 기술과 같이 통신 기술의 발전으로 인해 공장 시스템 자동화에 제한되지 않고 이를 제어하는 부분까지 적용 범위가 확대 되고 있다. 이에 SDN 기술이 적용되고 있으나, 관리자의 제어 과정이 필요하다는 불편함이 존재한다. 이에 본 논문에서는 스마트팩토리의 IIoT 환경에서의 효율적인 네트워크 정책을 설정하고자 KDN 환경을 적용하였다. 이를 통해 라우팅 경로 설정을 인공지능을 활용하여 최적화가 가능하다. 또한 앞으로 5G 가 적용된 네트워크 환경에서도 제안하는 기법을 활용하여 적용할 수 있게 함으로써 신속하게 변화하는 환경에 적응할 수 있게 된다. 향후 연구로 KDN 에 사용되는 머신 러닝 알고리즘 종류를 다양하게 분석하고 적용하여 더 정교하고 사용자가 원하는 정보를 얻어 낼 수 있도록 고도화 작업을 수행하고자 한다.

Acknowledgment

이 논문은 2017 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017-0-00724, 셀룰러 기반 산업 자동화 시스템 구축을 위한 5G 성능 한계 극복 저지연, 고신뢰, 초연결 통합 핵심기술 개발)

참고문헌

- [1] 임현교, 김주봉, 한연희, “네트워크 머신러닝 연구 동향”, *Jornal of Advanced Technology Research*, 2017
- [2] 신승원, “Knowledge-Defined Networking 기술 동향”, *FIF(Future Internet Forum) Newsletter*, 2017
- [3] 전승우, “사물 인터넷 시대 앞두고 네트워크가 진화하고 있다”, *LG Business Insight*, 2014
- [4] 과학기술일자리진흥원, “스마트팩토리 산업 및 시장동향”, *S&T Market Report*, 2018
- [5] Albert Mestres, et al, “Knowledge-Defined Networking”, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 2017
- [6] Xiaomin Li, Di Li, Jiafu Wan, “Adaptive Transmission Optimization in SDN-Based Industrial Internet of Things With Edge Computing”, *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, 2018