

IoT 클라우드 환경을 위한 서로 다른 기기종의 IoT 데이터 관리 기법

조성남¹, 정윤수^{2*}

¹한국과학기술정보연구원 학술정보공유센터 선임연구원, ²목원대학교 정보통신융합공학부 교수

Different Heterogeneous IoT Data Management Techniques for IoT Cloud Environments

Sung-Nam Cho¹, Yoon-Su Jeong^{2*}

¹Senior Researcher, Korea Institute of Science and Technology Information

²Professor, Department of information Communication Convergence Engineering, Mokwon University

요약 클라우드 환경이 발달하면서 이질적인 환경에서 IoT 시스템이 다양하게 사용되고 있지만 모든 IoT 장치가 신뢰할 수 있는 프로토콜 및 서비스가 제공되지 않고 있다. 본 논문에서는 서로 다른 기기종의 IoT 장치에서 수집되는 정보를 효율적으로 분류하여 처리할 수 있도록 IoT 클라우드 환경을 n-계층 다단계 구조로 확장할 수 있는 IoT 데이터 관리기법을 제안한다. 제안 기법은 기기종의 IoT 장치로부터 수집되는 데이터를 무선 데이터 링크를 통해 라우팅 정보와 가중치 정보를 전달하여 IoT 정보를 분류 및 처리하는 것이 목적이다. 제안 기법은 IoT 장치로부터 분류된 정보를 해당 라우팅 경로로 전달할 뿐만 아니라 가중치 정보에 따라 우선 순위를 배정하도록 하여 IoT 데이터 처리 효율을 향상시키고 있다. 제안 기법에서 사용되는 IoT 장치는 서로 신뢰할 수 있는 프로토콜을 사용하며, 계층적 구조로 구성된 로컬 클라우드를 통해 로컬에서 다른 IoT 장치에 대한 쿼리는 일정한 비용을 유지하기 때문에 확장성을 보장하는 특징을 가지고 있다.

주제어 : 클라우드, 사물인터넷, 데이터 관리, 다중 접근, 빅데이터

Abstract Although IoT systems are used in a variety of heterogeneous environments as cloud environments develop, all IoT devices are not provided with reliable protocols and services. This paper proposes an IoT data management technique that can extend the IoT cloud environment to an n-layer multi-level structure so that information collected from different heterogeneous IoT devices can be efficiently sorted and processed. The proposed technique aims to classify and process IoT information by transmitting routing information and weight information through wireless data link data collected from heterogeneous IoT devices. The proposed technique not only delivers information classified from IoT devices to the corresponding routing path but also improves the efficiency of IoT data processing by assigning priority according to weight information. The IoT devices used in the proposed technique use each other's reliable protocols, and queries for other IoT devices locally through a local cloud composed of hierarchical structures have features that ensure scalability because they maintain a certain cost.y channels of IoT information in order to make the most of the multiple antenna technology.

Key Words : Cloud, IoT, Data Management, Multi Access, Big data

1. 서론

최근 인터넷이 다양한 분야에 적용되면서 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 또한 다양하게 사용되고 있다. 특히, RFID 태그, 센서, 스마트 기기, 감시 장치 등

과 같은 IoT 장치가 다양한 서비스 분야에서 광범위하게 사용되고 있다[1-3]. 클라우드 환경에서 사용되고 있는 대부분의 IoT 장치는 이동성이 뛰어나 로밍 장소뿐만 아니라 개별 IoT 장치의 상태에 따라 클라우드 On/Off로 연결 가능하다. 이에 따라 IoT 시스템에서

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

Received October 16, 2020

Accepted December 20, 2020

Revised November 30, 2020

Published December 28, 2020

이질적인 디바이스가 대거 나올수 있는 효과적이고 효율적인 전용 IoT 관리 프로토콜이 사용되고 있다. 그러나, 모든 IoT 장치가 신뢰할 수 있는 것은 아니며 일부 IoT 장치가 악의적으로 행동하여 클라우드 서비스를 방해하거나 자신의 이익을 위해 행동할 수 있기 때문에 IoT 관리가 필요하다. 또한, IoT 장치에서 송·수신하는 데이터 또한 악의적인 사용자에게 의해 정상적인 송·수신이 불가능한 상황이 발생가능하다[4,5].

클라우드 IoT 데이터 관리와 관련된 최근 연구에서는 확장성을 고려한 클라우드 환경에서 안전한 IoT 데이터 송·수신과 관련된 통신 및 스토리지 비용을 최소화하는데 중점을 가지고 있다. 클라우드 환경에서는 IoT 데이터를 소셜·인터랙션 관계 자체로 물리적으로 수집할 수 없기 때문에 개별 IoT 장치에서 정보를 동적으로 수집할 필요가 있다.

본 논문에서는 서로 다른 이기종의 IoT 장치에서 수집되는 정보를 효율적으로 분류하여 처리할 수 있도록 IoT 클라우드 환경을 n-계층 다단계 구조로 확장할 수 있는 IoT 데이터 관리기법을 제안한다. 제안 기법에서 다루는 IoT 데이터는 이기종의 IoT 장치로부터 수집되는 소음, 대기오염, 온도, 습도, 빛 등과 같은 환경 데이터를 수집해 무선 데이터 링크를 통해 클라우드에 위치한 처리센터에 전달하여 데이터를 분석하도록 한다. 제안 기법에서는 라우팅 정보와 가중치 정보를 이용하여 IoT 장치로부터 수집된 정보를 분류 및 처리한다. 제안 기법에서 사용되는 라우팅 정보는 IoT 장치로부터 분류된 정보를 해당 라우팅 경로로 전달하는 역할을 담당하며, 제안 기법에서 사용되는 가중치 정보는 수집된 정보 중 유사 정보를 분류하여 가중치에 따라 우선 순위를 배정하기 위한 역할을 담당한다. 제안 기법에서 클라우드에 배치된 각 IoT 장치는 웹 서비스 시스템에서와 같이 서비스 제공자(SP)와 서비스 요청자(SR)의 기능을 제공한다. 서비스 제공자는 동일한 위치에 상주하는 서비스 제공자의 가용성을 요청하고, 복합 서비스를 구성하고, 복합 서비스를 실행할 신뢰할 수 있는 서비스 제공자를 선택(또는 바인딩)할 수 있다. 제안 기법에서 사용되는 IoT 장치는 서로 신뢰할 수 있는 프로토콜을 사용하며, 계층적 구조로 구성된 로컬 클라우드를 통해 로컬에서 다른 IoT 장치에 대한 쿼리는 일정한 비용을 유지하도록 한다. 로컬 내 IoT 장치 수와 상관없이 IoT 장치의 비용(통신비용 및 스토리지 비용 등)은 그대로 유지하기

때문에 확장성을 보장하는 특징을 가진다.

제안 기법은 다음과 같은 목적을 가진다. 첫째, 제안 기법은 이기종의 IoT 장치로부터 송·수신되는 정보 중 라우팅 정보와 가중치 정보를 이용하여 IoT 정보를 동적으로 송·수신할 수 있도록 함으로써 자원 손실을 최소화한다. 둘째, 제안 기법은 라우팅 수에 따라 가중치 정보를 IoT 데이터 사용 빈도 수에 따라 분류함으로써 IoT 데이터를 서로 동기화한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IoT 클라우드 모델 및 기존 연구에 대해서 설명한다. 3장에서는 IoT 클라우드 환경을 위한 이기종 IoT 데이터 관리 기법을 제안하고, 4장에서는 제안 기법의 성능평가를 수행하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 사물인터넷

사물인터넷(Internet of Things, IoT)는 센서와 기기가 스마트 환경내에서 원활하게 소통할 수 있는 플랫폼을 의미한다[7, 8]. IoT 장치는 인터넷 기술이 제공하는 모든 환경에서 사용가능하며 차세대 혁신적 기술로 부상하고 있는 기술 중 하나로 손꼽히고 있다. IoT 장치는 스마트 오피스, 스마트 소매, 스마트 농업, 스마트 워터, 스마트 교통, 스마트 헬스케어, 스마트 에너지 등 지능형 시스템 개발과 관련된 모든 분야에 사용하고 있다. 최근 몇 년간 IoT 장치는 모바일 기기, 교통시설, 공공시설, 가전제품등에 데이터를 수집하는 역할로 활용되고 있으며 IoT 네트워크에 연결돼 원격제어가 가능한 전자제품에 인기가 높아지고 있다.

Ciufo는 IoT 장치들과 중앙 제어 장치간 통신을 통해서 다른 지역에 배치되어 있는 IoT 장치로부터 지리, 천문, 환경 및 물류 데이터와 같은 다양한 종류의 데이터를 수집하기 위해서 블루투스, WiFi, ZigBee, GSM과 같은 다양한 통신 솔루션을 통해 상호 연결시킬 수 있다고 주장하고 있다[7].

Atzori et al.은 IoT 장치와 관련하여 세 가지 패러다임(인터넷 지향, 센서 및 지식)에서 인식되고 있다고 한다[8]. 또한, IoT 장치를 인터넷 기술이 제공하는 모든 기술들은 스마트폰, 노트북, 센서, 게임기 등 500억 개 이상의 기기가 무선 주파수 식별, 무선 센서 네트워크 등 기술로 구현된 여러 이기종의 접속 네트워크를 통해

인터넷에 연결될 것으로 예상하고 있다.

2.2 기존 연구

클라우드 환경에서 IoT 데이터를 관리하는 연구는 주로 IoT 데이터 성능 분석 개선을 위해 전용 데이터베이스 검색, 마이닝 및 분석 프로세스를 포함하는 경우가 많다[9]. 클라우드 환경에서 송·수신되는 IoT 데이터의 유형은 텍스트, 이미지, 동영상 등 다양하며 파악되는 정보는 패턴, 숨겨진 상관관계, 선호도 및 기타 유용한 정보 등이 있다[10]. 그러나, IoT 데이터는 기존 툴을 사용하여 활용하지 못할 수 있는 대량의 데이터가 존재할 수 있기 때문에 대량의 정형화, 비정형화, 반정형화 데이터를 분석 프로세스를 통해 이해하기 쉬운 데이터 및 메타데이터 형식으로 변화하는 기술과 도구가 사용된다[11-13].

Assuncao et al.은 클라우드 환경에서 빅데이터 분석을 위해서 시기적절한 결과를 반환하기 위해서는 확장 가능한 분석 알고리즘과 기법이 중요하다고 주장하고 있다[14]. 또한, 현재의 기법과 알고리즘으로는 IoT 빅 데이터 분석을 처리하는데 비효율적이라고 강조하고 있다. 특히, IoT 장치에서 송·수신되는 데이터 형식은 서로 다르기 때문에 분석 솔루션의 여러 소스를 통합하는 것이 매우 중요하다고 하고 있다.

Hashem et al.은 IoT 빅 데이터 분석에 사용되는 알고리즘의 성능에 초점을 맞추는 것보다는 계산 자원의 급속한 증가에 따른 선형적 상승이 나타나지 않는 것이 중요하다고 제안하고 있다[14]. 그러나, [14]은 IoT 데이터 분석 프로세스가 사용자에게 피드백과 지침을 제공하는 데 상당한 시간이 걸리는 문제점이 있다.

Singh et al.은 [14]의 문제점을 해결하기 위해서 IoT 데이터 분석 프로세스의 처리시간을 줄이기 위한 데이터 세트를 분석하였다[15].

Steed은 빅 데이터 세트가 복잡한 시각 분석 시스템을 제안하였다[16]. 이 시스템은 탐사 데이터 분석을 위해서 대용량의 데이터 집합과 데이터 이질성을 복잡한 시행착오 방법을 사용하고 있다.

3. IoT 클라우드 환경을 위한 IoT 데이터 관리 기법

3.1 개요

제안 기법은 클라우드 환경에서 이기종의 IoT 장치로부터 다양한 데이터(소음, 대기오염, 온도, 습도, 빛

등)를 송·수신하여 중앙의 서버에서 분석하는 구조로 이루어져 있다. 제안 기법은 IoT 장치에서 처리되는 데이터를 효과적으로 관리하기 위해서 Fig. 1처럼 n-계층의 다단계 구조로 확장가능하다. 제안 기법은 IoT 장치로부터 수집된 데이터를 무선 데이터 링크를 통해 클라우드에 위치한 처리센터로 전달할 때 라우팅 정보와 가중치 정보를 이용하여 최소 시간과 최소 간섭이 발생하도록 동적으로 데이터를 송·수신할 수 있도록 서비스 제공자(또는 바인딩)을 할 수 있도록 하고 있다.

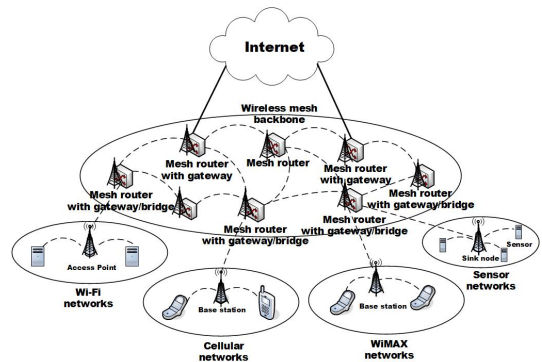


Fig. 1. IoT Component of Proposed Scheme in Cloud Environment

제안기법에서는 클라우드 환경을 구성하는 Fig. 2의 IoT 장치들이 서로 신뢰한다고 가정한다. IoT 장치들은 Fig. 1처럼 계층적 구조로 구성되며, 서로 다른 IoT 장치에 대한 쿼리는 일정한 크기를 가지고 있기 때문에 확장성을 보장하고 있다. 제안 기법은 2가지 목적을 가진다. 첫째, 제안 기법은 이기종의 IoT 장치로부터 IoT 정보를 동적으로 송·수신할 수 있도록 함으로써 자원 손실을 최소화한다. 둘째, 제안 기법은 IoT 데이터 사용 빈도에 따라 IoT 데이터를 서로 동기화함으로써 IoT 데이터 처리 비용을 최소화한다.

3.2 IoT 데이터 처리 과정

IoT 데이터는 주어진 역할에 따라 Fig. 2와 같은 IoT 데이터 수집과 처리 과정을 통해 데이터를 중앙에 위치한 서버에서 분석하게 된다. Fig. 2에서 처리되는 IoT 데이터는 실시간으로 처리되며 클라우드 환경에 위치하고 있는 IoT 장치는 자원 관리, 제어, 모니터링을 주 역할

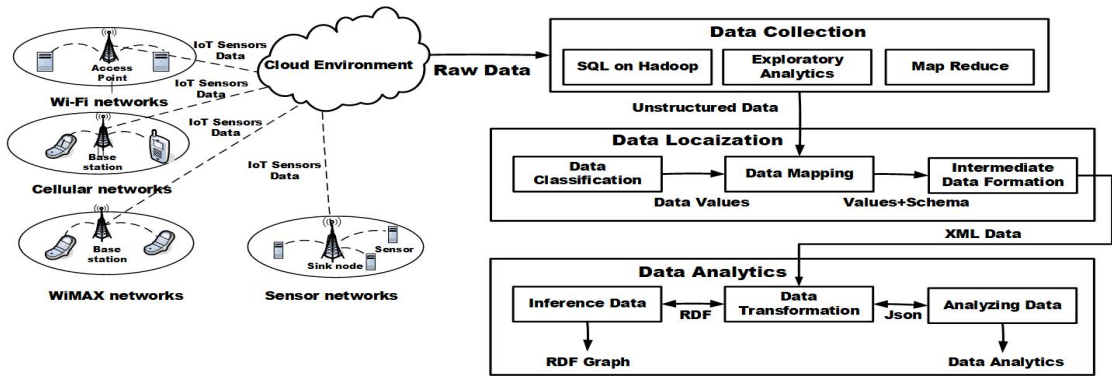


Fig. 2. Process and Analysis for IoT Data Gathering in Cloud Environment

할로써 수행한다. 그러나, 제안 기법에서 사용되는 IoT 장치는 빠른 결과를 위한 분석력을 실시간으로 처리하는 것은 수행하지 못하지만 지역적으로 클러스터 수준에서 데이터를 융합하고 있다. 또한, 제안 기법은 빅 데이터, 관계형 DB 또는 RDF/OWL을 통해 발견된 IoT 데이터는 XML, JSON 또는 RDF가 필요한 형태로 추가 변형이 가능하도록 설계하였다. Fig. 2처럼 IoT 장치로부터 수집된 이기종이 데이터는 상호운용성이 높은 JSON과 데이터 연결 및 회의 중심의 RDF 형식으로 융합되어 분석이 이루어진다.

3.3 IoT 라우팅 및 가중치 정보 처리

제안 기법은 이기종의 IoT 장치로부터 수집되는 다양한 raw 데이터를 최적의 라우팅 정보와 IoT 데이터의 가중치 정보를 이용하여 최소비용으로 최적의 IoT 데이터를 서버로 전달하여 분석할 수 있도록 패킷 경로의 모든 루프의 바인딩 상태를 송신 IoT 장치에서 유지하도록 하고 있다.

Fig. 3에서 송신측 IoT의 메시지를 각각의 패킷 번호와 그것이 속한 메시지 번호를 가진 각각의 패킷으로 인코드 된 후 다음 IoT 장치로 전달될 때 부여받은 메시지 번호로 패킷을 묶어 패킷 경로 목록에 기록하게 된다. 클라우드 네트워크 환경에서 IoT 정보에 대한 모든 패킷의 바인딩 기록과 전송 시간은 재전송을 위해 기록하게 된다. 모든 패킷은 Fig. 3의 과정을 통해 이기종의 IoT 장치에서 송·수신되는 대용량의 IoT 정보를 처리하며 IoT 정보의 중복없이 IoT 정보의 가중치에 따라 N-1차의 다항식 형태로 분류 및 처리하게 된다.

제안 기법은 Table 1과 같은 알고리즘에 의해 송신 IoT 장치에서 수신 IoT 장치까지 패킷 정보를 분산처리하게 된다.

Table 1. IoT Packet Distribution Process in Cloud Environment

Input: IoT Packet Information
Output : Possible Route Information
<pre> for every route r in possible route list R do check the weight value W_r with W_m record qualified route number m if m < minimal required route N then recalculate possible routes else if ACK packet is checked right then refresh weight value of route r remove old record of packet route list else discard the ACK packet send packets in packet-route list refresh packet-route list </pre>

제안 기법에서는 다중의 IoT 장치간 IoT 정보를 송·수신하기 위해서 $IoT_Infor_i = \sum_{i=1}^n (Infor_i + \sum_{j=1}^m IW_j)$ 와 같이 IoT 정보의 시드를 생성한다. 생성된 IoT 정보의 시드 값은 이기종의 IoT 정보와 인터리브하도록 연결하여 다음 IoT 장치로 전달하게 된다. IoT 정보가 중앙에 있는 서버에 안전하게 전달하게 되면 서버는 IoT 정보의 종류(소음, 대기오염, 온도, 습도, 빛 등)에 따라 가중치를 부여하여 최적의 IoT 정보만을 추출하여 분석하게 된다.

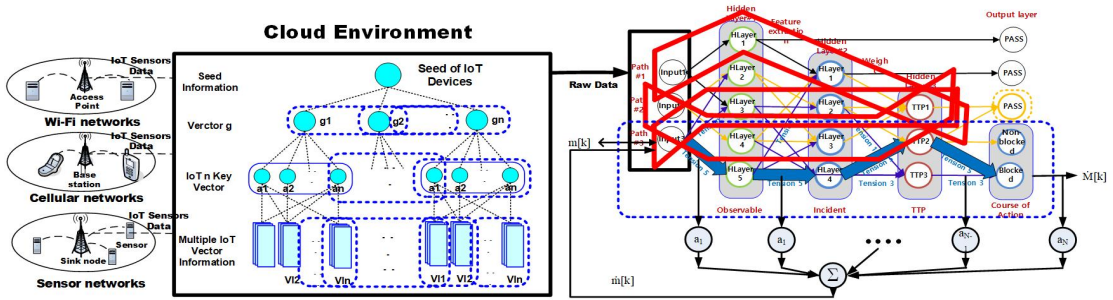


Fig. 3. Routing Information and Weight Processing of Proposed Scheme

이 때, 서버는 최적의 IoT 정보를 추출하기 위해서 IoT 정보간 상관관계를 식 (1)과 같이 계산하게 된다.

$$IoT_Corr_Info = \{IoT_Corr_i \mid IoT_Corr_i \in IoT_Corr, 1 \leq i \leq n\} \quad (1)$$

식 (1)에서 구한 IoT 정보의 상관관계 정보를 이용하여 서버는 IoT 정보를 실시간으로 모니터링하면서 각 IoT 장치를 관리함으로써 IoT 정보를 동적으로 송·수신할 수 있도록 할뿐만 아니라 자원 손실을 최소화하여 IoT 데이터 처리 비용을 최소화할 수 있다.

4. 평가

4.1 환경 설정

제안 기법은 클라우드 환경을 구축하기 위해서 IoT 정보를 송·수신하기 위한 장비로서 Fig. 4와 같은 IoT 아두이노 장비를 100개 사용하였으며, 게이트웨이 역할을 수행하는 무선 게이트웨이를 10개 사용하였다. AP의 역할을 수행하는 무선 게이트웨이를 이용하여 10개 계층 구조를 갖는 망을 구성하여 IoT 정보를 서버가 실시간으로 수집 및 분석하도록 하였다.

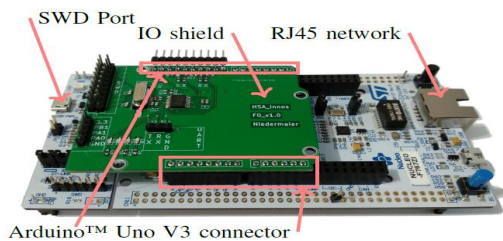


Fig 4. IoT Device used in Performance Evaluation

Table 2은 제안 메커니즘이 시뮬레이션에서 사용하고 있는 아두이노의 스펙을 보여주고 있다. 아두이노와 함께 시뮬레이션에서 사용되는 AP는 WiFi 모듈의 전송속도(baud rate)가 57600으로(혹은 115200) 설정 되도록 하였다. 데이터 전송 속도는 801.11n 모드에서 HT20 MCS0이 6.5Mbps가 나오고, HT20 MCS7에서는 최대 65Mbps로 속도가 나온다.

Table 2. Arduino Specification

Specification	Detail Contents
Microcontroller	ATmega328P
SRAM	2KB(ATmega328)
EEPROM	1KB (ATmega328)
Clock Speed	16MHz
Flash Memory	32KB (ATmega328) of which 0.5KB used by bootloader
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Input Voltage (limits)	6-20V
FTDI USB to TTL serial	FTDI FT232RL
Wi-Fi Module	WizFi250, single band 2.4GHz, IEEE802.11b/g/n

4.2 성능 평가

4.2.1 IoT 정보의 가중치 처리시간

Fig. 5는 IoT 장치 수에 따라 IoT 정보가 처리될 때 IoT 정보가 최단의 라우트 경로를 통해 서버에 전달되기 위한 IoT 정보의 가중치 처리시간을 평가한 결과를 보여주고 있다. Fig. 5의 결과처럼, 제안 기법은 IoT 정

보수에 따라 전체 IoT 정보를 n개의 그룹으로 그룹핑하여 IoT 정보의 가중치 값에 따라 IoT 정보를 연계처리하였기 때문에 IoT 정보의 가중치 처리시간이 그렇지 않았을 때보다 13.9% 향상된 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 IoT 정보를 계층적 다단계 구조로 IoT 정보를 라우트하기 때문에 라우트 경로에 따라 일정 비용이 소비되도록 IoT 정보를 수집하기 때문이다.

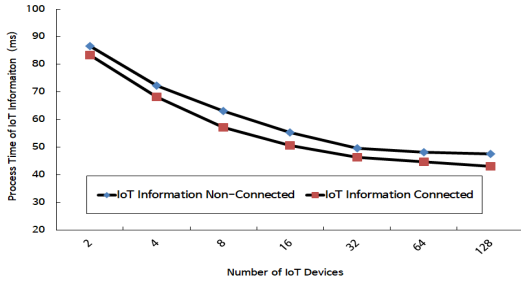


Fig 5. Weighted Processing Time for IoT Information

4.2.2 게이트웨이 수에 따른 라우팅 효율성 평가

Fig. 6는 클라우드 환경에 분포된 IoT 장치를 계층적 구조로 그룹핑되도록 관리하는 게이트웨이 수에 따라 라우팅의 효율성을 평가한 결과를 보여주고 있다. IoT 장치수가 증가할수록 계층적 구조로 그룹핑하여 라우팅 경로를 통해 IoT 정보를 전달하는 것이 그렇지 않은 경우보다 평균 22.8% 향상된 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 IoT 장치의 밀집도와 범위에 따라 게이트웨이 성능이 달라질 수 있으며, IoT 정보가 서로 연계되어 묶어 처리되기 때문이다. 또한, IoT 정보에 대한 가중치를 이용하여 n-1 계층부터 n+1 계층 사이의 IoT 정보 오류율을 낮추었기 때문이다.

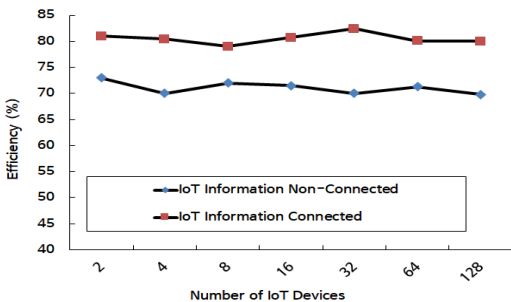


Fig 6. Evaluation of routing efficiency by number of gateways

4.2.3 IoT 정보와 게이트웨이에 따른 오버헤드

Fig. 7은 클라우드 환경에 분포된 게이트웨이와 IoT 정보수에 따라 서버가 IoT 정보를 처리하는 오버헤드를 평가한 결과를 보여주고 있다. 제안 기법은 라우팅 정보를 통해 IoT 정보의 가중치 값을 이용하여 계층적으로 그룹핑하여 IoT 정보의 유사 정보를 처리하였기 때문에 게이트웨이 수에 따라 평균 18.3% 낮은 오버헤드 결과를 얻었다. 이 같은 결과는 클라우드 환경을 n개의 그룹으로 계층적으로 그룹핑하여 IoT 정보를 분류하여 추가적인 라우팅 동작이 진행되지 않도록 하였기 때문이다.

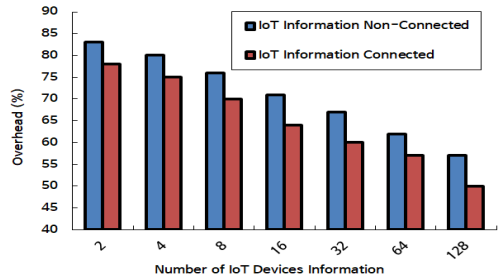


Fig 7. Overhead according to IoT information and gateway

5. 결론

최근 IoT 기술이 다양한 분야에서 활용되면서 클라우드 환경에서는 IoT 기술을 통해 사회적으로 많은 변화와 발전을 가져왔다. 본 논문에서는 서로 다른 이기종의 IoT 장치에서 수집되는 정보를 효율적으로 라우팅되도록 IoT 클라우드 환경을 n-계층 다단계 구조로 확장할 수 있는 IoT 데이터 관리기법을 제안하였다. 제안 기법은 이기종의 IoT 장치로부터 수집되는 정보를 수집해 무선 데이터 링크를 통해 클라우드에 위치한 처리센터에 전달하여 데이터를 분석하도록 하였으며, IoT 장치가 서로 신뢰할 수 있도록 계층적 구조로 구성된 로컬 클라우드를 통해 로컬에서 다른 IoT 장치에 대한 쿼리의 비용을 유지하도록 하였다. 실험 결과, IoT 정보수에 따라 전체 IoT 정보를 n개의 그룹으로 그룹핑하여 IoT 정보의 가중치 값에 따라 IoT 정보를 연계처리하였기 때문에 IoT 정보의 가중치 처리시간이 그렇지 않았을 때보다 13.9% 향상된 결과를 얻었다. IoT 장치수가 증가할수록 계층적 구조로 그룹핑하여 라우

팅 경로를 통해 IoT 정보를 전달하는 것이 그렇지 않은 경우보다 평균 22.8% 향상된 결과를 얻었다. 라우팅 정보를 통해 IoT 정보의 가중치 값을 이용하여 계층적으로 그룹핑하여 IoT 정보의 유사 정보를 처리하였기 때문에 게이트웨이 수에 따라 평균 18.3% 낮은 오버헤드 결과를 얻었다. 향후 연구에서는 기존 연구의 결과를 토대로 확장 가능한 클라우드 환경에 적용할 메커니즘을 연구할 계획이다.

REFERENCES

- [1] A. Whitmore, A. Agarwal & L. Da Xu. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Inf. Syst. Front.*, 17(2), 261-274.
DOI : 10.1007/s10796-014-9489-2
- [2] R. Roman, P. Najera & J. Lopez. (2011). Securing the Internet of Things. *Computer*, 44(9), 51-58.
DOI : 10.1109/MC.2011.291
- [3] H Ning & H Liu (2015). Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the Internet of Things. *Sci. China Inf. Sci.*, 58(3), 1-19.
DOI : 10.1007/s11432-014-5209-2
- [4] D. He, C. Chen, S. Chan, J. Bu & L. T. Yang. (2013). Security analysis and improvement of a secure and distributed reprogramming protocol for wireless sensor networks. *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 60(11), 5348-5354.
DOI : 10.1109/TIE.2012.2218562
- [5] C. Zhu, J. J. P. C. Rodrigues, V. C. M. Leung, L. Shu & L. T. Yang. (2018). Trust-based communication for the industrial Internet of Things. *IEEE Commun. Mag.*, 56(2), 16-22.
DOI : 10.1109/MCOM.2018.1700592
- [6] M. Abomhara & G. M. Køien. (2014). Security and privacy in the Internet of Things: Current status and open issues. In 2014 international conference on privacy and security in mobile systems (PRISMS) DOI : 10.1109/PRISMS.2014.6970594
- [7] C. A. Ciufo. (2014). Industrial Equipment Talking on the IoT? Bet ter get a Gateway (Device).
- [8] L. Atzori, A. Iera & G. Morabito. (2010). The Internet of Things: A survey. *Comput. Netw.*, 54(15), 2787-2805.
DOI : 10.1016/j.comnet.2010.05.010
- [9] R. Mital, J. Coughlin & M. Canaday. (2014). Using big data technologies and analytics to predict sensor anomalies. *in Proc. Adv. Maui Opt. Space Surveill. Technol. Conf.*, pp. 84.
- [10] N. Golchha. (2015). Big data-the information

revolution. *Int. J. Adv. Res.*, 1(12), 791-794.

- [11] O. Kwon & N. B. L. Shin. (2014). Data quality management, data usage experience and acquisition intention of big data analytics. *Int. J. Inf. Manage.*, 34(3), 387-394.
DOI : 10.1016/j.ijinfomgt.2014.02.002
- [12] P. Russom. (2011). Big Data Analytics. *TDWI best practices report, fourth quarter, 19(4)*, 1-34.
- [13] M. D. Assuncao, R. N. Calheiros, S. Bianchi, M. A. S. Netto & R. Buyya. (2013). Big data computing and clouds: Challenges, solutions, and future directions. *arXiv preprint arXiv:1312.4722*, 10.
- [14] I. A. T. Hashem et al. (2015). The rise of 'big data' on cloud computing: Review and open research issues. *Information systems*, 47, 98-115.
DOI : 10.1016/j.is.2014.07.006
- [15] D. Singh & C. K. Reddy. (2014). A survey on platforms for big data analytics. *J. Big Data*, 2(1), 1.
DOI : 10.1186/s40537-014-0008-6
- [16] C. A. Steed. (2013). Big data visual analytics for exploratory earth system simulation analysis. *Comput. Computers & Geosciences*, 61, 71-82.
DOI : 10.1016/j.cageo.2013.07.025

조 성 남(Cho, Sung-Nam)

[정회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 소프트웨어 공학과(전산학석사)
- 2017년 8월 : 광운대학교 경영정보학과(박사 수료)
- 1996년 ~ 현재 한국과학기술정보연구원 선임연구원

- 관심분야 : 정보화전략, 정보회투자성과, 정보기술아키텍처, IT 거버넌스, 소프트웨어공학
- E-Mail : chosn@kisti.re.kr

정 윤 수(Yoon-Su Jeong)

[정회원]



- 1998년 2월 : 청주대학교 전자계산학과 학사
- 2000년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 석사
- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 박사

- 2012년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 정보통신공학과 조교수
- 관심분야 : 유·무선 통신 보안, 정보보호, IoT, 빅 데이터, 바이오포매틱스
- E-Mail : bukmunro@mokwon.ac.kr