

사물인터넷 환경에서 서비스 중심 자율-구성 네트워크 기법

윤주상*

Service Oriented Self-Construction Network Scheme in IoT Environments

Joosang Youn*

Department of Industrial ICT Engineering, Dong-Eui University, Pusan 47340, Korea

요 약

최근 서비스 지향 사물인터넷 네트워킹 기술에 관한 다양한 연구가 진행 중이다. 이는 사물인터넷 환경이 특정 통일 지역 내에 자신의 서비스를 제공하기 위한 다양한 서비스 디바이스들이 공존하기 때문이다. 따라서 이런 네트워크 환경은 네트워크 구성에 있어 효율적인 데이터 전달 서비스를 제공하지 못한다. 또한 이런 사물인터넷 네트워크 환경에서 효율적 서비스 제공 위해 스스로 서비스를 인지하고 서비스 별 네트워크 구성 기법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 다양한 서비스 디바이스로 구성된 사물인터넷 환경에서 서비스 중심 네트워크 구성이 가능한 서비스 중심 자율-구성 네트워크 (Service Oriented Self-Construction Network (SO-SCN)) 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 서비스 제공 시 필요한 네트워크 오버헤드의 최소화와 함께 네트워크 수명을 연장 할 수 있는 방법이다. 특히, 실험을 통해서 제안한 기법이 단대단 데이터 발생률과 단대단 지연 측면에서 제안하는 기법의 성능이 우수함을 증명하였다.

ABSTRACT

Recently, various researches have been studied to support service-oriented IoT networking. This is because the IoT environment coexists with various service devices for providing the service in a certain unified area. Thus, in this network environment, an effective data delivery service is not provided in a network configuration. Also, in order to provide efficient IoT services in this network environment, new scheme is necessary to recognize services by themselves and to construct network structures for each service. In this paper, we propose a service oriented self-constructive network (SO-SCN) scheme that can construct a service-oriented network in IoT environments composed of various service devices. The proposed scheme is a method that can minimize the network overhead required for service provisioning and extend the network lifetime. Through simulation, we show that the proposed service oriented self-constructive network scheme improves the performance, in terms of the number of packets generated for end-to end data transmission and the end-to-end delay.

키워드 : 사물인터넷, 라우팅, 자율구성네트워크, 서비스 기반 네트워크

Key word : IoT, Routing, Self-construction network, Service based network

Received 23 April 2018, Revised 26 April 2018, Accepted 7 May 2018

* Corresponding Author Joosang Youn(E-mail:jsyoun@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-1993)

Department of Industrial ICT Engineering, Dong-Eui University, Pusan 47340, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.6.922>

pISSN:2234-4772

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

최근 사물인터넷 환경은 다양한 서비스 개발로 인해 동일 지역 내에 다양한 서비스 디바이스로 구성된 네트워크가 형성되어 있다. 이런 환경에서 효율적인 서비스 제공을 인지하고 서비스 별로 별도의 네트워크를 구성하기 위한 기법 연구가 활발히 진행 중이다[1]. 하지만 현재 연구들은 이런 환경에서는 디바이스 별로 협업 없이 서비스 관점에서 수직적 방법으로 서비스가 제공되고 있다. 본 논문에서는 수직적 방법으로 제공되고 있는 사물인터넷 서비스를 네트워크 관점에서 서비스 별 네트워크를 구축하고 필요에 따라 다른 서비스 디바이스와 협업을 통해 좀 더 효율적인 서비스를 제공할 수 있는 서비스 중심의 자율-구성 네트워크 (SCN: Self-Construction Network) 방법을 제안한다. 제안한 방법은 서비스 별로 물리적 네트워크를 구성하는 새로운 네트워크 기법이다. 특히 게이트웨이를 중심으로 접속 네트워크를 구축하는 RPL(IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) 프로토콜[2]의 단점을 극복할 수 있는 애드혹 기반 사물인터넷 네트워킹 방법이다. 기존 RPL 프로토콜은 로컬 사물인터넷 네트워크 내에 단대단 데이터 전달 서비스 제공 시 루트를 통한 데이터 전달과 서비스 별로 네트워크를 구축하지 못하는 문제점을 가지고 있다[3-7]. 하지만 본 논문에서 제안하는 서비스 중심 자율-구성 네트워크 기법은 특정 서비스를 제공하는 디바이스들을 중심으로 별도의 최적화된 네트워크를 구성하며 필요 시 다른 서비스 디바이스의 도움을 받아 전체 서비스 네트워크를 구축하는 방법을 사용한다. 따라서 전송범위에 속한 인접한 노드 간 데이터 전달 시 다른 서비스 디바이스에 불필요한 데이터 전달 문제점을 해결할 수 있는 방법이다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존 연구 및 문제점을 정의하고 3장에서 서비스 중심 자율-구성 네트워크 구성 기법을 제안한다. 4장에서는 성능분석을 하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

IETF에서 사물인터넷 환경 구축을 위해 저전력 손실 네트워크 구축 기술을 개발 중이다. 특히 RPL 프로토콜

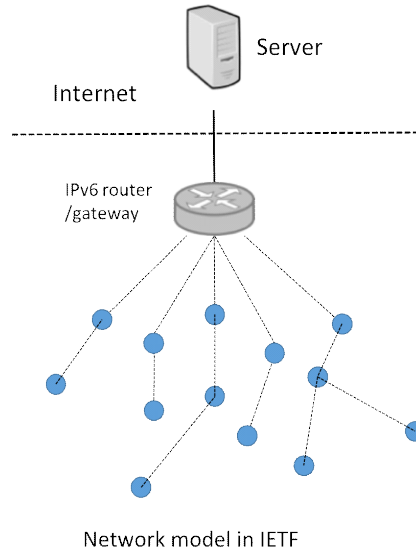


Fig. 1 RPL based local Infra network

은 사물인터넷 로컬 네트워크 구축 기술로 개발되었다. RPL 프로토콜은 별도 접속 네트워크의 인터넷 연결을 위해 게이트웨이(루트)를 지정하고 게이트웨이를 중심으로 트리 네트워크를 형성한다. 또한 포인트 대 포인트, 포인트 대 멀티포인트, 멀티포인트 대 멀티포인트 방식을 지원하여 게이트웨이 쪽으로 데이터를 전달하는 상향식 전달 서비스와 게이트웨이에서 노드에 데이터를 전달하는 하향식 전달 서비스를 위한 경로를 제공한다. 따라서 RPL을 통한 저전력 손실 네트워크 구축은 그림 1과 같은 접속 인프라 네트워크를 구축한다. RPL을 통해 형성된 접속 네트워크는 로컬 네트워크에 속한 노드 간 데이터 전달 시 게이트웨이를 통해 데이터 전달이 이루어진다. 따라서 전송범위에 속한 인접한 노드와 트리 구조로 링크가 형성되어 있지 않을 경우 게이트웨이를 통해서 데이터 전달이 이루어지기 때문에 불필요한 데이터 전달이 발생하는 문제점이 있다. 또한 다른 서비스를 제공하는 노드는 불필요한 데이터 전달에 참여하여 에너지를 낭비하고 서비스 제공시 발생하는 단대단 지연도 증가한다. 따라서 불필요한 데이터 전달은 저전력 손실 네트워크의 생명주기를 급격히 줄어든게 하는 현상을 발생시킨다. 추가적인 불필요한 데이터 발생은 네트워크를 구성하는 자원 제약적 노드의 성능 저하를 초래 할 수 있다[8]. 따라서 본 논문에서는 접속 네트워크의 사물인터넷 환경에서 특정 서비스를 제공하

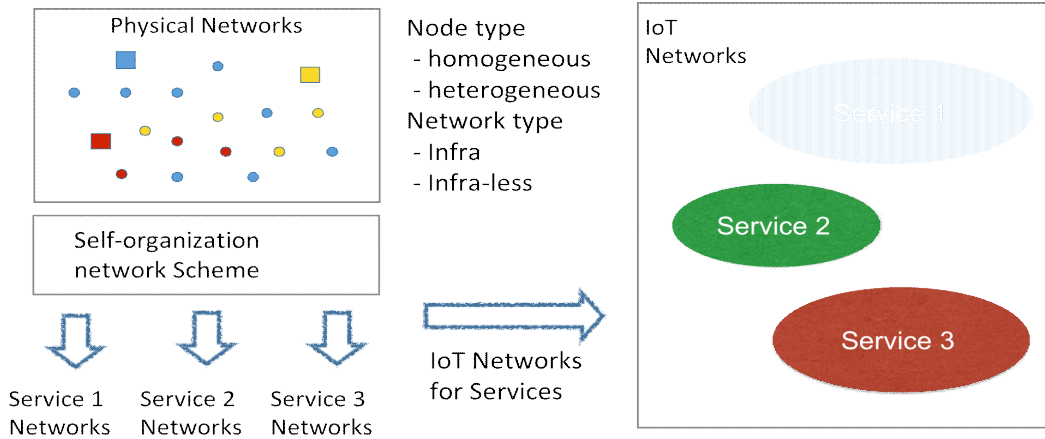


Fig. 2 Proposed SCN scheme

는 별도의 네트워크를 구성할 수 있는 서비스 중심 자율-구성 네트워크 기법을 제안한다. 여기서 제안하는 기법은 접속 네트워크 환경에서 네트워크 제어 및 관리를 위한 추가 코디네이터 기능 없이 자율적 기법으로 네트워크를 구성할 수 있는 기법이다.

한 후 다른 서비스 디바이스의 도움을 받아 전체 서비스 네트워크를 구축하는 방법을 사용한다. 그림 4는 두 번째 단계까지 수행한 이웃노드 탐색 과정 후 특정 서비스의 물리적 네트워크 구성 결과를 보여 주고 있다.

III. 서비스 중심 자율-구성 네트워크 구성 기법

3.1. Overview

본 논문에서 제안하는 서비스 중심 자율 구성 네트워크 방법은 다음과 같다. 그림 2는 제안하는 서비스 중심 자율 구성 네트워크의 개념을 도식화 한 그림이다. 그림 3에 도시된 것처럼 사물인터넷 환경은 물리적 네트워크 내에 여러 서비스가 존재하고 이를 위해 다양한 사물인터넷 디바이스들이 서비스별로 혼재되어 있다. 본 논문은 이런 네트워크 환경에서 서비스 중심으로 최적화된 별도의 네트워크를 구성할 수 있는 자율-구성 네트워크 방법을 제안한다. 제안하는 자율-구성 네트워크 (SCN: Self-Construction Network) 방법은 서비스 별로 물리적 네트워크를 구성한다. 이는 서비스 별로 최적화된 네트워크 구성이다. 제안된 자율-구성 네트워크는 기존 애드혹 네트워크 구성 방법과 유사하다. 따라서 네트워크 구성을 위해 이웃노드 탐색 과정을 거치나 서비스 타입 별로 이웃노드를 구분하여 네트워크를 구성한다. 또한 인접노드 중 같은 서비스를 제공하는 노드가 존재하지 않을 경우 노드 스스로 독립된 서비스 네트워크를 형성

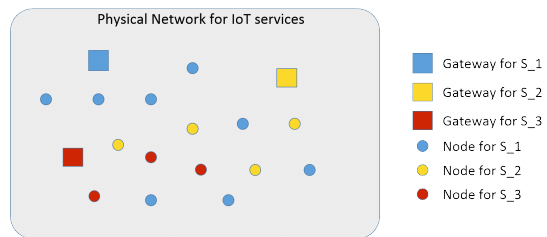


Fig. 3 Physical networks

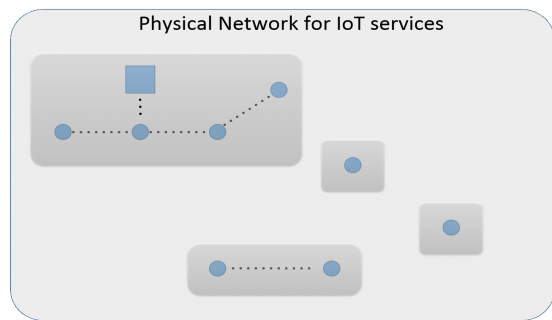


Fig. 4 Physical network for the IoT service

3.2. 네트워크 구성 기법

제안하는 자율-구성 네트워크 기법은 3 단계로 진행

된다. 첫 번째 단계는 물리적 네트워크에서 이웃노드를 찾는 이웃노드 탐색 과정이다. 두 번째 단계는 탐색된 이웃노드 중 같은 서비스를 제공하는 동질 서비스 노드 탐색 과정이다. 마지막으로 세 번째 단계는 이웃노드가 없는 경우 고립 네트워크를 구성하고 고립 네트워크 간 브릿지 역할을 수행할 브릿지 노드 탐색 과정을 수행한다. 첫 번째 단계인 이웃노드 탐색 과정은 기존 이웃노드 탐색 과정과 유사하다. 우선 각 노드는 이웃 노드를 찾기 위한 탐색 메시지를 주변 1-홉 노드에게 브로드캐스팅 한다. 이웃노드가 탐색 메시지 받으면 응답으로 탐색 응답 메시지를 전달한다. 탐색 응답 메시지를 전달 받은 노드는 자신의 이웃노드 테이블에 노드 정보를 기록하며 물리적 네트워크를 형성한다. 이를 통해 각 노드는 자신 주변에 있는 1-홉 노드를 중심으로 물리적 네트워크를 형성하고 두 번째 단계인 동질 서비스 노드 탐색 과정을 수행한다. 이 탐색 과정은 탐색 응답 메시지를 통해 전달 받은 노드의 서비스 값을 보고 노드를 식별한다. 따라서 두 번째 단계를 거치고 나면 각 노드는 자신 주변에 있는 물리적 네트워크와 서비스 네트워크를 형성하게 된다. 그림 4는 두 번째 단계를 거치고 형성된 특정 서비스 기반 물리적 네트워크 구성이다. 그림 4에 보면 고립된 네트워크 4개가 존재한다. 이는 각 노드에 전송범위 내에 같은 서비스 노드가 존재하지 않기 때문에 특성 서비스를 제공하는 물리적 네트워크가 4개의 고립된 네트워크를 형성하였다. 이런 고립된 네트워크를 하나의 네트워크로 형성하기 위해 세 번째 단계인 브릿지 노드를 탐색하는 과정을 수행한다. 본 연구에서 구성되는 네트워크는 게이트웨이를 중심으로 트리 구조를 형성한다. 따라서 모든 노드는 게이트웨이를 루트로 지정하고 트리 형태의 네트워크를 구성한다. 제안하는 기법에서는 네트워크 유형과 링크 유형을 다음과 같이 정의하고 있다. 우선, 네트워크 유형은 다음과 같다.

- 연결네트워크: 게이트웨이까지 경로가 존재하는 네트워크
 - 고립네트워크: 게이트웨이까지 경로가 존재하지 않는 네트워크
- 다음은 링크 유형이다.
- 인프라링크: 게이트웨이와 직접 연결에 사용되는 링크
 - 애드혹링크: 노드간 연결에 사용되는 링크

연결네트워크는 게이트웨이를 중심으로 연결된 동질의 서비스 노드들로 구성된 네트워크로 정의된다. 또한 연결네트워크 내에는 인프라링크가 하나 이상 존재하는 네트워크이다. 고립네트워크는 동질의 서비스 노드들로 네트워크를 형성했을 때 게이트웨이까지 경로가 존재하지 않는 네트워크로 정의된다. 또한 고립네트워크 내에는 인프라링크는 존재하지 않으며 애드혹링크만이 존재하는 네트워크이다. 본 논문에서 제안한 기법의 목적은 물리적 네트워크 내에 존재하는 동질의 서비스 노드를 하나의 네트워크로 구성하는 것이다. 따라서 고립네트워크간 연결을 위해 이질 서비스 노드의 도움을 받아 연결네트워크와 연결성을 보장 받아야 한다. 이를 위한 과정이 브릿지노드를 탐색하는 과정이다. 그림 5는 브릿지 노드를 탐색하는 과정을 보여주고 있다. 브릿지노드 탐색 기법은 고립네트워크에 속한 노드 중 엣지에 존재하는 노드에 한해서 수행된다. 우선, 고립네트워크는 독립된 서브네트워크와 같은 의미를 가진다. 따라서 자신이 속한 네트워크가 고립네트워크 인지 아닌지는 노드가 판단한다. 브릿지노드 탐색 기법은 고립네트워크에 속한 노드가 네트워크를 탐색하기 위해 “joining” 메시지를 이웃 노드에 브로드캐스팅 하며 이웃에 이질의 서비스 노드가 자신의 이웃노드에 메시지를 전달하면서 진행된다. 이때 “joining” 메시지를 받은 노드가 동질의 서비스 노드일 경우 응답 메시지를 유니캐스트 방식으로 전달 노드에게 전달하며 이 과정이 수행되면 두 개의 네트워크가 하나의 네트워크로 형성된다. 이는 이질의 서비스 노드를 통해 하나의 네트워크가 형성되는 것이며 각 네트워크에 연결 포인트 노드간 가상의 연결 경로를 제공하는 것이다. 모든 과정이 마무리 되면 그림 6과 같은 서비스 중심의 사물인터넷 네트워크

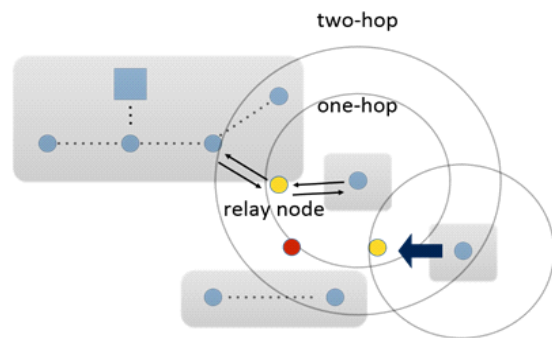


Fig. 5 The discovery of bridge node

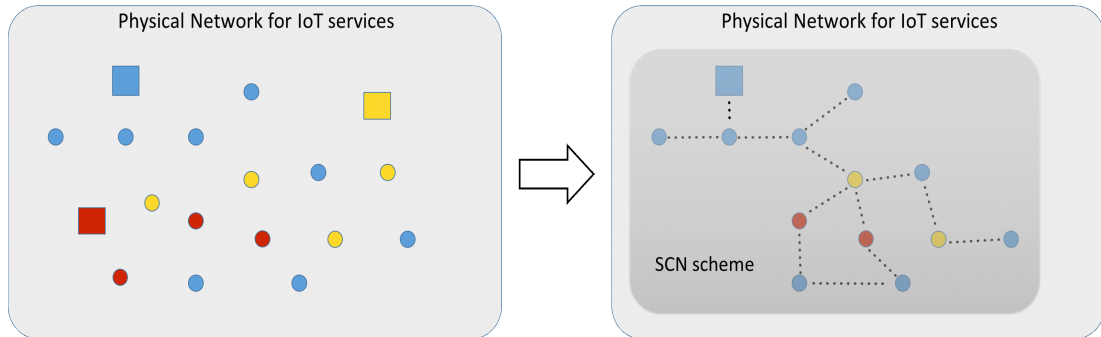


Fig. 6 Service network constructed through SCN scheme

크가 형성된다. 이에 반에 모든 노드들로 구성되는 RPL 기반 네트워크는 그림 1에 도시되어 있다.

IV. 성능 평가

제안한 기법의 성능을 검증하기 위해 NS-3 Simulator[9]를 이용하여 본 논문에서 제안한 자율-구성 네트워크 기법을 구현하였다. 본 실험에서 성능측정 파라미터는 평균 경로 길이(average path length), 경로 탐색 성공률(success rate), 단대단 지연(end-to-end delay) 등이며 RPL 프로토콜을 사용하여 전체 네트워크를 하나로 사용하는 네트워크의 성능과 비교 분석하였다. 실험 환경은 50m*50m square region에서 루트 역할을 수행하는 게이트웨이 3개와 40개의 노드를 랜덤하게 배치하였다. 네트워크 내에 2개의 서비스가 존재하며 각 서비스 별로 20개 노드를 지정하였다. 실험은 한 개의 특정 서비스 노드 중 데이터를 가진 서버 노드의 수를 20개로 구성하였다. 데이터를 송수신하는 클라이언트-서버 상을 10, 15, 20개로 설정하고 단대단 경로 선택 시 서버 선택을 클라이언트가 임의로 선택하도록 하였다. 모든 실험에서 클라이언트-서버가 선정되면 10회의 데이터를 발생시켰다. 혼잡 유발과 데이터 손실을 발생시키기 위해 랜덤하게 백그라운드 트래픽을 유발하였다. 데이터 전달 기술은 6LoWPAN을 사용하고 네트워크 설정은 제안된 기법인 자율-구성 네트워크 방법을 통해 구성하였으며 구성된 네트워크의 경로 선택은 RPL 프로토콜을 사용하였다.

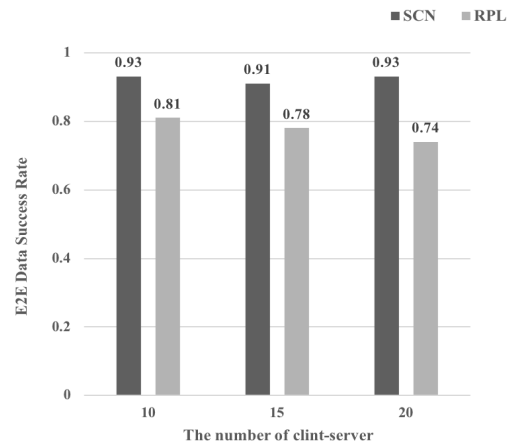


Fig. 7 Average end-to-end data transmission success rate

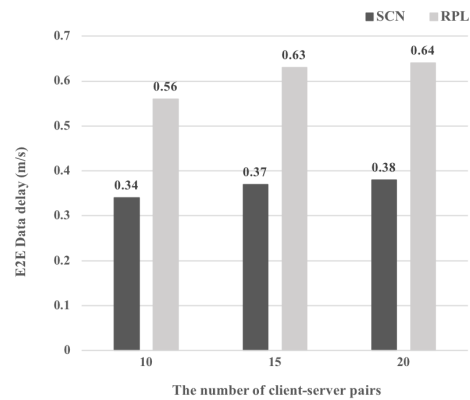


Fig. 8 Average end-to-end delay rate

그림 7은 경로 요청에 대한 데이터 전달 성공률(success rate)을 보여주고 있다. 제안하는 기법은 모든

상황에서 기본 RPL 방식에 비해 향상된 결과를 보여주고 있다. 성능 개선 이유는 루트를 중심으로 혼잡 발생 시 루트를 이용하는 기본 RPL 방식에 비해 제안한 SCN 기법은 서비스 중심 네트워크 내에서 애드혹 경로를 통해 데이터 전달이 이루어지기 때문에 루트를 중심으로 혼잡이 발생할 확률이 낮다. 따라서 네트워크 혼잡 상황 발생 시 손실이 낮은 결과를 얻었다. 그림 8은 요청된 경우에 대한 평균 단대단 데이터 지연을 보여주고 있다. 이번 실험에서도 제안하는 기법이 모든 상황에서 물리적 네트워크 내에서 RPL 방식을 사용하는 경우에 비해 향상된 결과를 보여주고 있다. 성능 개선 이유는 네트워크 내에 노드들간 경로 선택 시 경로 길이가 작은 애드혹 기반 경로를 선택한다. 특히 기본 RPL을 이용한 성능평가에서는 클라이언트-서버 상이 많을수록 단대단 데이터 전달 지연이 증가하는 결과를 보여주고 있다.

마지막 실험 결과로 클라이언트-서버의 단대단 평균 경로 길이를 측정하였다. 그림 9는 평균 단대단 경로 길이를 도시하고 있다. 제안하는 기법은 네트워크 경로 선택 시 더 많은 노드를 통해 데이터를 전달하며 전달 홉 길이가 기본 RPL 프로토콜에 비해 작게 평가되었으며 이는 경로 구성에 참여하는 노드의 수가 적기 때문이다. 또한 이 결과는 그림 8, 9에 도시된 성능 평가 결과에 대한 근거이다.

지금까지의 실험 결과를 통해 제안하는 기법이 물리적 네트워크 내에 모든 노드들로 구성된 RPL 네트워크에서의 데이터 전달 보다 효율적인 데이터 전달 서비스를 제공하는 것으로 확인하였으며 이는 서비스 네트워크

크 구성 시 불필요한 노드의 참여를 최소화 시켰기 때문이다.

V. 결론

본 논문에서는 다양한 서비스가 존재되어 있는 사물인터넷 환경에서 효율적 서비스 제공을 위한 서비스 중심 자율-구성 네트워크 방법을 제안하였다. 서비스 중심 자율-구성 네트워크는 물리적 네트워크 내에 여러 서비스가 존재하고 이를 위해 다양한 사물인터넷 디바이스들로 구성된 물리적 네트워크에서 특정 서비스를 제공하는 디바이스들을 중심으로 별도의 최적화된 네트워크를 구성하는 방법이다. 제안된 기법은 네트워크 구성 시 3 단계의 이웃 노드 탐색 과정을 거친다. 우선 이웃 노드 탐색 과정을 거치고 탐색된 이웃 노드 중 동질의 서비스 타입 디바이스를 식별하여 별도 네트워크를 구축한다. 또한 인접노드 중 같은 서비스를 제공하는 노드가 존재하지 않을 경우 노드 스스로 독립된 서비스 네트워크를 형성한 후 다른 서비스 디바이스의 도움을 받아 전체 서비스 네트워크를 구축하는 방법을 사용한다. 따라서 전송범위에 속한 인접한 노드 간 데이터 전달 시 다른 서비스 디바이스에 불필요한 데이터 전달 문제점을 해결할 수 있는 방법이다. 이는 디바이스 수명 뿐만 아니라 네트워크 전체의 수명을 연장 할 수 있는 기술이다. 제안된 기법은 다양한 성능 실험을 통해 혼잡 상황에서 데이터 전달 성공률 및 단대단 지연이 우수함을 증명하였다. 추후 연구로는 서비스 기반 데이터 전달 서비스를 제공할 수 있는 주소 체계 및 서비스 경로 설정을 위한 라우팅 기법을 제안할 예정이다.

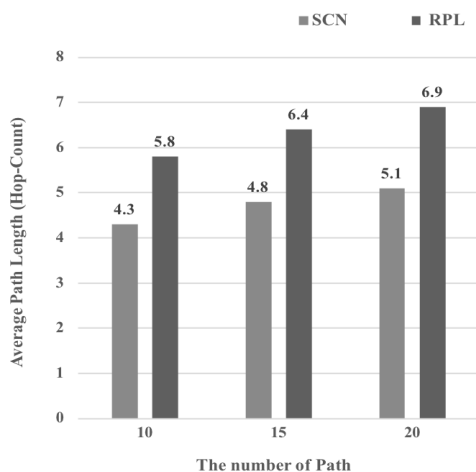


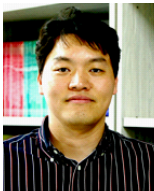
Fig. 9 Average path length(hop-count) of E2E path

ACKNOWLEDGEMENT

This research was partly supported by KATS/KEIT (No. 10053677) and by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2017R1D1A1B03034689).

References

- [1] J. Youn, Y-H. Choi, Y-G. Hong, "The overview of IETF technology standard for IoT," *INFORMATION AND COMMUNICATIONS MAGAZINE (Information and Communication)*, vol. 31, no. 9, pp. 32-39, Sep. 2014.
- [2] IETF RFC 6550, *RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks*, IETF, Winter, T., Ed., Thubert, P., Ed., Brandt, A., Hui, J., Kelsey, R., Levis, P., Pister, K., Struik, R., Vasseur, JP., and R. Alexander, Mar. 2012.
- [3] J. Youn, "Zone based Ad Hoc Network Construction Scheme for Local IoT Networks," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, vol. 22 no. 12, pp. 95-100, December 2017.
- [4] S. H. Ye and S. H. Han, "Indoor Environment Monitoring System Using Short-range Wireless Communication in Mobile Devices," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.17, no.9, pp. 2167-2173, Sep. 2013.
- [5] S. H. Ye and S. H. Han, "Comparison of Efficiency Analysis of Device Energy Used in Object Communication," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.21, no. 6, pp. 1106-1112, Jun. 2017.
- [6] N. Sharoon, "Dynamic Path construction in Multi-Hop Wireless Networks," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol.2, no.2, pp. 19-25, June 2016.
- [7] M. Bansal, L. Shricastava, "Performance Analysis of Wireless Mobile Adhoc Network with Different Types of Antennas," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol.3, no.1, pp. 33-44, March 2017.
- [8] J. Youn, "Self-organization Networking Scheme for Constructing Infrastructure-less based IoT Network," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.22, no.1, pp. 197-201, Jan. 2018.
- [9] NS-3 Consortium, NS3 Project [Internet]. Available: <https://www.nsnam.org/>.



윤주상(Joosang Youn)

2001년 고려대학교 전기전자전파공학부 (학사)
2003년 고려대학교 전자공학과 (석사)
2008년 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (박사)
2008년 ~ 현재 동의대학교 산업ICT기술공학 부교수
※관심분야 : 사물인터넷, 무선인터넷, 5G