

IoT 환경에서 실시간 빅 데이터 수신을 위한 센서 게이트웨이에 관한 연구

Study on the Sensor Gateway for Receive the Real-Time Big Data in the IoT Environment

신 승 혁

구미대학교 사이버보안과

Seung-Hyeok Shin

Department of Cyber Security, Gumi University, Gyeongsangbuk-do 730-711, Korea

[요 약]

IoT 환경의 서비스 규모는 센서의 수량에 의하여 결정된다. 센서의 수량이 증가함은 IoT 환경에서 발생하는 데이터의 양도 증가함을 의미한다. 네트워크 환경에서 데이터 폭주 시 네트워크 혼잡제어를 위한 연구와 동적 버퍼운영으로 네트워크를 안정적으로 운영하기 위한 연구들이 있다. 또한 비연결형 네트워크 환경에서 스트림 데이터 처리에 대한 연구들이 있다. 본 연구에서는 IoT 환경의 빅데이터를 처리하기 위한 센서 게이트웨이를 제안한다. 이를 위하여 센서 미들웨어를 설계하기 위한 RESTful 을 확인하고, 스트림 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 이중버퍼 알고리즘을 적용한다. 마지막으로 제안하는 시스템을 평가하기 위하여 TCP 상의 HTTP 프로토콜을 기반으로 하는 MJpeg 스트림을 이용하여 빅 데이터 트래픽을 발생 시키며, 오픈소스 미디어 플레이어인 VLC를 이용하여 영상 수신 처리율을 이용하여 성능을 비교한다.

[Abstract]

A service size of the IoT environment is determined by the number of sensors. The number of sensors increase means increases the amount of data generated by the IoT environment. There are studies to reliably operate a network for research and operational dynamic buffer for data when network congestion control congestion in the network environment. There are also studies of the stream data that has been processed in the connectionless network environment. In this study, we propose a sensor gateway for processing big data of the IoT environment. For this, review the RESTful for designing a sensor middleware, and apply the double-buffer algorithm to process the stream data efficiently. Finally, it generates a big data traffic using the MJpeg stream that is based on the HTTP protocol over TCP to evaluate the proposed system, with open source media player VLC using the image received and compare the throughput performance.

Key word : Internet of things, Real-time, Big data, Sensor gateway.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.5.417>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 14 July 2015; Revised 24 July 2015

Accepted (Publication) 1 October 2015 (30 October 2015)

*Corresponding Author; Seung-Hyeok Shin

Tel: +82-54-440-1347

E-mail: shinbaad@gmail.com

1. 서론

사물인터넷 (IoT; internet of things)은 다양한 센서에서 발생하는 데이터를 수집하여 유용한 형태의 서비스 기능을 제공하는 환경을 제공한다. IoT 환경에서 구성되는 서비스의 형태 및 규모는 결국 센서의 수량과 데이터의 다양화에 의하여 결정된다. 대량의 센서에서 생성되는 데이터의 종류와 규모는 대표적인 빅 데이터이며 수집된 정보를 효율적으로 관리하기 위한 다양한 방법 및 해법(solution)이 학계와 산업계에서 연구, 발표되고 있다 [1]-[3].

대규모의 센서를 이용한 IoT 환경은 시스템의 운용 효율성 등을 위하여 그림 1과 같이 센서와 데이터를 수집 관리하는 중앙의 서버 그리고 센서와 서버 사이에서 데이터를 수집하고 응용 가능한 정보로 변환하는 센서 게이트웨이로 구성한다.

IoT 환경의 센서 게이트웨이는 센서 네트워크와 인터넷을 중계하는 미들웨어 시스템으로 구성한다. 센서의 특성상 고속으로 발생하는 대량의 정보가 센서 게이트웨이로 유입되는 구성으로 센서 게이트웨이에서는 실시간으로 발생하는 데이터를 처리하기 위한 효율적인 데이터 수집 방안이 고려되어야 한다 [4].

센서 게이트웨이와 센서간의 데이터 송수신 방식은 그림 2와 같이 지속적으로 요청/응답을 교환하는 (A)의 요청/응답 방식과 한 번의 요청으로 응답을 지속적으로 수신하는 (B)의 스트리밍 방식으로 구성이 가능하다. (A)의 방식은 네트워크상의 트래픽이 폭주하는 형태로서 대규모 센서들로 구성되는 IoT 환경을 구성하기엔 적합하지 않은 방식이다. (B)의 스트리밍 방식은 네트워크 트래픽을 줄일 수 있는 방식이다. 그러나 (B)의 스트리밍 방식은 데이터를 수집하는 수신 측에서 연속적으로 발생하는 데이터에 대한 단편화 문제가 발생한다. 즉 센서 게이트웨이에서는 고속으로 수신되는 데이터 처리 성능의 저하를 최소화하면서 패킷 단편화로 인한 문제를 해결하여야 하며, 지속적인 서비스를 보장해야 한다 [5].

패킷의 단편화와 네트워크의 폭주 상황을 해결하기 위하여 송수신 버퍼의 크기를 동적으로 조정하는 기법들이 발표되어 왔다 [6]-[9]. 이러한 기존의 연구들은 주로 네트워크 대역폭과

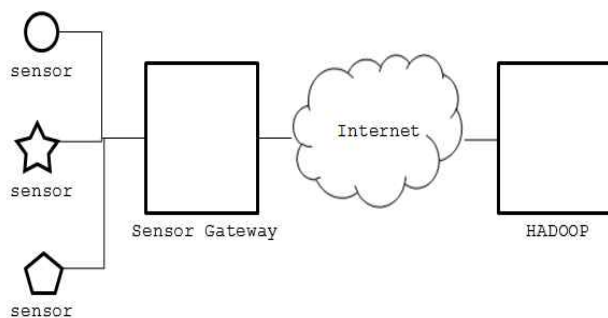


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System configuration.

속도를 계산하여 데이터의 크기를 예측하고, 버퍼를 동적으로 조절하는 방식으로, 네트워크 상태의 안정화만을 고려하기 때문에 스트리밍 환경에서 운영되는 소프트웨어의 특성에 대한 고려가 부족하다는 한계를 가진다. 따라서 본 연구에서는 스트리밍 환경에서 수신되는 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 센서 게이트웨이를 제안한다.

본 논문의 전체 구성은 다음과 같다. 2장에서는 센서 게이트웨이를 구성하기 위한 방안에 대하여 기술한다. 3장에서는 제안하는 시스템에 대하여 설계를 진행하고, 4장에서는 제안한 방식에 대하여 테스트 방안과 기존의 시스템을 이용하여 성능을 검증한다. 마지막 5장에서는 연구 결과와 향후 연구계획에 대하여 논의 후 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

본 장의 1절에서는 RESTful 센서 미들웨어에 대하여 기술하고, 2절에서는 IoT 를 구성하는 주요 기술요소의 하나인 센서 게이트웨이에 대하여 기술한다.

2-1 RSM (RESTful Sensor Middleware)

IoT 환경의 다양한 센서와 통신하기 위한 미들웨어에 대한 연구가 학계와 산업계에서 진행되어 오고 있다. 대표적인 미들웨어 아키텍처인 REST (representational state transfer)는 2000년 Roy Fielding의 박사학위 논문에서 소개되었다 [6]. 센서에서 수집된 정보를 서버와 http의 URI 방식으로 교환하는 방식으로 주로 OpenAPI (open application programming interface) 형태로 구성하며, REST원리로 구현된 시스템을 RESTful이라 명칭한다 [10].

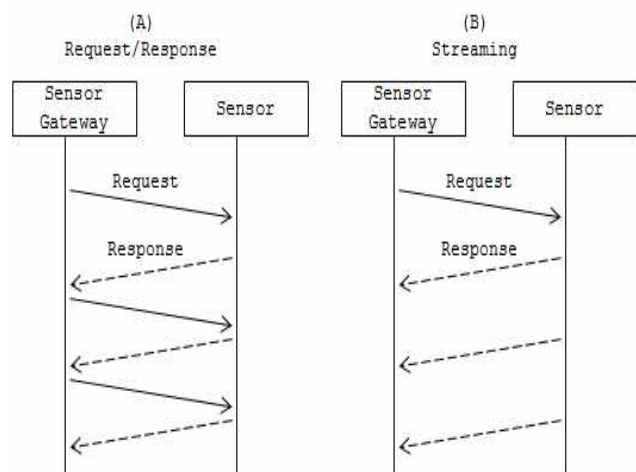


그림 2. 송수신 방식
Fig. 2. Method of send and receive.

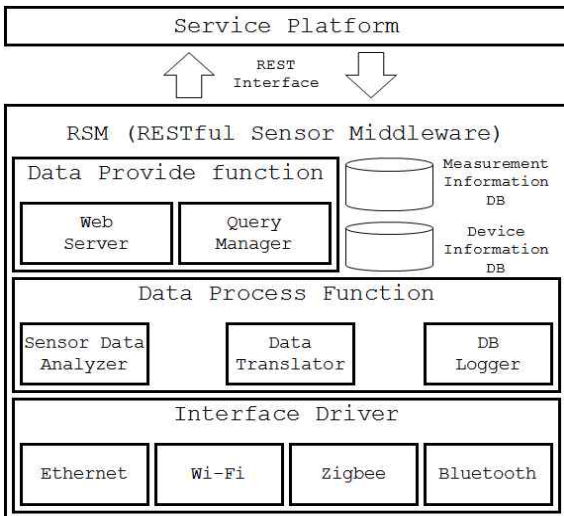


그림 3. RSM 기능 구조
Fig. 3. RSM functional architectures.

논문 [11]에서는 그림 3과 같이 RESTful 미들웨어를 제안하였다. RSM (RESTful sensor middleware)은 DIDB (device information database)를 이용하여 다양한 센서 연결을 관리하고, 해당 센서의 프로토콜을 동적으로 분석하는 것이 목표이다. RSM 운영 시 새로운 장치와 프로토콜이 생성 될 경우 DIDB에 센서 ID와 프로토콜을 모두 기입하여야 한다.

RSM은 컴퓨팅 성능을 요구하는 시스템에 적합하며, 잘 알려진 통신방식의 센서 이외의 DIY (do it yourself) 방식의 새로운 센서에 대해서는 interface driver를 신규로 추가해 주어야 하는 부담감이 존재한다.

2-2 센서 게이트웨이

센서 게이트웨이는 IoT 환경에서 facade 구조로 설계된 미들웨어 시스템으로 센서 관리, 실시간 데이터 처리, 응용서비스 연계 그리고 보안과 같은 중요한 역할을 담당한다 [12], [13]. 센서 게이트웨이가 구성되어야 할 기본적인 기능은 그림 4에 계층 구조로 도시한다.

센서 게이트웨이는 MCU (micro control unit), 통신 모듈로 구성 된 하드웨어, 하드웨어를 효율적으로 운영하기 위한 운영 체제, 센서 및 자원을 관리하기 위한 미들웨어와 센서로 부터 수집된 정보를 재해석하고 서버로 전송하기 위한 어플리케이션으로 구분된다. 센서 게이트웨이의 핵심인 미들웨어는 센서의 네트워크 및 노드를 관리하기 위한 센서관리 기능, 센서의 인증, 무결성 검증, 키관리를 담당하는 보안 기능 그리고 센서의 원격 제어, 센서 상태, 사용 통계, 정보처리, 결함진단, 스케줄링 등의 기능을 처리하기 위한 API (application programming interface)를 제공하는 디바이스 미들웨어 기능으로 구분한다.

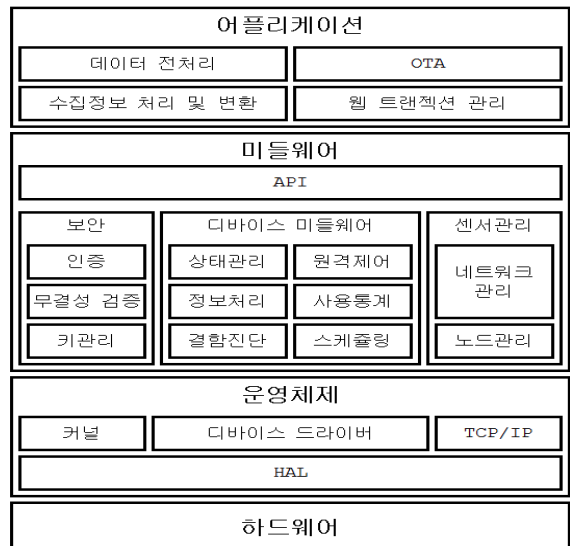


그림 4. 센서 게이트웨이 플랫폼 구조도
Fig. 4. Platform architecture of sensor gateway.

III. 시스템 설계 및 구현

3-1 시스템 설계

인터넷의 주요 프로토콜인 TCP (transmission control protocol)는 프로토콜의 특성상 멀티미디어 스트리밍에 적합하지 않다. 그러나 IoT 센서의 경우 다양한 형태의 프로토콜을 기반으로 운영되기 때문에 TCP 기반의 스트리밍을 고려하지 않을 수 없다. 제안하는 시스템은 TCP 프로토콜 기반의 대용량 데이터를 처리하도록 구성한다. 그림 5는 센서 게이트웨이를 구성하기 위한 계층도를 도시한다.

센서 게이트웨이는 네트워크 운영체제를 기반으로 동작하도록 구성한다. Packet processor 는 센서에서 수집된 데이터를 유효한 형태의 정보로 처리한다. Packet handler는 버퍼 관리 알고리즘으로 구현되어 센서에서 송신되는 대량의 정보를 처리한다. 미들웨어는 센서와의 통신 연결 설정과 관리 등의 기능을 구현한다.

3-2 시스템 구현

제안하는 시스템은 네트워크로 부터 분할 수신되는 정보를 효율적으로 수신하기 위하여 이중으로 구성된 수신 버퍼(recv buffer)와 처리 버퍼 (processing buffer)로 구성한다. 수신 버퍼는 센서에서 전송되는 분할 데이터를 병합하기 위한 자료구조이고 처리버퍼는 완성된 데이터를 packet processor 로 전송하기 위한 자료구조 이다. 그림 6은 패킷 수신 순서도를 도시한다.

1) Step 1

수신 버퍼 0에 분할 전송된 데이터를 수신하고 수신 버퍼 0

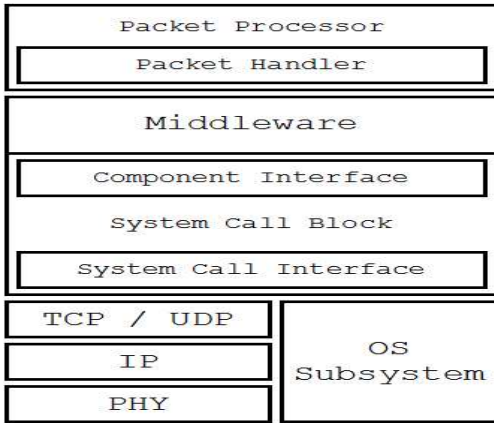


그림 5. 센서 게이트웨이 계층도
 Fig. 5. Layered architecture of sensor gateway.

의 포인터를 이동한다.

2) Step 2

수신 버퍼 0에 분할 전송된 데이터를 수신하고 수신 버퍼 0의 포인터를 이동한다.

3) Step 3

수신 완료된 데이터를 처리버퍼로 전송한다.

4) Step 4

수신 버퍼 1에 분할 전송된 데이터를 수신하고 수신 버퍼 1의 포인터를 이동한다.

5) Step 5

수신 완료된 데이터를 처리버퍼로 전송한 후 수신 버퍼 0의 포인터를 초기화 한다.

6) Step 6

수신 버퍼 0에 분할 전송된 데이터를 수신하고 수신 버퍼 0의 포인터를 이동한다.

7) Step 7

수신 완료된 데이터를 처리버퍼로 이동한 후, 수신버퍼 0, 1의 포인터를 초기화 한다.

IV. 성능 평가

4-1 실험 방법

제안하는 시스템을 평가하기 위하여 IP 카메라의 MJpeg (motion jpeg) 스트림을 이용한다. MJpeg은 HTTP 기반의 영상 전송 기법이다 [14]. 그림 2의 (B)와 같은 형태로, 먼저 영상에

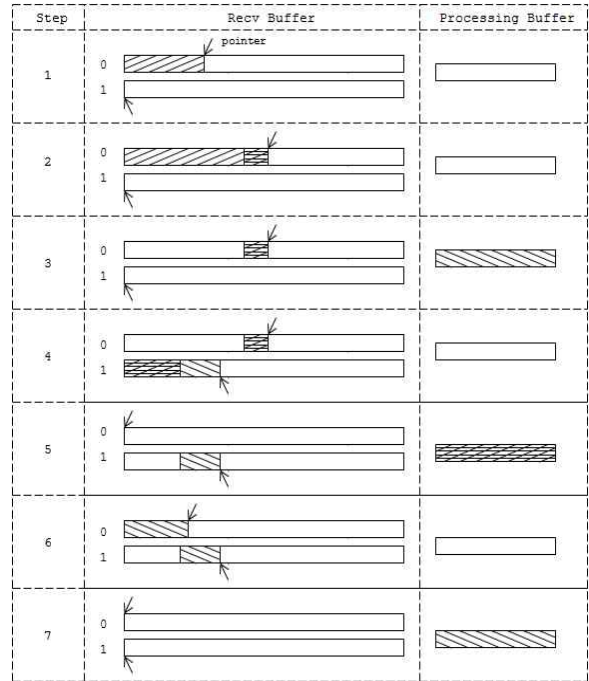


그림 6. 패킷 수신 순서도
 Fig. 6. Sequence diagram of packet receiving.

대한 URL를 요청하면 카메라에서는 Jpeg 이미지를 그림 7의 Data #1, #2, #3, #4, #5와 같은 형태의 스틸 컷으로 구성하여 송신을 시작한다. 송신되는 데이터는 ①~⑤와 같이 단편화된 패킷 형태로 전송된다. 결과적으로 MJpeg 스트림은 TCP를 기반으로 운영되는 IoT 환경에서 발생하는 빅 데이터의 스트림 형태와 유사하다. 또한 MJpeg 스트림 내에서 jpeg 이미지를 분리하기 위하여 별도의 jpeg 이미지를 분석하지 않고, MIME (multipurpose internet mail extension) 형태로 구성된 HTTP의 boundary를 이용할 수 있다.

실험에 사용된 카메라는 AXIS M5014카메라이며, 로컬 네트워크에 연결되어 센서게이트웨이로 데이터를 전송한다. 그림 8은 실험 환경을 도시한다.

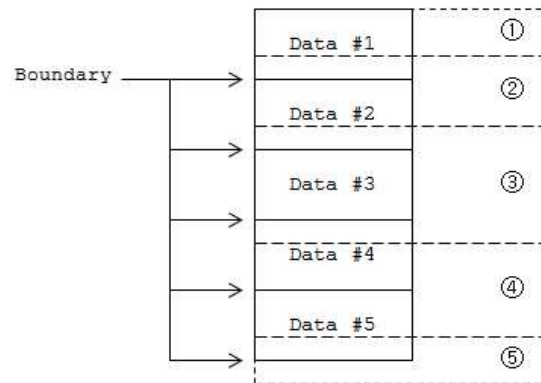


그림 7. 스트리밍에서의 데이터 단편화
 Fig. 7. Data fragmentation in the streaming.

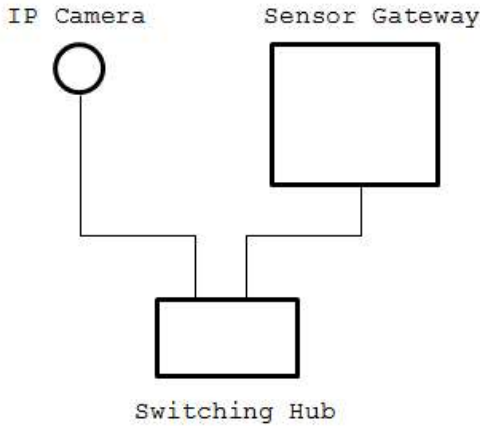


그림 8. 실험 환경
Fig. 8. Test environment.

표 1. 센서 게이트웨이 사양
Table 1. Specification of sensor gateway.

Unit	Specification
Processor	Intel Core i5 Quad
Main Memory	4GB
Network	100 Mbps
OS	Windows 7 pro

제안하는 시스템의 성능 분석을 위하여 오픈소스 미디어 플레이어인 VLC (video lan client)를 이용하였다. 수신되는 영상 정보의 bitrate 과 frame rate를 저장하도록 수정하였으며, Window 7 환경에서 테스트를 진행하였다. 표 1은 제안하는 시스템을 구성한 환경이다. 실험에 사용된 데이터의 크기는 640×480 VGA 크기의 jpeg 이미지로 서비스 지연시간 없이 약 1000 초(seconds) 동안 측정하였다.

4-2 성능 평가

그림 9는 수신되는 영상의 frame rate (fps)을 비교한 결과이다. 제안 시스템과 VLC 모두에서 초기 frame rate은 상당히 높았으나, 시간이 지남에 따라 일정한 속도로 출력되는 것을 확인할 수 있었다. 전체적으로 VLC의 경우 20 fps 내외로 동작하는 것을 확인할 수 있었으며, 제안 시스템의 경우 30 fps 로 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 10은 전송량의 차이를 비교한 결과이다. bitrate는 수신 시의 영상 처리 속도와 비례적인 관계에 있다. 제안 시스템은 전체 구간에 있어서 균일한 수신 속도를 보이고 있으며, VLC의 경우 최초 전송 속도에서 순간적으로 처리 속도가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 표 2는 성능 평가에 대한 통계적 평균 값을 나타낸다.



그림 9. Frame rate 비교
Fig. 9. Frame rate comparison.



그림 10. Bitrate 비교
Fig. 10. Bitrate comparison.

표 2. 비교 통계 결과
Table 2. Statistic result of comparison.

Item	Frame rate	Bitrate
VLC	18 fps	1564 bps
Sensor Gateway	30 fps	7935 bps

V. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 IoT 환경에서 실시간으로 발생하는 고속의 빅데이터를 처리하기 위한 센서 게이트웨이를 제안하였다.

지금까지 IoT 환경에서 물리적으로 구성된 센서의 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 방안을 연구해오고 있었다. 빅 데이터는 센서와 같은 일정한 형태의 정형 데이터와 인터넷에 퍼져 있는 멀티미디어와 같은 비정형 데이터로 구성된다. 향후에는 웹 로봇 등을 이용하여 비정형 데이터에 대한 정보를 수집할 수 있는 연구를 진행 할 계획이다.

참고 문헌

- [1] K. Ashton, "Internet of things," *RFID Journal*, Vol. 22, No. 7, pp.97-114, Jun, 2009.
- [2] H. J. La and S. D. Kim, "Unconventional issues and solutions in developing IoT applications," *Journal of the Korea Information Processing Society Transactions on Computer and Communication Systems*, Vol. 3, No. 10, pp.337-350, Mar. 2014.
- [3] ISO, ISO/IEC 9216, Information Technology – Software Quality Characteristics and Metrics, 1998.
- [4] H. J. La, C. W. Park and S. D. Kim, "A framework for effectively managing dynamism of IoT devices," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers: Software and Applications*, Vol. 41, No. 8, pp.545-556, Aug, 2014.
- [5] D. Choi and S. Y. Lee, "An adaptive network double buffer model for efficient memory resource usage," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol. 33, No. 11, pp.810-819, Dec, 2006.
- [6] M. K. Min, "A comparative study of the sensor network middleware technologies," *Journal of Institute of Industrial Technology, Seokyeong University*, Vol. 31, pp.67-77, Dec, 2013.
- [7] M. M. Molla and S. I. Ahamed, "A survey of middleware for sensor network and challenges," in *International Conference on Parallel Processing Workshop*, Columbus: OH, pp.223-228, 2006.
- [8] S. Clayman and A. Gails, "INOX; A managed service platform for inter-connected smart objects," in *Proceedings of the workshop on Internet of Things and Service Platforms*, Tokyo: Japan, Dec, 2011.
- [9] S. I. Ahamed, M. Zulkernine and S. Anamanamuri, "A dependable device discovery approach for pervasive computing middleware," in *Proceedings of the 1st International Conference on Availability, Reliability and Security*, Vienna: Austria, Apr, 2006.
- [10] S. M. Kim, J. Y. Lee, H. S. Choi and W. S. Rhee, "RESTful sensor middleware to support heterogeneous sensor," in *Proceedings of Korean Institute of Communications and Information Sciences Summer*, Jeju: Korea, pp.27-28, Jun, 2014.
- [11] S. Y. Joo, H. S. Lim, B. S. Park and D. S. Kang, "An advanced structure of a middleware system for decreasing complexity of an M2M network topology," in *Proceedings of Korea Institute of Information Technology Summer Conference*, Cheonan: Korea, pp.159-162, May 2014.
- [12] D. Boswarthick, O. Elloumi and O. Hersent, *M2M Communications, A Systems Approach*, Chichester, United Kingdom: John Willey & Sons Ltd., 2012.
- [13] F. C. Delicato, P. F. Piers and T. Batista, *Middleware Solutions For The Internet Of Things*, London, United Kingdom: Springer, 2013.
- [14] J. W. Jeong and M. J. Lee, "An energy control model of smart video devices for the internet of things," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 19, No. 1, pp:66-73, Feb, 2015.



신 승 혁 (Seung-Hyeok Shin)

2011년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

2014년 4월 ~ 현재 : 구미대학교 사이버보안과 교수

※ 관심분야 : 네트워크 프로토콜, 임베디드 시스템, 빅 데이터