

IoT 응용을 위한 퍼지 논리 기반 멀티홉 방송 알고리즘의 설계 및 평가[☆]

Design and Evaluation of a Fuzzy Logic based Multi-hop Broadcast Algorithm for IoT Applications

배 인 한^{1*} 김 칠 화¹ 노 흥 태²
Ihn-han Bae Chil-hwa Kim Heung-tae Noh

요 약

사물인터넷 (IoT)과 같은 미래 망에서, 컴퓨팅 기기의 수는 기하급수적으로 증가할 것으로 예상되고, 각 사물들은 서로 통신하고 스스로 정보를 획득한다. 사물 인터넷 응용에 대한 관심 증가로 사물통신 (M2M)과 같은 기회적 애드혹 망에서 데이터를 전달하는 방송은 중요한 기술이다. 그리고 IoT를 위한 분산 망에서, 노드들의 에너지 효율성은 망 성능에서 중요한 요인이다. 이 논문에서, 우리는 전송 노드의 에너지 충전률, 사본 밀도 비율 그리고 송·수신 노드간의 거리에 기초한 퍼지 논리에 따라 확률적으로 데이터를 전파하는 퍼지 논리 기반 멀티홉 방송 알고리즘 FPMCAST를 제안한다. 제안하는 FPMCAST에서, 추론 엔진은 입·출력 매개변수를 입·출력 소속 함수로 사상하는 27개의 if-then 규칙들로 구성된 퍼지 규칙 베이스에 기초한다. 퍼지 시스템의 출력은 재방송 확률에 대한 퍼지 집합을 정의하고, 그 퍼지 집합으로부터 수치 결과를 추출하기 위하여 비 퍼지화가 사용된다. 여기서 퍼지 집합을 비 퍼지화하기 위하여 무게중심법이 사용된다. 그리고 모의실험을 통하여 제안하는 FPMCAST의 성능을 평가한다. 모의실험으로부터, 우리는 제안하는 FPMCAST 알고리즘이 플러딩 알고리즘과 가시핑 알고리즘 보다 우수함을 입증하였다. 특히, FPMCAST 알고리즘은 각 노드의 잔여 에너지를 균등하게 소비하기 때문에 더 긴 망 수명을 갖는다.

☞ 주제어 : 데이터 전파; 사물통신; 퍼지논리; 가시핑; 사물인터넷; 멀티홉 방송

ABSTRACT

In the future network such as Internet of Things (IoT), the number of computing devices are expected to grow exponentially, and each of the things communicates with the others and acquires information by itself. Due to the growing interest in IoT applications, the broadcasting in Opportunistic ad-hoc networks such as Machine-to-Machine (M2M) is very important transmission strategy which allows fast data dissemination. In distributed networks for IoT, the energy efficiency of the nodes is a key factor in the network performance. In this paper, we propose a fuzzy logic based probabilistic multi-hop broadcast (FPMCAST) algorithm which statistically disseminates data accordingly to the remaining energy rate, the replication density rate of sending node, and the distance rate between sending and receiving nodes. In proposed FPMCAST, the inference engine is based the fuzzy rule base which consists of 27 if-then rules. It maps input and output parameters to membership functions of input and output. The output of fuzzy system defines the fuzzy sets for rebroadcasting probability, and defuzzification is used to extract a numeric result from the fuzzy set. Here Center of Gravity (COG) method is used to defuzzify the fuzzy set. Then, the performance of FPMCAST is evaluated through a simulation study. From the simulation, we demonstrate that the proposed FPMCAST algorithm significantly outperforms flooding and gossiping algorithms. Specially, the FPMCAST algorithm has longer network lifetime because the residual energy of each node consumes evenly.

☞ keyword : Data dissemination; Machine-to-Machine; Fuzzy logic; Gossiping; Internet of Things; Multi-hop broadcasts

1. 서 론

사물인터넷 (IoT)은 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술을 의미한다. 여기서 사물이란 가전제품, 모바일 장비, 웨어러블 컴퓨터 등 다양한 임베디드 시스템이 된다. 사물 인터넷에 연결되는 사물들은 자신을 구별할 수 있는 유일한 IP (Internet Protocol) 주소를 가지고 인터넷으로 연결되어야 하며, 의

¹ School of IT Eng., Catholic University of Daegu, Gyeongbuk, 38430, Korea.

² Department of Information & Communication Eng., Taegu Science University, Daegu, 41453, Korea.

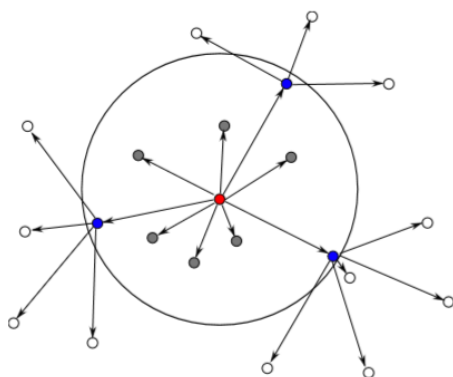
* Corresponding author (ihbae@cu.ac.kr)

[Received 11 August 2016, Reviewed 6 September 2016, Accepted 17 October 2016]

☆ 본 논문은 2016년도 한국인터넷정보학회 춘계학술발표대회 우수 논문 추천에 따라 확장 및 수정된 논문임

부 환경으로부터의 데이터 취득을 위해 센서를 내장할 수 있다. 따라서 IoT는 사람과 사물 그리고 사물들 간의 통신의 새로운 형태가 가능한 네트워크이다. IoT 내의 각 사물과 객체는 서로 통신하고 정의된 역할을 한다. IoT를 갖는 미래 망에서, 각 노드는 스스로 정보를 획득하고, 그리고 사람만이 수집된 정보를 검증한다. IoT는 교통, 헬스케어, 스마트 환경 등의 분야에 사용될 수 있다[1].

방송은 노드들이 그것들의 모든 이웃들에게 동일한 메시지를 동시에 전송하는 전파 기술로 광범위하게 사용되고 있다. 방송은 WSNs, MANETs, 그리고 VANETs 등과 같은 애드혹 망에서 사용되어진다. 방송은 MANETs의 주요 응용 중의 하나인 재난 시나리오에서 긴급 또는 경고 메시지를 전파하기 위하여 사용되어진다[2]. 그림 1은 전송 진행을 증가시키기 위하여 전송 노드로부터 멀리 떨어진 노드들이 수신 패킷의 높은 재전송 확률을 갖는 예를 보여준다.



(그림 1) 멀티홉 방송의 예
(Figure 1) Example of multihop broadcasting

최근에 스마트 시티와 IoT 응용들에 대한 관심 증가에 기인하여, VANETs와 기회적 애드혹 망과 같은 다수의 혁신적인 종류의 망이 연구되고 있다. 이런 종류의 망에서, 빠른 데이터 전파를 허용하는 통신은 매우 중요한 전송 전략이다. 예를 들어, 이런 종류의 통신은 서비스 발견 메커니즘에서 특히 중요하다. IoT 시나리오에서 폭넓게 개발된 그러한 메커니즘은 노드가 방송을 통해 특별히 제공되는 서비스를 광고하는데 사용되어진다. 이 방법에서 노드와 관련된 서비스는 사람의 개입 없이 자동적으로 동적으로 발견될 수 있다. 아울러 서비스들의 잠

재력을 이용하기 위하여, 그러한 응용들은 그것들의 작동 중에서 발생하는 광범위한 다른 환경을 탐지하고, 그리고 그 환경에 반응하고 적응해야한다. 상황 전파는 상황 인식 응용들이 관심 있는 노드에 현재 실행 환경을 상세히 알리는 상황을 발견하고 전달하는 것을 허용한다. 이 상황 전파는 완전성, 신뢰성, 적시성을 보장해야 한다. 상황 품질(QoC)과 통신 오버헤드의 감소를 보장하는 확장형 상황 전파는 상황 인식 시스템과 IoT에서 연구 분야로 빠르게 부상하고 있다[3, 4].

IoT를 위한 망에서, 노드들은 특정 목적을 위하여 어떤 지역에 분산되고 요구되는 정보를 수집한다. 그 노드들은 제한된 전송 범위 때문에 수집된 정보를 중간 노드들에게 전송한다. 그러므로 중간 노드들은 소스 노드의 패킷 전송을 위하여 의도하지 않은 에너지를 사용하므로, 높은 에너지 소비를 초래하여 망 분할을 촉진시킨다. 따라서 본 논문에서는 전송 노드의 에너지 충전률, 사본 밀도 그리고 송·수신 노드간의 거리에 기초한 퍼지 논리에 따라 확률적으로 데이터를 전파하는 퍼지 논리 기반 멀티홉 방송, FPMCAST (Fuzzy Probabilistic Multi-hop broadCAST) 알고리즘을 제안하고, 모의실험을 통하여 제안하는 FPMCAST의 성능을 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 VANETs과 M2M 등과 같은 기회적 애드혹 망에서 데이터를 전파하는 알고리즘들의 분류별 종류에 대하여 살펴보고, 3장에서 송신노드의 에너지와 사본 밀도, 그리고 송수신 노드간의 거리를 고려한 퍼지 논리 기반 확률적 멀티홉 방송 알고리즘인 FPMCAST를 설계하고, 4장에서 설계된 FPMCAST의 성능을 모의실험을 통하여 평가한다. 그리고 마지막으로 5장에서 본 연구의 결론과 향후 연구과제 등을 기술한다.

2. 관련연구

대역폭과 전력 소비를 위한 약간의 수정으로 IoT를 위하여 배치될 수 있는 무선 센서망을 위한 우수한 성능을 갖는 독특한 운영 표준을 가지는 다수의 라우팅 프로토콜들이 존재한다. 본 장에서 라우팅 프로토콜의 다소의 범주들에 대하여 논의한다.

데이터 방송에는 블라인드 플러딩, 확률 기반 방법, 카운터 기반 방법, 이웃 지식 기반 방법, 가시평 방법, 클러스터링 기반 방법 그리고 하이브리드 방법과 같은 사용할 수 있는 많은 방법들이 있다[5].

- **블라인드 플러딩(Flooding):** 블라인드 플러딩은 방송의 가장 간단한 유형이다. 이 방법은 어떤 패킷의 모든 수신자들이 다시 한 번 재방송한다. 어떤 패킷이 무한정 방송되는 것을 피하기 위하여, 각 패킷은 그것이 방송될 수 있는 최대 시간인 수명을 갖는다. 이 방법은 방송 폭풍 문제 등과 같은 많은 결점들에 기인하여 최소한 소형 망에서만 효율적이다.
- **확률 기반 방법:** 확률 기반 방법에서, 어떤 패킷을 받은 각 노드는 어떤 정책에 의해 결정된 확률 분포로부터 얻어진 확률 P 에 따라서 그것을 재방송한다. 많은 현실 문제에서 그것의 실용성과 많은 문제들을 피해가는 그것의 기능에 기인하여, 확률 기반 방법은 광범위한 하이브리드 방법의 일부이다.
- **카운터 기반 방법:** 카운터 기반 방법은 어떤 노드가 RAD(Random Assessment Delay)라 부르는 시간 주기 내에 수신한 동일한 패킷의 사본 개수에 의존한다. 어떤 노드가 많은 사본을 받을수록, 더 작은 재방송 확률을 갖는다. 이것은 WSN과 같이 밀집한 망에서 매우 유용한 방법이다.
- **거리 기반 방법:** 거리 기반 방법에서, 어떤 노드 u 가 그것의 이웃하는 노드들 중의 하나인 노드 v 로부터 어떤 패킷을 받았을 때, 만일 u 와 v 사이의 거리가 어떤 임계 값 보다 크거나 같으면 노드 u 는 그 패킷을 재방송한다. 거리는 신호 세기에 기초하여 예측될 수 있다.
- **가시핑(Gossiping) 방법 [6]:** 가시핑 방법에서, 각 수신자는 받은 패킷을 실제로 방송하지 않는다. 대신에 그것은 무작위로 선택된 이웃에게 수신 패킷을 전송한다. 충분한 시간이 주어지면, 가시핑은 결국 100% 도달성을 이룰 수 있다. 그러나 그렇게 하려면 너무 시간이 걸린다.
- **클러스터 기반 방법:** 가시핑 방법과 유사하게, 클러스터 기반 방법은 어떤 패킷을 모든 이웃에게 방송하는 대신에 클러스터 헤드라 부르는 특정 노드로 전송한다. 그 클러스터 헤드는 각 노드에서 잔여 전력 수준과 같은 다수의 문제들을 고려하여 무작위로 선택될 수 있다. 각 노드는 하나의 클러스터에 속하고, 그것은 그것의 클러스터의 헤드에게만 그 패킷을 전송한다.

방송 방법들의 품질을 평가하기 위하여, 2가지 요인들: 도달성과 불필요한 재방송 횟수가 고려될 수 있다.

따라서 방송 연구의 주된 목적은 도달성에 영향을 주지 않고 불필요한 재방송 횟수를 줄이는 것이다.

3. FPMCAST 알고리즘

IoT의 특성은 트래픽 패턴, 망 크기, 이동성 정도의 측면에서 엄청나게 다르다. 그러한 차이에도 불구하고, 그것들의 요구사항의 영역은 4가지 범주: 트래픽 패턴, 에너지 효율성, 확장성, 이동성으로 분류할 수 있다.

본 논문에서는 상기 4가지 IoT 요구사항을 만족시키기 위하여, 전송 노드의 에너지 충전률, 사본 밀도 그리고 송·수신 노드간의 거리에 기초한 퍼지 논리에 따라 확률적으로 방송하는 퍼지 논리 기반 멀티홉 방송, FPMCAST 라우팅 알고리즘을 설계한다. 여기서 제안하는 FPMCAST는 다음 사항과 가정에 기초한다.

- 잔여 에너지: E 를 노드 n 의 초기 에너지라 두면, 시간 t 후에 그 노드에 의해 사용된 에너지는 다음과 같이 계산된다[7].

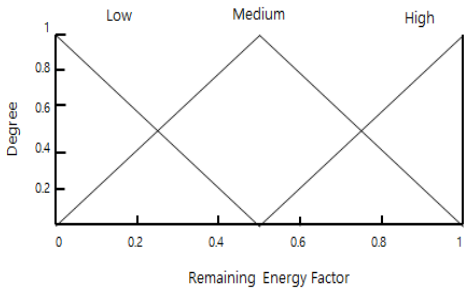
$$E_n(t) = P_t \times \eta + P_r \times \mu \quad (1)$$

여기서 P_t 는 시간 t 까지 전송된 패킷의 개수이고, P_r 은 시간 t 까지 수신된 패킷의 개수이다. η 과 μ 는 0과 1 사이의 상수이다. 수식 (1)을 사용하여, 그 노드의 잔여 에너지를 수식 (2)로 예측할 수 있다.

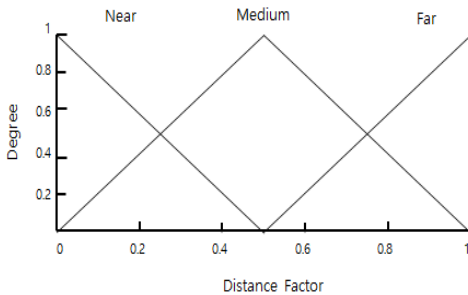
$$E_{RE} = E - E_n(t) \quad (2)$$

- 거리: 노드들에 장착되어 있는 GPS에 의해 또는 수신 노드의 RSSI(Received Signal Strength Indication)에 기초하여 송신 노드와 수신 노드간의 거리는 예측할 수 있다고 가정한다.
- 사본 밀도: 수신 노드의 통신 지역의 노드 밀도는 사본 밀도(RD, Replication Density)로 평가될 수 있다. RD는 미리 정해진 시간 주기 동안에 특정 메시지를 보낸 노드들의 비율로 정의되어진다. 즉, 그것은 노드 관점으로부터 어떤 메시지의 편재성의 현재 수준을 나타낸다. $M_i(T_s)$ 를 T_s 초내에 메시지 i 를 보낸 노드의 개수로, 그리고 $N(T_s)$ 를 T_s 안에 메시지를 보낸 전체 노드 개수라 두면, RD는 수식 (3)으로 계산될 수 있다[8].

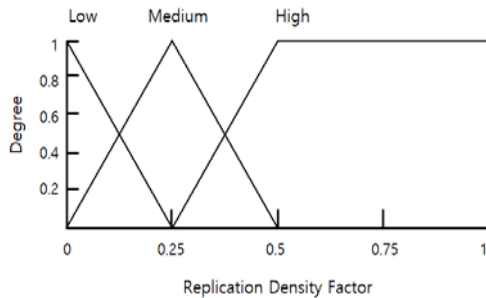
$$RD_i(T_s) = \frac{M_i(T_s)}{N(T_s)} \quad (3)$$



(a) 잔여 에너지에 대한 퍼지집합
(a) Fuzzy set for remaining energy



(b) 노드간 거리에 대한 퍼지집합
(b) Fuzzy set for distance between nodes



(c) 사본 밀도에 대한 퍼지집합
(c) Fuzzy set for replication density
(그림 2) 퍼지 소속 함수들
(Figure 2) Fuzzy membership functions

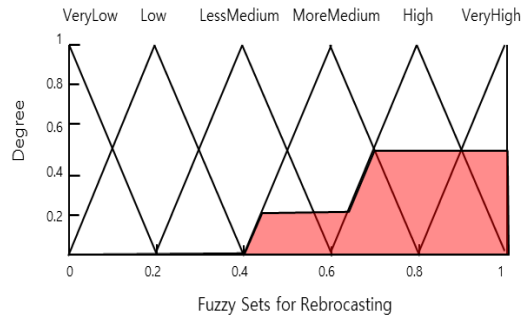
FPMCAST에서, 어떤 노드가 이벤트를 탐지하거나 어떤 서비스나 상황 또는 메시지의 전송을 원하면, 그것은 전송 반경 내의 이웃 노드들에게 패킷 방송을 위하여 퍼지 논리를 사용한다. 퍼지 논리의 목적은 잔여 에너지, 전송 노드와 수신 노드간의 거리, 사본 밀도에 의존하는

재방송 확률을 결정하는 것이다. 제안하는 방법은 그림 2에서 나타난 바와 같이 각 입력 값과 하나의 출력 변수에 대하여 3가지 소속 함수를 사용한다.

잔여 에너지, 노드간 거리 그리고 사본 밀도의 퍼지 값에 기반 하여, 송신 노드는 그 노드의 재방송 확률을 계산하기 위하여 표 1에서 정의된 것처럼 IF/THEN 규칙을 사용한다. 출력인 재방송 확률은 언어적 변수: VeryHigh, High, MoreMedium, LessMedium, Low, VeryLow로 정의되어진다.

(표 1) 재방송 퍼지 규칙 집합
(Table 1) Fuzzy rule set for rebroadcasting

규 칙	잔여 에너지	거 리	사본 밀도	재방송 확률
규칙1	High	Far	Low	VeryHigh
규칙2	High	Far	Medium	High
규칙3	High	Far	High	MoreMedium
규칙4	High	Medium	Low	High
규칙5	High	Medium	Medium	MoreMedium
규칙6	High	Medium	Low	LessMedium
규칙7	High	Near	Medium	MoreMedium
...
규칙27	Low	Near	High	VeryLow



(그림 3) 출력 소속 함수와 비 퍼지화된 수치 결과
(Figure 3) Output membership function and numeric results of defuzzification

미리 정의된 출력 소속 함수와 대응하는 소속 함수에 기초하여 수치 결과를 생성하기 위하여 비 퍼지화를 사용한다. 그림 3은 정의된 출력 소속 함수를 보여준다. 여기서 퍼지 결과를 비 퍼지화 하는데 무게중심법을 사용한다.

4. 성능평가

에드혹 망에서 제안된 대부분의 메시지 방송 알고리즘들의 목적은 불필요한 재방송 횟수를 줄여 방송 폭풍 문제를 해결하면서 송신 메시지가 모든 노드들에 도달하게 하는 것이다. 우리는 IoT 환경을 고려하여 제안하는 FPMCAST의 성능을 모의실험을 통하여 다음 3가지 척도로 평가한다.

- 충돌횟수: 메시지 전파 동안에 각 노드들에서 동일 메시지를 중복 수신하여 발생한 메시지의 충돌횟수
- 성공률: 송신 노드가 전송한 메시지를 수신한 노드들의 백분율
- 잔여 에너지 비율: 수신한 메시지를 재방송하는 노드들의 평균 잔여 에너지 비율

FPMCAST의 성능 평가를 위하여 모의실험에서 사용한 매개변수와 값은 표 2와 같다. 여기서 p 는 Gossip 프로토콜이 갖는 매개변수이다. 어떤 노드가 어떤 패킷을 받았을 때, 미리 설정된 확률 p 에 따라 그 패킷을 전송할지를 결정한다. 그리고 데이터 방송의 초기상태에, 소스 노드로부터 데이터를 직접 수신한 노드는 그 데이터 사본이 존재하지 않을 뿐만 아니라 식 (3)으로부터 사본밀도 값은 분모인 T_s 안에 메시지를 보낸 전체 노드 개수 $N(T_s)$ 에 의존한다. 따라서 수신 노드의 $N(T_s)$ 가 작은 경우에 작은 개수의 $M_i(T_s)$ 로 높은 사본밀도 값을 얻을 수 있다. 우리는 사본밀도에 대한 소속 정도를 제어하기 위하여 임계값을 식 (4)와 같이 도입한다. 여기서 ρ_N 은 $N(T_s)$ 에 대한 최소 임계값이다.

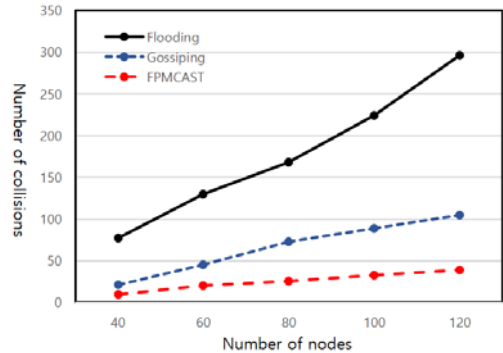
$$\mu(RD_i) = \begin{cases} LOW & \text{초기상태 또는 } N(T_s) \leq \rho_N \\ \mu\left(\frac{M_i(T_s)}{N(T_s)}\right) & N(T_s) > \rho_N \end{cases} \quad (4)$$

(표 2) 모의실험 매개변수와 값
(Table 2) Simulation parameters and values

매개 변수	값
노드의 개수	40, 60, 80, 100, 120 (정규분포)
통신지역 크기	1000m×1000m
무선통신 범위	250m
노드속도	2m/sec
p	0.4
ρ_N	10
에너지 초기 충전율	[0.1~1.0] (균등분포)

우리는 MATLAB[9] R2016a 버전을 사용하여 모의실험 프로그램을 작성하고, 그리고 IoT의 통신지역내의 노드의 개수 마다 5번씩 모의실험 프로그램을 실행한 후, 그 결과의 평균치로 성능을 평가한다.

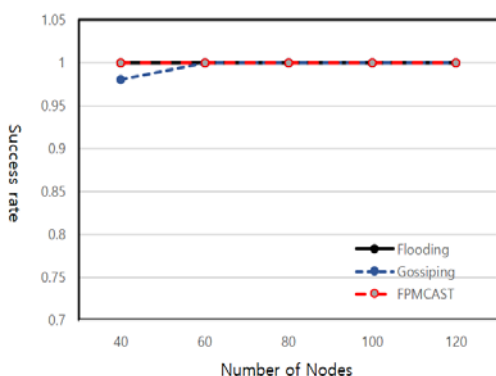
그림 4는 IoT 통신지역 내의 노드 개수에 따른 각 방송 프로토콜별 메시지 충돌 횟수를 보여준다. 여기서 메시지 충돌은 같은 전송범위 내의 다수의 노드들이 동일한 메시지를 중복 재방송하여 발생된다. Flooding에서, 어떤 메시지를 수신한 노드는 인접한 다른 노드들에게 그 메시지를 무조건 재방송하므로 통신지역 내의 노드 개수가 증가할수록 메시지 충돌 횟수는 기하급수적으로 증가하고, 결국 방송 폭풍이 발생한다. Gossip에서는 미리 설정된 확률 p 에 따라 수신한 패킷을 재방송하므로 Flooding의 방송폭풍 문제를 완화시켰으나 여전히 많은 메시지 충돌이 발생한다. FPMCAST에서는 퍼지 논리를 사용하여 각 수신노드의 현재 상태: 거리, 잔여 에너지, 사본밀도에 따라 적응적으로 계산된 재방송 확률에 따라 수신 메시지를 재방송하기 때문에 작은 메시지 충돌이 발생한다. 이러한 메시지 충돌은 무선망 계층의 MAC 프로토콜에서 데이터 전송 충돌을 일으켜 전송 지연을 발생시킨다. 메시지 충돌이 많을수록 메시지 전송지연은 더 길어진다. 따라서 제안하는 FPMCAST의 메시지 전송 지연이 Flooding과 Gossip 보다 짧을 것이다.



(그림 4) 노드 개수에 대한 메시지 충돌 횟수
(Figure 4) Number of collisions with number of numbers

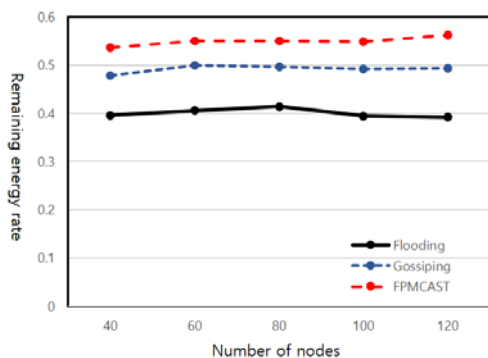
그림 5는 IoT 통신지역 내의 노드 개수에 따른 각 방송 프로토콜별 성공률을 보여준다. Gossip에서는 미리 설정된 확률 p 에 따라 수신한 패킷을 재방송하므로 IoT 통신지역 내에 노드 개수가 작은 경우에, 전송 메시지의

분실로 성공률이 떨어진다. FPMCAST에서는 IoT 통신지역 내에 노드 개수가 작은 경우에, 식 (4)와 같이 메시지를 보낸 전체 노드 개수에 대한 임계값을 도입하여 각 노드의 재방송 확률을 높여 메시지 분실을 방지하였다. 그 결과, Flooding 알고리즘 보다 작은 메시지 충돌을 일으키면서 모든 노드들에게 메시지가 전달되는 완전한 성공률을 얻었다.



(그림 5) 노드 개수에 대한 성공률

(Figure 5) Success rate with number of nodes



(그림 6) 노드 개수에 대한 잔여 에너지 비율

(Figure 6) Remaining energy rate with number of nodes

그림 6은 IoT 통신지역 내의 노드 개수에 따른 메시지 전송 노드의 잔여 에너지 비율을 보여준다. Flooding 알고리즘에서 수신 노드는 인접한 모든 노드들에게 메시지를 방송하기 때문에 잔여 에너지 비율이 낮고, 제안하는 FPMCAST에서는 노드의 잔여 에너지 비율을 고려한 퍼지 논리에 기반 하여 메시지를 방송하기 때문에 잔여 에

너지 비율이 높다. IoT 통신지역 내의 어떤 노드의 에너지가 고갈되면, 그 노드는 메시지를 전송할 수 없기 때문에 메시지 분실 또는 망 분할을 일으킨다. 따라서 FPMCAST는 잔여 에너지가 많은 노드들이 메시지를 방송하도록 하여 IoT 통신지역 내의 모든 노드들의 잔여 에너지를 균등하게 한다. 그 결과, IoT 망 수명도 연장할 수 있다.

5. 결 론

사물인터넷은 자원 제약이 있는 장치들의 대규모 네트워크로 구성되므로 효율적이고 유연한 통신이 필요하다. 본 논문에서는 전송 노드의 에너지 충전률, 사본 밀도 비율 그리고 송·수신 노드간의 거리비에 기초한 퍼지 논리에 따라 확률적으로 방송하는 FPMCAST 알고리즘을 제안하였고, 모의실험을 통하여 FPMCAST의 성능을 평가하였다. 그 결과, FPMCAST가 Flooding과 확률에 기반한 알고리즘인 Gossiping 보다 성능이 우수함을 확인하였다. 향후 연구과제로는 IoT를 위한 실시간 상황 및 콘텐츠 전달을 위한 클라우드 기반 모델을 설계하는 것이다.

참 고 문 헌 (Reference)

- [1] S. Park, S. Cho, and J. Lee, "Energy-Efficient Probabilistic Routing Algorithm for Internet of Things," *Journal of Applied Mathematics*, Vol. 2014, pp. 1-7, 2014. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/213106>
- [2] D. G. Reina, S. L. Torala, P. Johnsonb, and F. Barreroa, "A survey on probabilistic broadcast schemes for wireless ad hoc networks," *Ad Hoc Networks*, Vol. 25, pp. 263-292, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2014.10.001>
- [3] A. Gorrieri, "Efficient Multi-hop Broadcast Data Dissemination for IoT and Smart Cities Applications," *International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, pp. 19-20, 2015. doi:10.1145/2752746.2752788
- [4] A. Morris, C. Patsakis, M. Dragone, et al., "Urban Scale Context Dissemination in the Internet of Things: Challenge Accepted," *International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies*, pp. 84-89, 2015. doi:10.1109/NGMAST.2015.62

- [5] K. Alsmearat, M. Al-Ayyoub, and M. B. Yasseinz, "A New Broadcast Scheme for Sensor Networks," International Conference on Computer Systems and Applications, pp. 824-828, 2014. doi:10.1109/AICCSA.2014.7073286
- [6] Z. H. Haas, J. Y. Halpern, and L. Li, "Gossip-Based Ad Hoc Routing," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 14, No. 3, pp. 479-491, 2006. doi:10.1109/TNET.2006.876186
- [7] G. Kalpana, and D. M. Punithavalli, "Fuzzy Logic Technique for Gossip Based Reliable Broadcasting Mobile Ad Hoc Networks," Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol. 51, No. 3, pp. 498-505, 2013. <http://www.jatit.org/volumes/Vol51No3/22Vol51No3.pdf>
- [8] X. Wang, Y. Shu, Z. Jin, et al., "Adaptive Randomized Epidemic Routing for Disruption Tolerant Networks," International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, pp. 424-429, 2009. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MSN.2009.79>
- [9] M. G. Kay, Basic Concepts in Matlab, Department of Industrial and System Engineering, North Carolina State University. http://www.ise.ncsu.edu/kay/Basic_Concepts_in_Matlab.pdf

● 저 자 소 개 ●



배 인 한 (Ihn-han Bae)

1990년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
1996년~1997년 Department of Computer Science and Eng, The Ohio State University(Postdoc)
2002년~2003년 Department of Computer Science, Old Dominion University(Visiting professor)
2009년~2010년 Department of Computer Science, Old Dominion University(Visiting professor)
1989~현재 대구가톨릭대학교 IT공학부 교수
관심분야 : 차량망, IoT, 차량클라우드, 지능스마트앱 etc.
E-mail : ihbae@cu.ac.kr



김 칠 화 (Chil-hwa Kim)

1986년 대구가톨릭대학교 통계학과 졸업(이학사)
1988년 대구가톨릭대학교 대학원 수학(통계학)과 졸업(이학석사)
2012년 대구가톨릭대학교 대학원 컴퓨터정보통신공학과 졸업(공학박사)
1989~현재 대구가톨릭대학교, 진주교육대학교, 경남과학기술대학교 외래교수
관심분야 : 차량망, IoT, 차량클라우드 etc.
E-mail : chkim@cu.ac.kr



노 흥 태 (Heung-tae Noh)

1989년 경일대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
1996년 대구가톨릭대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(이학석사)
1999~현재 대구과학대학 정보통신학과 교수
관심분야 : 모바일프로그래밍 etc.
E-mail : roht@nate.com