

---

# 스마트 빌딩에서의 효율적인 사물인터넷 서비스를 위한 분산 서버 기반 데이터 관리 및 제어 기법

최상일

한국건설기술연구원

## Distributed Server based Data Management and Device Control Scheme for Efficient IoT Service in Smart Building

Sang-Il Choi

Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

E-mail : choisangil@kict.re.kr

### 요 약

최근, 건물 내에서 편리하고 다양한 사물인터넷 서비스를 사용자에게 제공할 수 있는 스마트 빌딩 관리 시스템이 큰 관심을 받고 있다. 하지만, 현재 연구되고 있는 스마트 빌딩 관리 시스템은 중앙의 단일 플랫폼 서버가 건물 내 모든 데이터와 서비스를 관리하는 방식으로, 건물의 규모가 커지고 층이 높아질수록 단일 장애 지점, 데이터베이스 과부하, 요청 처리 지연의 문제가 발생하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 부하 분산을 위해 각 층에 분산형 플랫폼 서버를 두고, 분산된 서버 간의 통신을 통해 건물의 규모에 관계없이 효율적인 사물인터넷 서비스를 제공할 수 있는 분산형 스마트 빌딩 관리 시스템을 제안한다. 또한, 수치 분석을 통해, 제안 기법이 사물인터넷 플랫폼 서버 부하 및 요청 처리 지연 측면에서 기존 기법보다 우수함을 검증하였다.

### ABSTRACT

With the deployment of Internet of Things (IoT) services, the interest of smart building management system is rapidly increased. However, existing smart building management system has some limitations such as single point of failure, scalability, processing delay by using the centralized service platform server. To overcome these limitations, in this paper, the distributed server based smart building management scheme is proposed. In the proposed scheme, it is possible to provide fast and efficient IoT services, regardless of the scale of smart building, by using the distributed server of each floor. From the numerical analysis, it is shown that the proposed scheme provides better performance than the existing centralized scheme in terms of stability of database and service processing delay.

### 키워드

Smart Building Management System, Data Management, IoT Device Control, Distributed Server

### 1. 서 론

최근 사물인터넷 기술에 대한 관심이 높아지면서, 소형 센서와 스마트 장비를 활용한 다양한 사물인터넷 서비스들이 개발되고 있다. 또한, 도시 주민들의 대표적인 생활공간인 주택 및 고층건물 내에서의 효율적인 사물인터넷 서비스 보급 및 활용에 대한 요구도 급격히 증가하고 있다[1].

하지만, 건물 내 센서 및 장비를 활용한 사물인터넷 기술 관련 연구는 대부분 건물에서 에너지 소비량 측정과 최적화를 통한 소비 절감을 다루는 BEMS (Building Energy Management System)에 집중되어, 건물 내 다양한 소형 센서로부터 수집할 수 있는 데이터들의 효율적인 보관과 이에 기반한 빠른 스마트 서비스의 제공에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다.

또한, 건물 내에서의 소형 센서를 활용한 스마트 서비스와 관련해 현재까지 진행된 대부분의 연구는 데이터의 측정 및 서비스 제공을 위해 건물 전체를 관장하는 중앙 집중형 데이터 서버를 두는 기법이 대부분이다[2]. 이러한 중앙 집중형 데이터 서버는 초고층 건물과 같이 규모가 커지거나, 단일 층에 설치된 소형 센서 단말의 수가 많아질수록 단일 장애 지점, 데이터베이스의 과부하, 요청 처리 지연 등의 위험성을 가지게 된다.

이와 같은 위험성을 해소하기 위해, 본 논문에서는 스마트 빌딩의 각 층에 관리 서버를 둬으로써 중앙 집중형 서버의 역할을 분산시켰고, 이를 통해 중앙 서버로 인해 발생할 수 있는 잠재적 문제를 해결한다. 또한, 각 층에 위치한 소형 센서의 URI (Uniform Resource Identifier)를 활용한 분산 서버 간 통신을 적용함으로써 기존보다 더 빠르게 센싱 데이터를 수집하고 스마트 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존 기법의 절차에 대해 설명하고, III장에서는 제안 기법의 구조와 절차에 대해 설명한다. IV장에서는 수치 분석을 통해 기존 기법과 제안 기법의 성능을 비교하고, V장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존 기법

그림 1은 기존 스마트 빌딩에서의 스마트 서비스 활용 구조를 나타낸다. 스마트 빌딩의 각 층에는 다양한 소형 센서와 액추에이터 (Actuator)가 존재하고, 각각의 장치들에 대한 IP주소와 URI 정보는 중앙 서버에서 보관한다. 따라서 측정된 센싱 데이터들은 게이트웨이 (Gateway)를 거쳐 중앙 서버로 전달되고, 사용자는 중앙 서버를 거쳐 데이터 획득 및 액추에이터 제어를 수행한다.

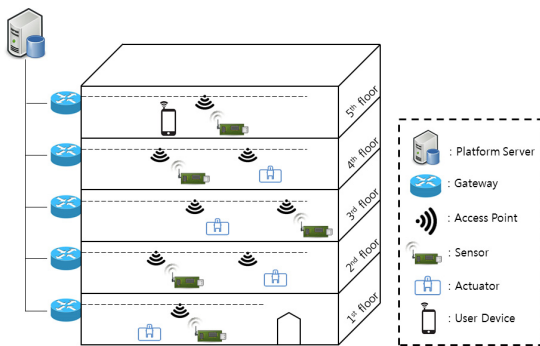


그림 1. 기존 스마트 빌딩에서의 사물인터넷 서비스 활용 구조

그림 2는 기존 스마트 빌딩에서의 사물인터넷 서비스 활용 구조를 바탕으로 데이터 저장, 획득, 장치 제어에 필요한 절차의 흐름을 나타낸다.

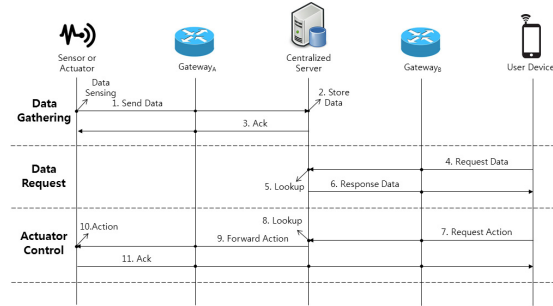


그림 2. 기존 기법에서의 절차 흐름도

먼저, 각 층에 위치한 소형 센서가 주변의 정보를 측정하면 해당 내용을 동일한 층에 위치한 게이트웨이를 거쳐 중앙 서버로 전달한다 (1). 센서의 메시지를 받은 서버는 해당 측정값을 자신의 데이터베이스에 저장하고, 그에 대한 응답을 센서로 보낸다 (2~3). 본 논문에서는 센서가 지속적으로 측정된 누적데이터의 분석을 바탕으로 사용자에게 서비스를 제공하는 상황을 가정했기 때문에, 센서가 데이터 측정과 동시에 서버로의 전송을 수행했다.

다음으로, 서버에서 보관하고 있는 측정값 혹은 분석 결과를 사용자가 확인하기 위해서는 데이터 요청 메시지를 중앙 서버에게 요청해야 한다 (4). 데이터 요청 메시지를 사용자 단말로부터 받은 서버는 자신의 데이터베이스에서 해당 정보를 탐색하고, 탐색된 결과를 사용자 단말로 전송한다. (5~6).

마지막으로, 사용자가 자신의 단말기를 통해 특정 층에 위치한 액추에이터를 제어하기 위해 동작 요청 메시지를 중앙 서버로 보낸다 (7). 이는 중앙 서버가 모든 센서 및 액추에이터들의 정보를 관리하기 때문이다. 사용자 단말로부터 메시지를 받은 중앙 서버는 자신의 매핑 테이블을 통해 액추에이터의 정보를 확인하고, 경로 상에 위치한 게이트웨이를 통해 메시지를 전달한다 (8~9). 동작 요청 메시지가 액추에이터에 도착하면, 해당 액추에이터는 관련 동작을 수행하고 응답 메시지를 역방향 경로로 전송한다 (10~11).

## III. 제안 기법

본 논문에서는 스마트 빌딩의 각 층에 장치 및 데이터를 관리하는 분산 서버를 둬으로써 기존 기법이 자기는 중앙 서버의 과부하 문제를 해결한다. 그림 3은 제안하는 스마트 빌딩에서의 분산 서버 기반 데이터 관리 및 제어 구조 나타낸다.

또한, 스마트 빌딩 내 센서 및 액추에이터의 URI를 아래와 같이 설정하여, 장치 탐색에 필요한 분산 서버 간의 통신 절차를 최적화했다.

$$URI \text{ 구조} = [\text{Building\_ID}::\text{Floor\_ID}::\text{Device\_ID}]$$

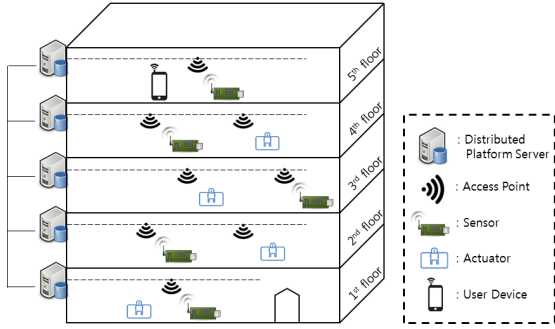


그림 3. 제안 기법에서의 구성도

그림 4는 제안하는 스마트 빌딩에서의 사물인터넷 서비스 구조를 바탕으로 데이터 저장, 획득, 장치 제어에 필요한 절차의 흐름을 나타낸다.

먼저, 각 층에 위치한 소형 센서가 주변의 정보를 취득하면 해당 정보를 분산 서버 (Distributed Server)로 전송하고, 분산 서버는 해당 정보를 자신의 데이터베이스에 저장한다.

사용자가 자신과 다른 층에 존재하는 센서의 정보를 얻으려는 경우, 우선 해당 요청 메시지를 자신과 동일한 층에 위치한 분산 서버로 보낸다. 요청 메시지를 받은 분산 서버는 목적지 센서의 URI를 확인하고, URI에 포함된 Floor\_ID를 바탕으로 해당 층의 분산 서버로 요청 메시지를 전달한다. 센서의 정보를 보관하고 있는 분산 서버는 요청 메시지에서 Device\_ID를 확인하고, 자신의 데이터베이스에서 동일한 ID를 가진 단말이 저장한 최근 데이터를 응답메시지로 보낸다.

사용자가 다른 층에 위치한 액추에이터를 제어 하려는 경우, 데이터 획득과 동일한 절차를 통해 해당 액추에이터가 위치한 분산 서버로 제어 메시지를 전송한다. 액추에이터의 정보를 저장하고 있는 분산 서버는 수신 받은 메시지의 종류를 확인하고, 제어메시지로 판단되면 목적지 액추에이터로 메시지로 전달한다. 제어 메시지를 수신한 액추에이터는 요청받은 동작을 수행하고, 그에 대한 응답 메시지를 각각의 분산 서버를 거쳐 사용자 단말에게 전달한다.

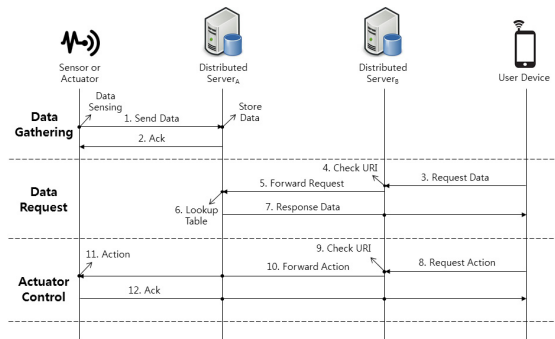


그림 4. 제안 기법에서의 절차 흐름도

#### IV. 수치 분석

##### 1. 분석 환경

본 장에서는 요청 시간 지연 및 플랫폼 서버 부하 측면에서 두 기법 간의 비교를 위해 네트워크 환경을 아래의 표 1과 같이 설정하여 수치적 분석을 수행한다.

표 1. 수치 분석을 위한 파라미터

Parameter	Description
$N_a$	Number of $a$
$A_a$	Average number of $a$
$S_a$	Size of $a$ packet
$F_a$	Frequency of $a$
$D_a$	Link Delay of $a$
$B_a$	Bandwidth of $a$

##### 2. 수치 분석 결과

두 기법 간 분석을 위해, 지연 시간을 비교하는 경우에는 센싱 데이터 저장 및 획득과 액추에이터 제어 절차를 한 번씩만 수행하는 것을 가정했다. 또한, 각 장치  $x$ 와  $y$  간의 패킷 전송 시간은  $T_{x-y}(S_a) = (S_a/B_{link}) + D_{link}$  로 정의한다. 표 2는 수치 분석에 사용된 파라미터 값들을 나타낸다[3].

표 2. 수치 분석에서의 파라미터 값

Parameter	Min	Default	Max
$N_{Floor}$		50	
$A_{Sensor}$	10	100	500
$S_{Sensing\_Data}$		20	
$F_{DataUpdate}$	0.1	10	60
$D_{Wired}$	0.0001	0.004	0.0055
$D_{Wireless}$	0.001	0.008	0.055
$B_{Wired}$		100 Mbps	
$B_{Wireless}$		11 Mbps	
$S_{Control}$		80 bytes	
$S_{Data}$		128 bytes	

또한 수식 표현의 편의를 위해 센서, 액추에이터, 사용자 단말은 모두 End Device로 표기한다.

##### A. Total Delay

기존 중앙 집중식 건물 내 사물인터넷 서비스 활용 구조에서의 데이터 취합, 요청, 디바이스 제어를 한 번씩 수행하는데 소요되는 총 지연 시간은 다음과 같다.

$$TD_{Existing} = 2 \times (T_{End-AR}(S_{Data}) + T_{AR-GW}(S_{Data})) + T_{GW-Server}(S_{Data}) + 3 \times (T_{GW-Server}(S_{Control})) + T_{AR-GW}(S_{Control}) + T_{End-AR}(S_{Control})) + 3 \log_2(N_{Floor} * A_{End})$$

제안 기법에서의 데이터 취합, 요청, 디바이스 제어를 한 번씩 수행하는데 소요되는 총 지연 시간은 다음과 같다.

$$TD_{Proposed} = 2 \times (T_{End-AR}(S_{Data}) + T_{AR-DS}(S_{Data}))$$

$$+3 \times (T_{DS-DS}(S_{Control}) + 2 \times (T_{AR-DS}(S_{Control}) + T_{End-AR}(S_{Control}))) + T_{DS-DS}(S_{Data}) + \text{Log}_2(A_{End})$$

그림 5는 유선 링크 상태 변화에 따른 총 지연 시간의 변화를 나타낸다. 아래의 그림처럼, 제안 기법은 중앙 서버의 역할을 각 층에 위치한 게이트웨이들로 분산함으로써 중앙 서버를 거침에 따라 우회하는 유선 경로의 이용 횟수를 줄였고, 이를 통해 총 지연 시간 측면에서 기존 기법보다 더 우수한 성능을 보인다.

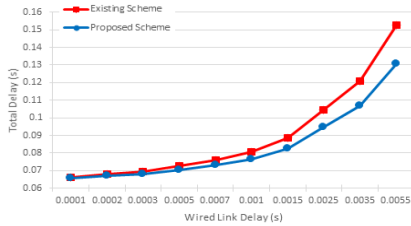


그림 5. 유선 링크와 지연 시간의 관계

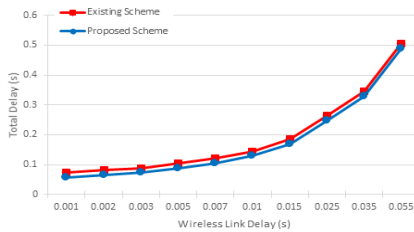


그림 6. 무선 링크와 지연 시간의 관계

그림 6은 무선 링크 상태 변화에 따른 총 지연 시간의 변화를 나타낸다. 아래의 그림처럼, 제안 기법은 중앙 서버를 없앴으로써 기존 기법 대비 유선 경로 이용 횟수를 줄였지만, 무선 경로의 이용 횟수 측면에서는 기존 기법과 차이가 없다. 따라서 두 기법의 무선 링크 변화에 따른 총 지연 시간 변화는 동일하다. 하지만, 제안 기법은 전체 절차 과정에서 분산 서버의 활용을 통해 중앙 서버를 거치는 유선 경로를 이용하지 않음으로써 통신 경로를 최적화시켰고, 무선 링크 변화에 관계없이 기존 기법보다 우수한 성능을 보인다.

### C. Overhead of Server Storage

본 장에서는 기존 기법과 제안 기법 상에서 각 서비스 플랫폼 서버의 부하 정도를 분석하기 위해 시간당 센서 장비를 통해 축적되는 서버의 데이터 저장 용량을 분석한다. 시간당 서비스 플랫폼 서버로 축적되는 저장 용량은 아래와 같다.

$$SDS_{Existing} = N_{Floor} \times A_{Sensor} \times S_{Sensing\_Data} \times F_{DataUpdates}$$

$$SDS_{Proposed} = A_{Sensor} \times S_{Sensing\_Data} \times F_{DataUpdates}$$

그림 7과 8은 각각 센서 디바이스의 수와 데이터 업데이트 주기의 변화에 따라 산정된 시간당 데이터 저장 크기를 나타낸다. 아래의 그림처럼, 제안 기법은 각 층별 센서의 측정 데이터를 중앙

서버가 아닌 분산된 플랫폼 서버에 보관함으로써 센서의 수 및 업데이트 주기가 증가할수록 기존 기법 대비 상대적으로 더 적은 데이터를 보관함으로써 서버 부하를 크게 줄일 수 있음을 보인다.

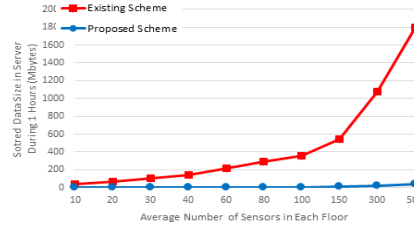


그림 7. 센서 수에 따른 서버 부하 변화

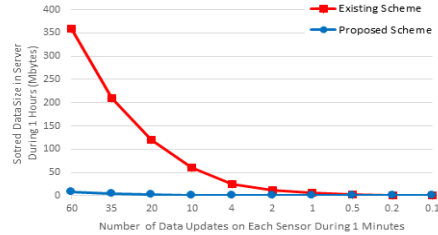


그림 8. 전송 횟수에 따른 부하 변화

## V. 결론

본 논문에서는 분산된 사물인터넷 서비스 관리 서버간의 통신을 통해 건물의 규모에 관계없이 효율적인 사물인터넷 서비스를 제공할 수 있는 분산형 스마트 빌딩 관리 시스템을 제안했다.

수치 분석을 통해, 제안 기법이 사물인터넷 플랫폼 서버 부하 및 요청 처리 지연 측면에서 기존 기법보다 우수함을 확인했다.

### Acknowledgement

본 연구는 국가과학기술연구회 “융합클러스터 지원사업”의 일환으로 수행됨.

### 참고문헌

- [1] 김형석, “IT건설융합 스마트빌딩 기술,” 한국통신학회지(정보와 통신), 제28권, 제5호, pp. 15-20, 2011년 4월.
- [2] 유성모, 손우진, 이경근, “스마트 빌딩에서 스마트 네트워크 관리 시스템의 구현,” KNOM Review, 제14권, 제2호, pp. 22-33, 2011년 12월.
- [3] Sang-Il Choi, Seok-Joo Koh, “Distributed CoAP Handover Using Distributed Mobility Agents in Internet-of-Things Networks,” JICCE, 제15권, 제1호, pp. 37-42, 2017년 3월.