

# Zone based Ad Hoc Network Construction Scheme for Local IoT Networks

Joosang Youn\*

## Abstract

In this paper, we propose a zone based ad hoc network construction scheme which support ad hoc path between nodes in local IoT networks consisting of IoT devices with the constrained feature, such as low power, the limited transmission rate and low computing capacity. Recently, the various routing protocols have been studied to support ad hoc networking of local IoT environments. This is, because basis RPL protocol is deigned to be used for the connecting service with Internet through gateway, ad hoc path between nodes in local IoT networks is not supported in basis RPL protocol. Thus, in this paper, the proposed routing scheme provides both ad hoc path and Infra path through gateway, supporting basis RPL protocol simultaneously. Through simulation, we show that the proposed routing scheme with zone based path selection scheme improves the performance of the success rate of end-to-end data transmission and the end-to-end delay, compared to basis RPL protocol.

▶ Keyword: IoT, RPL, Ad-Hoc network, Routing protocol

## I. Introduction

지금까지 인터넷 환경에서 인간은 정보 및 데이터 생산의 주체이며 동시에 소비자로서 역할을 해왔다. 또한 인터넷은 생산된 정보를 공유하는 목적에서 관련 기술들이 최적화 되어 있다. 하지만 최근 인터넷은 인간이 생산한 정보의 공유뿐만 아니라 사물이 생산한 정보를 인터넷에 연결함으로써 다양한 융합 서비스를 창출하는 수 있는 환경으로 진화하고 있으며 이를 사물인터넷(IoT)이라 정의한다 [1]. 이와 관련해서 최근 여러 인터넷 표준기술 개발 단체인 IETF에서는 저전력 손실 네트워크(LLN: Low-Power and Lossy Network) 기반 로컬 네트워크 기술 개발을 활발히 진행 중이다[2]. 특히, 저전력 손실 네트워크 기술은 사물인터넷을 위한 네트워크 구축에 있어 핵심 기술로 활용 중이다.

IETF 표준 단체에서는 제약적 노드(Constrained Node)[3]로 구성된 저전력 손실 네트워크를 사물인터넷 접속 네트워크 환경으로 인식하고 저전력 손실 네트워크 내에서 사용될 사물인터넷 표준 기술을 중점적으로 다루고 있다 [4,5,6,7]. 이는 IETF 표준 단체가

사물인터넷 환경 구축에 필요한 기술을 코어 네트워킹 기술보다 접속 네트워킹 기술에 초점을 맞추고 있음을 의미한다.

본 논문에서는 IoT 네트워크를 구축하는 접속 네트워킹인 로컬 인프라 IoT 네트워크에서 게이트웨이를 중심으로 경로가 설정되는 RPL 프로토콜[8]의 단점을 극복할 수 있는 애드혹 기반 경로 선택 기법을 제안한다. RPL 프로토콜은 로컬 네트워크 내에 단대단 데이터 전달 서비스 제공시 루트를 통해 데이터가 전달되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 전송범위에 속한 인접한 노드와 트리 구조로 링크가 형성되어 있지 않을 경우 불필요한 데이터 전달이 이루어진다. 따라서 본 논문에서는 애드혹 IoT 서비스를 제공할 수 있는 애드혹 경로 설정이 가능한 영역 기반 애드혹 네트워킹 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존 연구 및 문제점을 정의하고 3장에서 영역 기반 애드혹 네트워크 구성 기법을 제안한다. 4 장에서는 성능분석을 하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

• First Author: Joosang Youn, Corresponding Author: Joosang Youn

\*Joosang Youn (jsyou@deu.ac.kr), Dept. of Industrial ICT Engineering, Dong-Eui University

• Received: 2017. 10. 21, Revised: 2017. 11. 23, Accepted: 2017. 12. 11.

• This work was partly supported by the ICT R&D program of MSIT/IITP (No. R0127-15-1020) and by Dong-eui University Grant.(No. 201702790001)

## II. Preliminaries

### 2.1. Related work

IETF에서 로컬 인프라(Infra) IoT 환경으로 고려되고 있는 저전력 손실 네트워크 구축은 RPL 프로토콜을 통해 이루어진다. RPL은 IETF의 ROLL 워킹 그룹에서 저전력 손실 네트워크 환경에 적합한 라우팅 프로토콜로 개발되었다. 특히, 이 프로토콜은 IEEE 802.15.4와 같은 저전력 통신 기술을 사용하는 네트워크 환경에 적합한 프로토콜이며 다양한 응용 요구사항을 수용할 수 있는 다양한 파라미터를 가지고 있다. RPL 프로토콜은 로컬 네트워크의 인터넷 연결을 위해 게이트웨이(루트)를 지정하고 게이트웨이를 중심으로 트리 기반 네트워크를 형성한다. 또한 point-to-point, point-to-multipoint, multipoint-to-point 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 로컬 인프라 네트워크를 형성하게 된다.

최근 IoT 네트워크의 라우팅 관련 연구는 RPL을 활용한 다양한 연구가 진행되었다. 특히, IPv6 기반 홈 네트워크와 같은 독립이 가능한 소규모 로컬 IoT 네트워크 환경에 최적화된 RPL 기법이 제안되었다. 최근 로컬 IoT 환경은 게이트웨이를 중심으로 네트워크를 구성 내에 하나의 노드가 다수의 센서/액츄에이터를 장착하여 클라이언트와 서버 역할을 동시에 수행한다. 따라서 로컬 IoT 네트워크 내에서 애드혹 IoT 네트워크를 형성에 관한 요구사항이 발생하고 있다 [9]. 또한 드론, 스마트공장 등에 부착한 센서노드들이 각각 IoT 네트워크를 구성할 경우 신뢰적 데이터 전송 및 낮은 단대단 지연이 요구를 요구하고 있다. 이는 기존 루트 중심의 RPL 프로토콜은 루트 노드 주변에서 데이터 패킷이 집중되는 현상이 발생할 수 있기 때문에 이런 문제를 극복하는 새로운 라우팅 프로토콜에 한 연구가 진행되고 있다 [10].

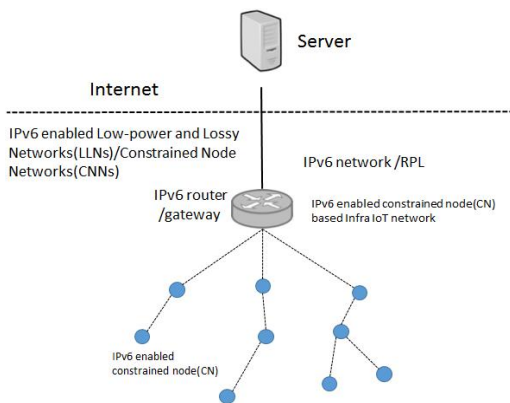


Fig. 1. RPL based local Infra network

### 2.2. Problem statement

RPL을 통해 형성된 로컬 인프라 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. 따라서 불필요한 데이터 전달은 저전력 손실 네트워크의 생명주기를 급격히 줄어들게 하는 현상을 발생시킨다. 더불어 불필요한 데이터 발생은 네트워크를 구성하는 자원 제약적 노드 (Constrained Node:CN)의 성능 저하를 초래 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 로컬 인프라 IoT 환경에서 비인프라 (Infrastructure-less) 서비스인 애드혹 IoT 서비스를 제공할 수 있는 애드혹 경로 설정이 가능한 네트워크 기법을 제안한다. 여기서 제안하는 기법은 로컬 인프라 IoT 환경에서 로컬 네트워크를 제어 및 관리하는 코디네이터의 도움 없이 로컬 IoT 네트워크에 속한 노드들 스스로 로컬 애드혹 네트워크를 구성하고 이후 경로 선택 시 코디네이터의 도움을 받아 경로 선택 서비스를 제공한다. 이는 기존 루트 중심의 RPL 프로토콜의 루트 노드 주변에 데이터 패킷이 집중되는 현상 문제를 극복할 수 있으며 또한 단대단 지연을 낮게 제공할 수 있다. 또한 로컬 IoT 네트워크 내 자율 네트워크가 가능한 라우팅 기법으로 활용이 가능하다.

## III. The Proposed Scheme

### 3.1. Overview and network model

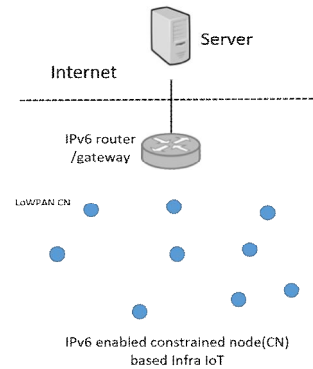


Fig. 2. Network model

본 논문에서 가정하는 로컬 애드혹 IoT 네트워크 모델은 그림 2와 같다. 우선, 가정하는 네트워크 모델은 자원 제약적 노드로 구성된 Constrained Node Network(CNN)[4]을 가정한 다. CNN은 IETF 기구에서 정의한 저전력 손실 네트워크이다. 네트워크 내 모든 노드들은 동일한 접속 기술을 가지고 있다. 따라서 데이터 전송범위에 포함된 모든 노드들은 애드혹 링크를 형성할 수 있다. 가정된 CNN은 그림 1에 도시된 IETF 관점에서의 로컬 인프라 IoT 환경으로 구성된 네트워크 모델이며 애드혹 IoT 네트워크로 사용할 수 있는 기본 네트워크 모델이 된다. 기본 네트워크 토폴로지 형성은 RPL을 통해 형성된다. 로컬에 위치한 모두 노드가 네트워크에 참여하며 point-to-

point 형태로 IPv6 라우터를 중심으로 DAG를 구성한다. 구성된 기본 네트워크는 그림 1과 같은 인프라 링크를 형성한다.

### 3.2. Ad-hoc network construction scheme

본 논문에서는 그림 1에 도시된 네트워크 토폴로지를 기반으로 애드혹 네트워크 토폴로지를 구성하며 구성된 네트워크에서 최적의 경로를 선택하는 네트워킹 기법을 제안한다. 제안된 방법은 우선, 게이트웨이를 중심으로 RPL 기반 네트워크 토폴로지를 형성하고 형성된 토폴로지 내에 RPL 링크를 최대한 활용하며 애드혹 IoT 네트워크 구성 시 필요한 추가 링크의 수를 최소화 시키는 네트워크 구성 절차를 가진다. 따라서 제안된 네트워크 구성 방법은 로컬 IoT 네트워크에서 게이트웨이 기반 인프라 서비스와 로컬 네트워크 내 애드혹 IoT 서비스를 동시에 제공할 수 있는 네트워크 구성이다.

네트워크 구성 절차는 크게 두 단계로 구분된다. 첫 번째 단계는 기존 RPL 프로토콜을 통해 로컬 네트워크 코디네이터 역할을 수행하는 게이트웨이를 RPL 루트로 선정하고 네트워크 내 트리 구조의 토폴로지 형성을 위해 DAG를 수행한다. 이 과정이 완료되면 로컬 인프라 네트워크가 형성된다. 이후 로컬 애드혹 네트워크 형성을 위해 본 논문에서는 로컬 인프라 네트워크를 활용하는 영역 기반 애드혹 네트워크 형성 방법을 제안한다. 제안하는 기법의 개념도는 그림 3에 도시하고 있다.

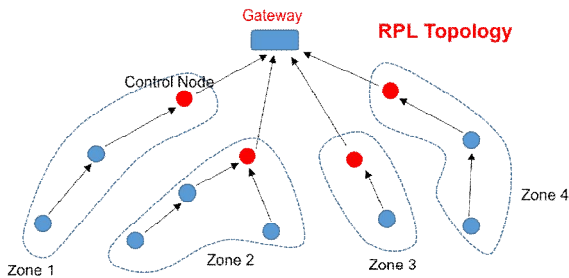


Fig. 3. The overview of ZANC scheme

본 논문에서는 제안하는 기법을 영역 기반 애드혹 네트워크 구성(Zone-based Ad-hoc Network Construction:ZANC) 기

법이라 칭한다. 제안하는 ZANC 기법에는 우선, 영역 설정이 이루어진다. 영역 설정은 루트를 중심으로 형성된 트리에 가치를 각각 하나의 영역으로 설정한다. 그림 3에 보면 게이트웨이를 RPL 루트(RPL 레벨=0)로 설정하고 이를 중심으로 트리가 형성된다. 형성된 트리의 가치를 별도의 영역으로 설정한다. 추가적으로 형성된 영역에서 루트에 연결된 1-홉 노드는 RPL 레벨 값이 1이며 이 노드를 ZANC 기법에서는 영역 내 경로 설정 및 제어 역할을 수행하는 제어 노드로 선발한다. 선정된 제어 노드는 트리의 줄기인 영역을 대표하는 노드 역할을 수행하며 동시에 자신에 하위에 연결된 노드에게 영역을 구분하는 식별 값을 전달하는 역할을 수행한다. 따라서 그림 3의 네트워크를 ZANC 기반의 영역으로 구분하면 그림 4처럼 구성된다.

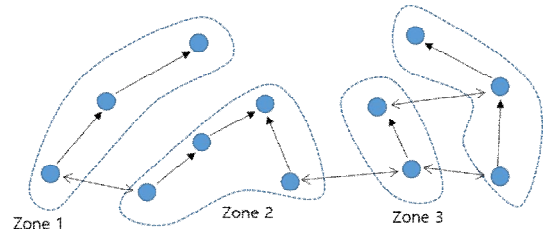


Fig. 4. Zone configuration scheme in ZANC

그림 4처럼 영역 기반의 애드혹 기반 IoT 네트워크에는 4개의 영역이 형성되며 영역 사이에 경로 설정을 위해 영역 간 링크를 형성하는 과정이 필요하다. 이때 생성되는 영역 간 링크는 노드의 비콘 메시지를 통해 수집된 정보를 활용하여 영역이 다른 이웃노드에 대한 존재 유무를 결정한다. 노드 간 영역 링크 형성 과정은 그림 5에 도시되어 있으며 자세한 과정은 다음과 같다.

1. 자신의 영역 정보가 포함된 비콘 메시지를 이웃노드에 전송
2. 전송 받은 비콘 메시지를 통해 자신 주변에 다른 영역에 속한 노드의 존재 유무를 파악하고 존재할 경우 제어 노드에게 관련 정보를 전달
3. 제어노드는 자신의 영역에 속한 노드 중에서 다른 영역에 링크를 형성할 수 있는 노드의 정보를 수집하고 RPL 레벨이 가장 작은 노드를 선택하여 영역 링크를 형성하도록 지시

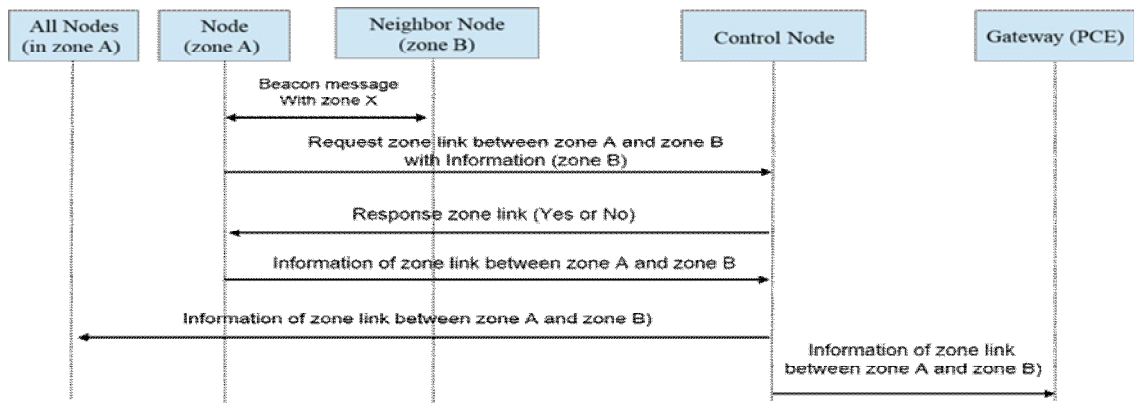


Fig. 5. ZANC scheme for zone link

- 4. 영역 링크가 형성되면 노드는 제어 노드에 링크 생성 정보를 전달
- 7. 제어노드는 자신이 관리하는 영역에 모든 노드에게 영역 링크에 대한 정보를 전달
- 8. 영역 링크 정보를 전달 받은 노드들은 그 노드에 대한 정보를 관련 영역으로 데이터 전달 시 사용되는 영역 게이트웨이로 설정

영역 간 게이트웨이를 RPL 레벨이 작은 노드로 선택한 이유는 레벨이 작은 노드가 루트를 통해 전달될 경우 데이터 전달에 가장 오버헤드가 크기 때문이다.

### 3.3. Path selection scheme

로컬 IoT 네트워크 내에서 경로 탐색 및 경로 설정 방법은 다음과 같다. 네트워크 형성 과정이 완료되면 노드 간 경로는 인프라 기반 경로와 애드혹 기반 경로 등 다양한 멀티 경로가 존재할 수 있다. 따라서 경로 탐색 및 설정은 경로 비용이 가장 작은 경로를 선택해야 한다. 본 논문에서는 게이트웨이에 경로 선택 결정을 수행하는 PCE 기능을 부여한다. 게이트웨이는 RPL 루트 기능을 수행하도록 정의되어 있기 때문에 네트워크에 존재하는 모든 노드의 정보를 수집하고 관리한다. 또한 정보 수집 시 RPL 토폴로지 내 트리에 대한 정보를 알고 있기 때문에 네트워크 내 영역 정보 및 노드에 설정된 IP 주소를 알고 있다고 가정한다. 따라서 PCE 기능을 게이트웨이에 부여할 수 있다. 소스 노드가 목적지 노드까지의 경로를 탐색하는 과정은 그림 6에 도시되어 있으며 다음과 같다.

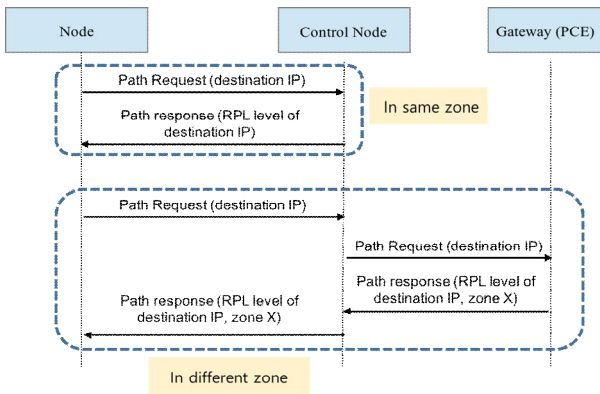


Fig. 6. Path discovery in ZANC scheme

1. 목적지 노드의 IP를 가지고 자신의 제어 노드에게 경로 탐색 요청 메시지를 전송함
2. 경로 탐색 요청 메시지를 받은 제어 노드는 자신이 관리하는 영역 내에 목적지 노드의 존재 유무를 판단하며 만약 존재할 경우 목적지 노드의 RPL 레벨값을 전달
3. 만약 자신이 관리하는 영역 내에 목적지 노드가 존재하지 않을 경우 PCE 기능을 수행하는 게이트웨이에 경로 탐색 요청 메시지를 전달
4. PCE는 경로 요청 메시지에 대한 응답으로 영역 정보와 RPL 레벨값을 제어 노드를 통해 소스 노드에 전달

각 노드는 제어 메시지를 통해 전달 받은 정보를 통해 인프라 네트워크 기반의 경로와 애드혹 네트워크 기반 경로 중 비용이 작은 경로를 선택한다. 이때 사용되는 경로 비용 파라미터는 경로의 홉 수이다.

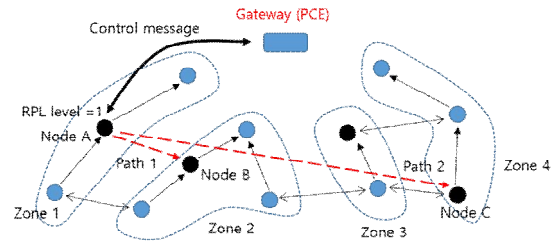


Fig. 7. The example for the calculation of path cost

우선, 그림 7에 도시된 그림을 통해 설명하면 노드 A와 노드 B간 경로는 게이트웨이를 통해 전달되는 경로와 영역 링크를 통해 전달되는 두 개의 경로가 존재한다. 각 경로의 비용 계산 방법은 다음과 같다. 경로 1의 게이트웨이를 경유하는 경로의 경우 홉 수 계산은 노드 A, B의 RPL 레벨이 1이며 게이트웨이의 RPL 레벨이 0이기 때문에 경로의 홉 수는 4로 계산된다. 영역 링크를 사용하는 애드혹 경로의 경우 노드 A의 RPL 레벨이 1이며 영역 게이트웨이의 RPL 레벨이 2이기 때문에 영역 게이트웨이까지 1홉으로 계산되며 노드 B의 경우 또한 RPL 레벨이 1이며 영역 게이트웨이의 RPL 레벨이 2이기 때문에 영역 게이트웨이까지 1홉으로 계산된다. 따라서 노드 A는 영역 링크를 포함하여 애드혹 경로의 홉 수를 3으로 계산한다. 따라서 노드 A는 두 경로 중 비용이 작은 값으로 계산된 영역 링크를 사용하는 경로를 선택하여 경로를 설정하고 데이터 전달을 수행한다.

경로 2에 경우를 살펴보면 다음과 같다. 게이트웨이를 통과하는 경로는 노드 A의 RPL 레벨이 1이며 게이트웨이의 RPL 레벨이 0이기 때문에 노드 A에서 게이트웨이까지 홉 수는 2이고 노드 B의 RPL 레벨이 2이기 때문에 게이트웨이와 노드 B까지 경로의 홉 수는 3이다. 따라서 경로의 총길이는 5이다. 애드혹 경로의 경우는 총 경로의 홉 수가 7이다. 따라서 이 경우 멀티 영역을 경유하는 경로가 게이트웨이를 통해 전달되는 비용보다 크다. 따라서 게이트웨이를 통해 전달되는 경로를 선택하고 설정한 후 데이터 전달을 수행한다.

## IV. Performance Evaluation

제안한 기법의 성능을 검증하기 위해 NS-3 Simulator[9]를 이용하여 제안한 프로토콜을 구현하였다. 본 실험에서 성능측정 파라미터는 평균 경로 길이(average path length), 경로 탐색 성공률(success rate), 단대단 지연(end-to-end delay) 등이며 기본 RPL 프로토콜을 사용하는 네트워크 성능과 비교 분석하였다.

실험 환경은 100m\*100m square region에서 루트 역할을 수행하는 게이트웨이 1개와 80개의 노드를 랜덤하게 배치하고 80개의 노드 중 데이터를 가진 서버 노드의 수를 30개로 구성하였다. 데이터를 수신하는 클라이언트 노드는 10, 20, 30개로 설정하고 단대단 경로 선택 시 서버 선택을 클라이언트 10개의 경우는 30개 서버 중 10개 서버를 랜덤하게 선택하고, 20개의 경우는 서버 20개, 30개의 경우는 30개 서버를 선택하도록 하였다. 모든 실험에서 클라이언트-서버가 선정되면 10회의 데이터를 발생시켰다. 혼잡손실을 발생시키기 위해 랜덤하게 백그라운드 트래픽을 유발하였다. 데이터 전달 기술은 6LoWPAN을 사용하고 인프라 네트워크에서 경로 설정은 기본 RPL 프로토콜 통해 경로를 DODAG로 구성하였고 애드혹 네트워크 경로 설정은 제안된 기법인 ZANC를 통해 구성하였다.

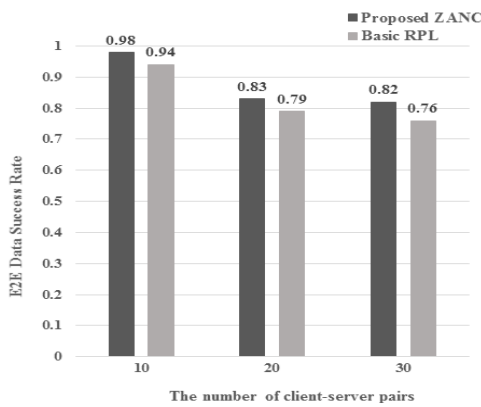


Fig. 8. Average end-to-end data transmission success rate in congestion environment

그림 8은 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 ZANC 기법은 애드혹 경로를 이용하는 경우가 발생하기 때문에 혼잡이 발생한 루트를 통하는 경로를 선택할 확률이 낮다. 따라서 네트워크 혼잡 상황 발생 시 손실이 낮은 결과를 얻었다.

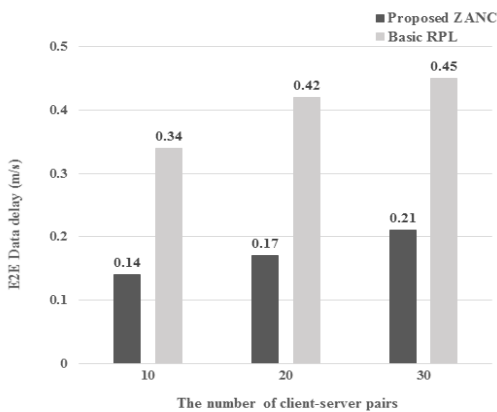


Fig. 9. Average end-to-end delay rate in congestion environment

그림 9는 경로 요청에 대한 평균 데이터 전달 지연을 보여주고 있다. 이번 실험에서도 제안하는 기법은 모든 상황에서 기존 RPL 방식에 비해 향상된 결과를 보여주고 있다. 성능 개선 이유는 경로 선택 시 경로 길이가 작은 애드혹 경로를 선택하는 확률이 높고 루트를 중심으로 혼잡 발생 시 혼잡 상황 경로를 선택하지 않기 때문이다. 특히 기본 RPL을 이용한 성능평가에서는 클라이언트-서버 상이 많을수록 단대단 데이터 전달 지연이 증가하는 결과를 보여주고 있다.

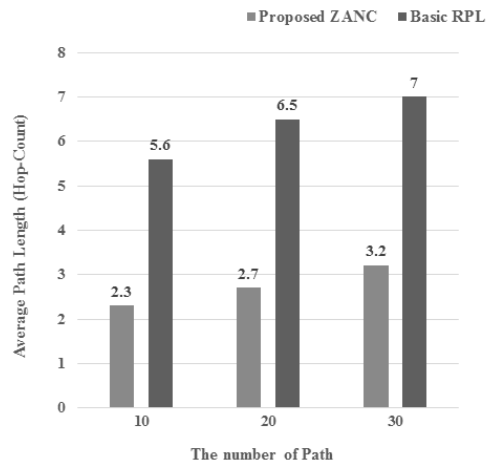


Fig. 10. Average path length(hop-count) of end-to-end path

다음 실험은 각 실험에서 클라이언트-서버의 선택 경로 평균 길이를 측정하였다. 그림 10은 평균 단대단 데이터 경로 길이를 도시하고 있다. 제안하는 기법은 애드혹 경로를 선택하는 경로가 존재하기 때문에 데이터 전달 홉 길이가 기본 RPL 프로토콜에 비해 작게 평가되었으며 이는 경로 선택 시 애드혹 경로를 많이 선택한 결과이다. 또한 이 결과는 그림 8, 9에 도시된 성능 평가 결과에 대한 근거로 평가될 수 있다.

지금까지의 실험 결과를 통해 제안하는 기법이 기본 RPL 프로토콜에 비해 데이터 전달에 있어 효율적 경로 선택을 제공할 수 있는 것을 확인하였으며 이는 불필요한 데이터 전달을 방지하여 네트워크 라이프 타임을 증가시키는 효과로 작용한다.

## V. Conclusions

본 논문에서는 IETF 로컬 인프라(Infra) IoT 환경에서 루트(게이트웨이)를 중심으로 경로가 설정되는 RPL 프로토콜의 단점을 극복할 수 있는 애드혹 경로 선택이 가능한 네트워킹 기법을 제안하였다. RPL 프로토콜은 게이트웨이 쪽으로 데이터를 전달하는 상향식 전달 서비스와 게이트웨이에서 노드에 데이터를 전달하는 하향식 전달 서비스를 위한 경로를 제공한다. 따라서 로컬 네트워크 내에 단대단 데이터 전달 시 게이트웨

이를 통해 데이터 전달이 이루어진다. 따라서 전송범위에 속한 인접한 노드간 데이터 전달 시 불필요한 데이터 전달이 이루어지는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이런 문제점을 극복할 수 있는 로컬 인프라 IoT 환경에서 애드혹 경로 설정이 가능한 영역 기반 애드혹 네트워킹 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 로컬 인프라 IoT 환경에서 게이트웨이를 통해 제공되는 경로와 애드혹 네트워킹을 통해 제공되는 경로를 동시에 제공하는 로컬 IoT 네트워킹 기술이다. 제안된 기술은 다양한 성능 실험을 통해 기본 RPL 프로토콜에 보다 혼잡 상황에 데이터 전달 성공률 및 단대단 지연이 우수함을 증명하였다. 추후 본 연구 결과는 최근 IoT 분야 이슈인 자율 IoT 네트워킹 구축을 위한 라우팅 기법으로 활용할 예정이다. 또한 최근 IETF 표준화 기구에서 추진 중인 IoT 라우팅 프로토콜 표준기술 개발에 본 연구 내용을 표준화 아이템으로 기고할 예정이다.

## REFERENCES

- [1] Shin, Seung-Hyeok, "Study on Web Services Middleware for Real-Time Monitoring in the IoT Environment," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 20, No. 9, pp. 97-104, 2015.
- [2] Zhengguo Sheng, Hao Wang, Changchuan Yin, Xiping Hu and Shusen Yang, "Leung, V.C.M. Lightweight Management of Resource-Constrained Sensor Devices in Internet of Things," *IEEE Journals & Magazines*, Vol. 2, No. 5, pp. 402-411, 2015.
- [3] J-S. Youn and Y-G. Hong, "A Study on M2M Identifier for M2M Service in Mobile Communication Networks," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 17, No.11, pp. 63-71, 2012.
- [4] Bormann, C et al., "Terminology for Constrained Node Networks," IETF RFC 7228, May, 2014.
- [5] Shelby, Z, Hartke K. and Bormann C., "The Constrained Application Protocol (CoAP)," IETF RFC 7252, June 2014.
- [6] <https://datatracker.ietf.org/wg/core/charter/>
- [7] J-S. 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, september 2014.
- [8] Winter, T., Ed., Thubert, P., Ed., Brandt, A., Hui, J., Kelsey, R., Levis, P., Pister, K., Struik, R., Vasseur, JP., and R. Alexander, "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks", RFC 6550, March 2012.
- [9] Y. Xu, A. Saifullah, Y. Chen, C. Lu, and S. Bhattacharya, "Near optimal multi-application allocation in shared sensor networks," *MobiHoC 2010*, pp. 181-190, Chicago, USA, Sept. 2010.
- [10] D. Carels, N. Derdaele, E. De Poorter, W. Vandenberghe, I. Moerman, and P. Demeester, "Support of multiple sinks a via virtual root for the RPL routing protocol," *EURASIP J. Wireless Commun. Netw.*, Vol. 2014, No. 91, pp. 1-23, May 2014.
- [11] NS3 Project, <https://www.nsnam.org/>

### Author



Joosang Youn

2001: BS, School of Electrical Engineering,  
Korea University, Korea  
2003: MS, Department of Electrical Computer

Engineering,  
Korea University, Korea  
2008: PhD, Department of Electrical Computer Engineering,  
Korea University, Korea

Current: Professor, Dept. of Industrial ICT Engineering,  
Dong-Eui University  
Research Area: IoT, mobile network  
Email : jsyoun@deu.ac.kr