

블록체인 기반의 시계열 정보를 이용한 클라우드 엣지 환경의 효율적인 AIoT 정보 연계 처리 기법

정윤수

목원대학교 정보통신융합공학부 교수

Efficient AIOT Information Link Processing in Cloud Edge Environment Using Blockchain-Based Time Series Information

Yoon-Su Jeong

Professor, Department of information Communication Convergence Engineering, Mokwon University

요약 최근 5G와 인공지능 기술이 발전하면서 클라우드 엣지 환경에서 정보를 수집/처리/분석 하기 위한 AIoT 기술에 많은 관심을 갖고 있다. AIoT 기술은 다양한 스마트 환경에 적용되고 있지만 수집된 정보의 정확한 분석을 통해 빠른 대응처리를 수행할 수 있는 연구가 필요하다. 본 논문에서는 스마트 환경에서 수집된 정보를 AIoT에서 빠른 처리와 정확한 분석/예측을 통해 AIoT 정보들간 연계 처리를 블록 처리함으로써 대역폭 및 처리시간을 최소화할 수 있는 기법을 제안한다. 제안 기법은 블록체인으로 수집된 정보를 다중 연계하여 AIoT 장치에서 데이터 인덱스에 대한 시드를 생성하여 수집정보와 함께 블록처리하여 데이터 센터로 전달한다. 이 때, 클라우드와 AIoT 장치사이의 DNN(Deep Neural Network) 모델을 배치하여 네트워크 오버헤드를 줄이도록 하였다. 그리고, 서버/데이터센터에서는 전달된 분석 및 예측된 결과를 통해 정확하지 못한 AIoT 정보의 정확도를 개선하여 지연시간을 최소화하도록 하였다. 또한, 제안 기법은 AIoT 정보에 가중치를 적용하여 블록체인으로 그룹핑하기 때문에 계층화된 다층 네트워크로 분할 가능하도록 하여 데이터 지연시간을 최소화하였다.

주제어 : 블록체인, 시계열 정보, 클라우드 엣지, AIoT, 정보 연계

Abstract With the recent development of 5G and artificial intelligence technologies, it is interested in AIOT technology to collect, process, and analyze information in cloud edge environments. AIOT technology is being applied to various smart environments, but research is needed to perform fast response processing through accurate analysis of collected information. In this paper, we propose a technique to minimize bandwidth and processing time by blocking the connection processing between AIOT information through fast processing and accurate analysis/forecasting of information collected in the smart environment. The proposed technique generates seeds for data indexes on AIOT devices by multipointing information collected by blockchain, and blocks them along with collection information to deliver them to the data center. At this time, we deploy Deep Neural Network (DNN) models between cloud and AIOT devices to reduce network overhead. Furthermore, server/data centers have improved the accuracy of inaccurate AIOT information through the analysis and predicted results delivered to minimize latency. Furthermore, the proposed technique minimizes data latency by allowing it to be partitioned into a layered multilayer network because it groups it into blockchain by applying weights to AIOT information.

Key Words : Blockchain, Time series information, Cloud edge, AIOT, Information link

*Corresponding Author : Yoon-Su Jeong(bukmunro@gmail.com)

Received January 25, 2021

Accepted March 20, 2021

Revised March 2, 2021

Published March 28, 2021

1. 서론

최근 4차 산업과 인공지능(AI, Artificial Intelligence)에 대한 관심이 증가하면서 상용 감시, 자율주행 및 로봇과 같은 다양한 스마트 환경에서 AIoT(Artificial Intelligence of Things)의 필요성이 대두되고 있다[1]. 그러나, AIoT 장치의 제한된 컴퓨팅 리소스로 인하여 모델 예측 정확도와 실시간 응답에 대한 요구사항을 충족시키지 못하고 있다. 기존에 운영되고 있는 클라우드 컴퓨팅은 AIoT 애플리케이션에서 송수신되는 정보의 예측 정확도를 높이기 위해서 컴퓨팅 집약적인 일부 작업을 원격 클라우드 서버로 오프로드 방식을 사용하고 있는 상황이다[2].

클라우드 환경과 AIoT 에지 컴퓨팅 환경은 대규모의 AIoT 네트워크 지연과 데이터 보호를 보장할 수 있어야 하지만, 현재 운영중인 AIoT 컴퓨팅 환경은 클라우드 중심으로 정보가 처리되고 있어 AIoT 특성을 반영한 새로운 솔루션이 필요하다[3]. 특히, IoT 장치에서 수집되는 정보를 AIoT에서 사전 분석 및 예측을 통해 AIoT 네트워크 간 서로 다른 액세스 정책을 부여하여 정보 제어와 접근성을 AIoT 컴퓨팅 환경에서 사전 처리됨으로써 지연 시간을 최소화할 수 있다.

본 논문에서는 AIoT 장치가 포함된 에지 컴퓨팅 환경과 데이터 센터가 포함된 클라우드 환경을 융합하여 AIoT 정보의 처리 지연과 네트워크 오버헤드를 최소화하기 위한 클라우드 엣지 기반의 효율적인 AIoT 정보 연계 처리 기법을 제안한다. 제안 기법은 IoT(Internet of Things) 장치에서 수집된 데이터 정보를 블록체인으로 다중 연계하여 AIoT 장치에서 데이터 인덱스 정보를 수집/분석하여 데이터 센터로 전달할 때 클라우드와 AIoT 장치사이에 DNN(Deep Neural Network) 모델을 배치하고 있다. AIoT 장치에서 데이터 센터로 전달된 정보는 DNN 모델을 통해 분석 및 예측된 결과를 전달하기 때문에 네트워크 오버헤드를 줄일 수 있다. 그리고, 데이터센터에서는 전달된 분석 및 예측된 결과 정보를 기반으로 정확하지 못한 AIoT 정보의 정확도를 개선하고 있다. 또한, AIoT 장치들은 서로 다른 네트워크 크기로 구성되어 동작되기 때문에 AIoT 장치에서 발생할 수 있는 지연시간을 최소화 할 수 있도록 컴퓨팅 및 메모리 리소스를 상황에 따라 제한한다.

제안 기법은 AIoT 정보 연계 처리를 위해서 다음과 같은 특징을 가진다.

첫째, 제안 기법은 AIoT 장치가 포함된 하부 네트워크

크상의 송·수신 정보의 병목현상을 최소화하기 위해서 에지 컴퓨팅을 분산 네트워크 구조를 가지도록 하였다.

둘째, 제안 기법은 에지 컴퓨팅 환경과 데이터 센터가 포함된 클라우드 환경을 융합하여 AIoT 정보의 처리 지연과 네트워크 오버헤드를 최소화하고 있다.

셋째, 제안 기법은 AIoT 정보를 블록체인 기반의 해쉬 체인을 사용하여 데이터 변조 및 불법적 액세스를 사전에 예방할 수 있다.

이 논문은 다음과 같이 구성한다. 2장에서는 AIoT와 블록체인에 대해서 알아본다. 3장에서는 클라우드 엣지 환경의 AIoT 정보 연계 처리 기법을 제안한다. 4장에서는 제안 기법의 성능을 평가하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 AIoT vs. 블록체인

AIoT은 사물인터넷 기술과 인공지능 기술을 결합한 기술로서, IoT가 사용되는 환경 및 특성에 따라 인공지능을 개발하고 탑재하고 활용하는 융합기술을 의미한다 [4]. 최근 몇 년 동안 5G 기술이 대중화되면서 5G를 통해 송·수신되는 엄청난 용량의 데이터들은 클라우드 운영상의 문제점(데이터베이스 용량초과, 데이터 처리시간 지연, DDoS 보안 공격 등)들을 야기하고 있다. 또한, 제한된 컴퓨팅 및 AIoT 장치의 메모리 리소스 부족은 예측 정확도와 실시간 처리를 보장받지 못하는 상황이 발생되고 있다 [5].

Fig. 1처럼 다양한 스마트 환경(스마트 시티, 스마트 홈, 스마트 인터스터리, 스마트 헬스케어, 웨어러블 등)에서는 AIoT 장치의 기능 요구사항을 충족시키기 위해서 클라우드 컴퓨팅 플랫폼과 결합하여 AIoT 애플리케이션에서 생성된 데이터를 클라우드 서버(또는 데이터 센터)로 전달함으로써 사용자의 개인 정보보호 및 네트워크 지연을 해결하고 있다.

블록체인은 네트워크에 참여하는 모든 사용자들이 데이터를 분산 및 저장하는 데이터 분산처리 기술을 의미한다. 블록체인은 블록들을 형성한 후 시간 흐름에 따라 순차적으로 연결된 체인의 구조를 가지기 때문에 모든 사용자들이 보유한 정보를 대조하고 확인해야한다.

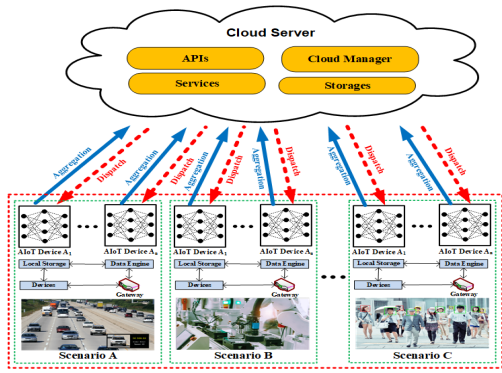


Fig. 1. An architecture of AIoT and cloud server

블록체인은 여러 명이 데이터를 분할/저장하기 때문에 네트워크를 위변조하기 위해서는 블록체인에 참여한 모든 사용자를 공격해야하기 때문에 사실상 해킹을 불가능하다. 블록체인의 특징은 데이터를 분산 저장해야 하는 점과 중앙 관리자가 필요 없다는 점이다. 이런 특징들로 인하여 블록체인은 신뢰성과 보안성이 보장되어야 하는 산업 전 분야에서 사용되고 있다.

Table 1. Classification of blockchain technology by generation

Generation	Characteristics	Period (Year)
First-generation	<ul style="list-style-type: none"> Start with Bitcoin (System) Public blockchain Limited application (virtual integration) 	2009 to 2015
Second-generation	<ul style="list-style-type: none"> Start with Ethereum (platform, smart contract) Support for a variety of applications based on smart contracts The emergence of private blockchain An effort to overcome a thresholds 	2015 to 2018
Third-generation	<ul style="list-style-type: none"> Scalability & Security Support for interoperability between blockchain Governance 	After 2018

블록체인은 Table 1처럼 세대별로 기술이 개발되고 문제점들을 보완해가고 있다. 특히, 블록체인이 갖고 있는 문제점 중 거래속도, 처리 용량, 상호운용성 등은 여러 분야에서 다양한 형태로 성능지료를 개선하려고 노력하고 있는 중이다.

2.2 기존연구

Forooghifar et al. 은 자기 인식 개념을 이용하여 에지 와 클라우드 간 복잡하고 에너지 소비적인 기계학습을

분산시킴으로써 복잡성과 신뢰성을 보장하는 접근 방식을 제안하였다 [6]. 그러나, 이 방식은 에지 환경에서 동작되는 장치 간 지연 시간 및 에너지 소비를 줄이지 못하는 단점이 있다.

Kang et al. 은 에지 환경의 장치 간 지연 시간 및 에너지 소비 문제를 해결하기 위해서 AIoT 장치와 데이터 센터 간에 DNN 연산을 분할 할 수 있는 경량 스케줄러를 제안하였다 [7]. 그러나, 이 기법은 에지 환경과 클라우드 환경 사이의 지연 시간이 여전히 해결하지 못한 단점을 가지고 있다.

Zhao et al. 은 산업환경에서 사용되는 IoT 네트워크의 대기 시간과 IoT 장치의 에너지 소비를 줄이기 위해서 최적화된 3계층 프레임워크를 제안하였다 [8]. 이 프레임워크는 모바일 에지 컴퓨팅환경에 최적화되어 있으며 대역폭 할당, 오프로드 및 릴레이를 선택할 수 있는 특징을 가지고 있다.

Yang et al. 은 자원 제약 무인 항공기에 대한 계층적 DL 작업의 오프로드 프레임워크를 제안하였다 [9]. 이 프레임워크는 CNN 모델을 상위 레이어와 하위 레이어로 구분하여 처리하고 있는 것이 특징이다.

Wang et al. 은 IoT 장치의 리소스에 대한 손실을 최소화하기 위한 알고리즘을 제안하였다 [10]. 이 알고리즘은 로컬 업데이트와 글로벌 매개 변수 집계 사이에서 리소스에 따른 손실을 최소화하고 있다.

Mills et al. 은 분산된 데이터 세트와 통신 비용을 고려한 분산형 아담 최적화 형식을 제안하였다 [11]. 이 기법은 런타임 감소를 위해 통합을 가속화하고 있으며 FL 추론을 위해서 클라우드와 협업하는 과정을 수행하지 않는 것이 특징이다.

Figuinov et al. 은 DNN을 동적으로 실행하면서 전체 레이어를 활성화하지 않는 조건부 심층 학습 방법을 제안하였다 [12]. 이 방법은 전체 레이어를 활성화하기 전에 간단한 예를 먼저 분류하는 것이 특징이다.

Bolukbasi et al. 은 DNN의 모델 평가 시간과 정확도를 절충한 조기 종료 계획을 제안하였다 [13]. 이 방법은 DNN의 전체 레이어를 활성화하지 않는 것이 특징이다.

Figuinov et al. 은 이미지 영역의 레이어 수를 동적으로 조정하는 아키텍처를 제안하였다 [14].

Teerapittayanon et al. 은 서로 다른 컴퓨팅 계층에 에지 및 최종 장치의 DNN를 배포할 수 있는 아키텍처를 제안하였다 [15]. 이 아키텍처는 동일 모델에 초기화를 수행하여도 모든 모델이 변경되지 않으며 새로운 예가 나타날 때마다 예측 정확도는 낮아진다.

3. 시계열 정보를 이용한 AIoT 정보 연계 처리 기법

이 절에서는 클라우드 엣지 환경에서 AIoT 정보를 원활하게 처리하기 위해서 AIoT 정보 연계를 블록체인으로 연계하기 위한 기법을 제안한다. 제안 기법은 n 개의 지역 로컬 AIoT 장치에서 데이터를 분석/예측하여 결과 정보를 클라우드 서버로 전달할 때 쌍방향으로 AIoT 정보를 교차 검증할 수 있도록 n 개의 AIoT 정보에 가중치를 포함하도록 블록체인 기술을 적용하고 있다.

3.1 개요

5G 환경과 인공지능 기술이 다양한 스마트 환경에 적용되면서 실시간으로 스트리밍되는 데이터 처리 및 보안을 확보할 수 있는 기술들이 연구되고 있다. 특히, IoT 장치로부터 수집되는 정보들은 클라우드 환경에서 많은 대역폭과 처리 시간에 대한 지연 문제가 존재하지만 AIoT 에지 환경으로 변화하면서 기존환경보다 대역폭과 처리 지연시간이 개선되었다. 그러나, AIoT에서 수집되어 분석/예측된 결과를 클라우드 서버(또는 데이터센터)로 전송할 때 처리지연과 보안 문제는 여전히 해결되어야 하는 문제로 남아있다.

본 논문에서는 시계열 정보를 이용하여 클라우드 엣지 기반의 효율적인 AIoT 정보 연계 처리 기법을 제안한다. 제안 기법은 IoT 장치에서 수집된 데이터 정보를 블록체인으로 다중 연계한 후 AIoT의 데이터 인덱스 정보의 트랜잭션을 DNN 모델로 배치하여 처리하기 때문에 빠른 처리와 무결성을 보장하고 있다. 또한, 제안 기법은 DNN 모델을 통해 분석 및 예측된 AIoT 정보를 오버레이 네트워크를 통해 전달하기 때문에 네트워크의 오버헤드를 최소화시킬 수 있다. 또한, 데이터 센터에 전달된 AIoT 정보는 사전 저장된 데이터 셋과 비교한 후 정확하지 못한 AIoT 정보의 정확도를 개선하고 있다. 특히, 제안 기법은 AIoT 장치들이 서로 다른 네트워크 범위를 가지고 있기 때문에 AIoT 에지 컴퓨팅에서 발생할 수 있는 AIoT 장치의 컴퓨팅 및 메모리 리소스를 상황에 따라 동적으로 제한하고 있다.

제안 기법은 IoT 장치 정보를 시계열의 시간축으로 수집할 수 있도록 Fig. 2과 같은 환경을 통해 동작된다. 제안 기법은 n 개의 지역 AIoT 그룹의 가중치 정보 정보를 블록체인에 적용하여 누적 확률값을 사용하며, AIoT 분석/예측 정보의 인덱스 정보에 가중치를 부여하

기 때문에 AIoT 정보 연계가 기존 기법보다 효율적으로 처리될 수 있다.

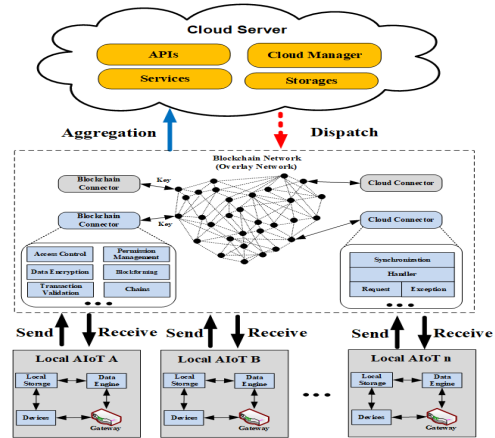


Fig. 2. An operation overview architecture of AIoT and cloud server

제안 기법은 시계열 정보를 이용하여 AIoT 정보를 연계 처리하기 때문에 다음과 같은 특징을 가진다.

첫째, AIoT 장치가 포함된 하부 네트워크의 송·수신 정보는 병목현상을 최소화하도록 분산 네트워크 구조를 가진다.

둘째, 제안기법은 에지 컴퓨팅 환경과 데이터 센터가 포함된 클라우드 환경을 융합하여 AIoT 정보의 처리 지연과 네트워크 오버헤드를 최소화하도록 오버레이 네트워크 환경에서 AIoT 정보를 블록체인으로 연계한다.

셋째, AIoT 정보는 블록체인 기반의 해쉬 체인을 사용하여 인덱스 정보와 트랜잭션 정보를 구분하여 블록체인으로 구성하기 때문에 데이터 변조 및 불법적 액세스 접근을 사전에 예방할 수 있다.

3.2 시계열 정보를 이용한 AIoT 정보 연계 처리

제안 기법은 AIoT 정보를 연계 처리하기 위해서 AIoT 정보의 트랜잭션을 다중 해쉬체인 기반의 블록체인으로 AIoT 정보를 전달한다. AIoT 정보 연계 과정은 Fig. 3처럼 AIoT 정보 수집단계, AIoT 정보 분석 단계, AIoT 정보 전달 단계 등 3단계로 처리된다.

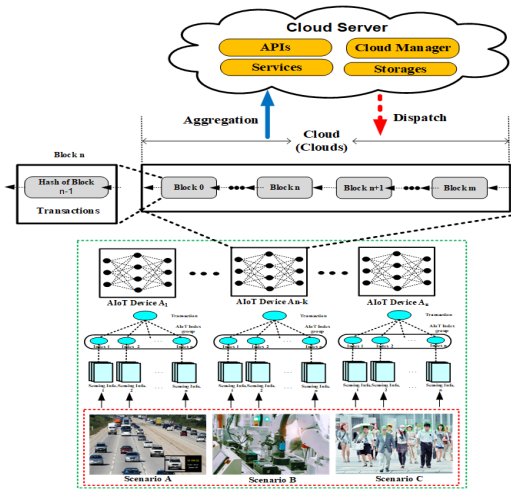


Fig. 3. AIoT Information Link Processing Using Time Series Information

3.2.1 AIoT 정보 수집 단계

제안 기법은 수 많은 IoT 장치로부터 센싱된 정보를 빠른 속도로 수집한 후 수집된 정보 중 시드를 선택한다. 시드로 선택된 정보의 인덱스 값은 AIoT 장치에서 분석/예측된 정보와 서로 연계 사용한다. 또한, 제안 기법에서는 AIoT 정보의 빠른 처리와 무결성을 보장하기 위해서 수집된 정보를 시계열 정보로 수집연계한다. 이 같은 방법을 통해 네트워크 송수신 과정 중에 발생하는 병목 현상을 최소화할 수 있다.

3.2.2 AIoT 정보 분석 단계

제안 기법은 AIoT 정보를 분석하는 단계를 다음과 같이 4단계로 수행한다.

- 1 단계 : 분산되어 있는 IoT 장치들의 정보를 실시간으로 수집된 정보들을 수집한 후 수집된 정보를 계층적 구조로 그룹핑한 후 AIoT가 계층별 IoT 정보들의 시드를 선택한다.
- 2 단계 : AIoT는 수집된 정보들 간 속성 정보 (Att_m, Att_n) 사이의 상관 정보를 식 1처럼 행렬로 처리한다.

$$AIoT_Att_Info = Att_i | Att_i \in Att, 1 \leq i \leq L \quad (1)$$

여기서, L 은 AIoT에서 처리되어야 할 수집 정보의 총 개수를 의미한다.

- 3 단계 : AIoT는 수집된 정보를 빠른 시간안에 정확하게 처리하기 위해서 시계열 정보를 이용한 딥 러닝 기반의 AIoT 정보 가중치를 이용한다. AIoT 정보의 가중치 정보에 따라 계층적으로 묶어 AIoT 정보를 딥러닝한다. 이때, AIoT는 접근성(Tension)이 높은 가중치들을 접근 경로나 정규식 필터링 검사 등의 결과에 따라 임계치 한계의 강도로 결정하게 된다.

3.2.3 AIoT 정보 전달 단계

제안 기법은 AIoT 정보 전달 단계는 다음과 같이 2단계로 구성되며, AIoT 정보를 전달받은 서버(또는 데이터 센터)는 AIoT 정보 변경 유무를 체크하고 변경 정보는 에지 컴퓨팅에서 AIoT가 바로 처리한다.

- 1 단계 : 딥러닝에 의해 처리된 AIoT 정보는 시계열 정보의 인덱스와 딥러닝 처리된 결과 정보를 블록체인인 한 블록으로 처리할 수 있도록 클라우드 서버로 전달하게 된다.
- 2 단계 : 서버는 전달된 정보를 데이터베이스에 저장한 후 AIoT 정보의 변경 유무만을 체크한 후 변경이 이루어질 때 AIoT에게 변경 사실을 알려주고 AIoT가 변경 정보에 대한 처리를 바로 처리하도록 한다.

4. 평가

4.1 환경설정

이 절에서는 시뮬레이션에서 사용되는 매개변수를 몬테카를로에 기초하여 성능평가를 수행하였다. AIoT를 포함한 하부 네트워크 범위는 150m로 설정하고, 대역폭은 10MHz/5MHz로 설정한다. 평균 트랜잭션은 100~300B로 설정하고, 변동 보상 계수에 대한 한계 시간은 0.01s/KB로 설정하였다.

4.2 성능평가

성능평가는 클라우드 에지 환경을 구축한 후 AIoT를 사용할 경우와 AIoT를 사용하지 않는 경우로 구분하여

Table 2. Performance analysis of AIoT vs. Not AIoT

Generation		Number of AIoT															
		1				2				5				10			
		Number of IoT Sensor				Number of IoT Sensor				Number of IoT Sensor				Number of IoT Sensor			
		1	5	10	25	1	5	10	25	1	5	10	25	1	5	10	25
Accuracy (%)	AIoT Usage	60.175	62.324	64.351	67.248	64.658	67.128	70.124	74.214	67.632	69.367	73.324	77.698	70.015	73.258	76.247	78.784
	Not AIoT Usage	59.674	30.257	61.894	64.325	61.324	62.855	65.129	69.127	64.848	66.453	70.121	74.687	68.956	70.753	73.549	76.989
Efficiency (%)	AIoT Usage	68.547	70.124	73.147	76.985	71.354	73.547	77.010	79.681	74.021	76.982	79.741	83.211	77.658	79.367	82.214	85.634
	Not AIoT Usage	64.123	66.012	69.368	73.124	67.241	69.204	73.214	76.032	70.354	73.652	76.020	79.305	75.635	77.017	79.682	83.240
Processing time (ms)	AIoT Usage	3.620	5.982	9.026	11.018	4.873	6.850	9.0341	12.024	7.620	9.321	12.214	15.324	9.370	12.024	16.201	19.279
	Not AIoT Usage	8.457	10.247	13.692	16.302	9.021	10.624	13.574	15.632	11.321	14.020	17.236	20.254	13.628	16.302	19.325	23.214

AIoT 정보 연계 처리의 효율성, 정확성, 처리시간, 오버헤드 등을 Table 2처럼 평가하였다.

Table 2에서 AIoT 사용 유무에 따른 효율성 평가의 성능 평가를 보면, IoT 정보 수에 따른 효율성이 AIoT를 사용하지 않았을 때보다 평균 23.7% 향상되었다. 이 같은 결과는 서버와 IoT 사이보다 AIoT와 IoT사이의 거리가 물리적으로 짧을 뿐만 아니라 AIoT에서 IoT정보를 손쉽게 수집, 처리 및 분석할 수 있도록 수집된 정보들 간 속성 정보(Att_m , Att_n)들의 상관 정보를 행렬로 처리하여 AIoT 분석 결과의 중요 정보 산출이 향상되었기 때문이다.

정확성 평가의 성능 평가를 보면, 시계열 정보의 딥러닝 기반으로 AIoT 정보간 연계 정보를 시드로 선택하여 해쉬 체인으로 묶음으로써 정확도는 AIoT를 사용하지 않았을 때보다 평균 29.1% 향상된 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 AIoT 정보에 가중치를 적용하도록 시드값을 이용하여 AIoT 정보간 동기화를 수행하여 AIoT 정보의 오류율을 낮추었기 때문이다.

처리시간 평가의 성능평가를 보면, 시계열 정보를 이용한 AIoT 정보 연계 처리 시간은 AIoT를 사용하지 않았을 때보다 평균 17.5% 향상된 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 AIoT 정보가 실시간으로 처리 및 저장하여 클라우드에서 처리하는 대신 AIoT에서 실시간으로 직접 처리하기 때문이다. 또한, AIoT 정보간 연계 처리에 대한 트랜잭션의 누적 사용을 일정 크기의 블록으로 그룹 관리하기 때문에 수집되는 정보가 많을수록 처리시간이 향상될 수 있다.

5. 결론

최근 5G 기술과 AI 기술이 빠르게 산업현장에 적용되면서 IoT 센서 정보를 빠르면서도 정확하게 분석하는 기술이 대두되고 있다. 본 논문에서는 IoT 센서로부터 수집된 정보를 시계열 축으로 수집하여 AIoT 정보와 연계 처리하는 기법을 제안하였다. 제안 기법은 블록체인으로 다중 연계하여 AIoT 장치에서 데이터 인덱스 정보를 수집/분석한 후 그 결과를 데이터 센터로 전달하도록 하였다. 이 때, 클라우드 서버와 AIoT 장치사이에 DNN 모델을 배치하여 대역폭을 최소화하였다. 또한, DNN 모델을 통해 분석 및 예측된 결과는 네트워크 오버헤드를 줄일 수 있으며, 데이터 센터에서 분석 및 예측된 결과 정보의 정확도를 개선할 수 있다. 향후 연구에서는 본 연구의 결과를 기반으로 다양한 환경에 적용하여 성능 개선을 위한 문제점 및 보완 사항을 추가적으로 연구 수행할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Z. Zhao, K. M. Barijough & A. Gerstlauer. (2018). DeepThings: Distributed Adaptive Deep Learning Inference on Resource-Constrained IoT Edge Clusters. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems (TCAD)*, 37(11), 2348-2359.
- [2] Y. Chen, J. He, X. Zhang, C. Hao & D. Chen. (2019). Cloud-DNN: An Open Framework for Mapping DNN

- Models to Cloud FPGAs. *Proceedings of International Symposium on Field-Programmable Gate Arrays (FPGA)*, s73-82.
- [3] V. Sze, Y. Chen, T. Yang & J. S. Emer. (2017). Efficient Processing of Deep Neural Networks: A Tutorial and Survey. *Proceedings of IEEE*, 105(12), 2295-2329.
- [4] Q. Wu, K. He & X. Chen. (2020). Personalized Federated Learning for Intelligent IoT Applications: A Cloud-edge Based Framework. *IEEE Computer Graphics and Applications*, PP(99), 1-1.
- [5] R. Hadidi, J. Cao, M. S. Ryoo & H. Kim. (2019). Robustly executing DNNs in IoT systems using coded distributed computing. *Proceedings of ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC)*, 234.
- [6] F. Forooghifar, A. Aminifar & D. Atienza. (2019). Resource-Aware Distributed Epilepsy Monitoring Using Self-Awareness From Edge to Cloud. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 13(6), 1338-1350.
- [7] Y. Kang, J. Hauswald, C. Gao, A. Rovinski, T. N. Mudge, J. Mars & L. Tang. (2017). Neurosurgeon: Collaborative intelligence between the cloud and mobile edge. *Proceedings of International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS)*, 615-629.
- [8] Z. Zhao, R. Zhao, J. Xia, X. Lei, D. Li, C. Yuen & L. Fan. (2020). A Novel Framework of Three-Hierarchical Offloading Optimization for MEC in Industrial IoT Networks. *IEEE Transactions on Industrial Informatics (TII)*, 16(8), 5424-5434.
- [9] B. Yang, X. Cao, C. Yuen & L. Qian. (2020). Offloading Optimization in Edge Computing for Deep Learning Enabled Target Tracking by Internet-of UAVs. *IEEE Internet of Things Journal(Early Access)*, 1-1.
- [10] S. Wang, T. Tuor, T. Salonidis, K. K. Leung, C. Makaya, T. He & K. Chan. (2019). Adaptive Federated Learning in Resource Constrained Edge Computing Systems. *IEEE Journal of Selected Areas in Communications (JSAC)*, 37(6), 1205-1221.
- [11] J. Mills, J. Hu & G. Min. (2020). Communication-Efficient Federated Learning for Wireless Edge Intelligence in IoT. *IEEE Internet of Things Journal (IoTJ)*, 7(7), 5986-5994.
- [12] M. Figurnov, M. D. Collins, Y. Zhu, L. Zhang, J. Huang, D. P. Vetrov & R. Salakhutdinov. (2017). Spatially adaptive computation time for residual networks. *Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1790-1799.
- [13] T. Bolukbasi, J. Wang, O. Dekel & V. Saligrama. (2017). Adaptive neural networks for efficient inference. *Proceedings of International Conference on Machine Learning (ICML)*, 527-536.
- [14] M. Figurnov, M. D. Collins, Y. Zhu, L. Zhang, J. Huang, D. P. Vetrov & R. Salakhutdinov. (2017). Spatially adaptive computation time for residual networks. *Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1790-1799.
- [15] S. Teerapittayanon, B. McDanel & H. T. Kung. (2017). Distributed Deep Neural Networks Over the Cloud, the Edge and End Devices. *Proceedings of International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)*, 328-339.

정 윤 수(Yoon-Su Jeong)

[중신회원]



- 2000년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 이학석사
- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 이학박사
- 2009년 8월 ~ 2012년 2월 : 한남대학교 산업기술연구소 전임연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 정보통신융합공학부 조교수

· 관심분야 : 유무선 통신 보안, 정보보호, 빅 데이터, 헬스케어 서비스

· E-Mail : bukmunro@gmail.com