

모바일 애드 혹 네트워크에서 로드 밸런스를 이용한 분산 노드 설정에 관한 연구

오동근 · 오영준 · 이강환*

A Study of Load Tolerance Node using Load-balance in Mobile Ad hoc Networks

Dong-keun Oh · Young-jun Oh · Kang-whan Lee*

Department of Computer Science Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan
330-708, Korea

요 약

모바일 애드 혹 네트워크(Mobile Ad hoc Network)는 유동성을 가진 노드들로 구성된 네트워크로써 각 노드들은 라우팅의 역할을 하여 통신기반 시설이 없어도 스스로 네트워크를 구축하는 기능을 가진다. 이러한 모바일 애드 혹 네트워크에서는 노드의 유동성에 의한 토폴로지의 변화가 빈번하며, 토폴로지의 변화를 줄이기 위해 계층적 네트워크에 대한 연구가 진행되었다. 계층적 네트워크에서 클러스터 멤버노드는 클러스터 헤드노드를 통해 통신하며, 클러스터 헤드노드의 패킷 저장 공간에 비해 수신 받은 패킷의 양이 초과하였을 경우, 소속된 클러스터 멤버노드는 패킷을 베이스스테이션에게 전송할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 로드밸런싱을 이용하여 분산 노드를 선정하는 Load Tolerance(LT)알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 클러스터 멤버노드가 로드밸런싱이 집중되어 있는 클러스터 헤드노드에 의해 통신을 할 수 없는 경우, 선정된 LT노드를 통해 지속적인 통신을 하는 알고리즘이다. 모의실험 결과, 클러스터가 형성된 계층적 네트워크에서 제안된 알고리즘의 전송률이 향상됨을 확인하였다.

ABSTRACT

Mobile Ad hoc Network(MANET) consists of a node that has mobility. In MANET, the node has routing, the node builds a network of their own, no dependent infrastructure. Topology are exchanged due to node mobility in MANET. For reducing the change of topology, hierarchical network algorithm has been investigated. In hierarchical network, cluster member node communicates through cluster head node. When the load-balancing of cluster head node is exceed, assigned cluster member node can't communicate with base station. To solve this problem, we proposed Load Tolerance algorithm. The proposed algorithm, when cluster member node can't send a message by cluster head node that exceed load-balancing, then the cluster member node sends a message by selected load tolerance node. Through a simulation, the proposed algorithm improves packet delivery ratio in cluster routing.

키워드 : 모바일 애드 혹 네트워크, 로드밸런싱, 클러스터, 분산 라우팅

Key word : Mobile ad hoc network, Load-balancing, Cluster, Distributed routing

Received 17 December 2014, Revised 14 January 2015, Accepted 29 January 2015

* Corresponding Author Kang-Whan Lee(E-mail:kwlee@koreatech.ac.kr, Tel:+82-41-560-1356)

Computer Science Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan 330-708, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.4.1001>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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. 서 론

모바일 애드 혹 네트워크(Mobile Ad hoc Network)는 유동성을 가진 노드들로 구성된 네트워크로써, 각 노드 간 패킷의 송수신이 가능하다. 패킷의 송수신이 가능한 노드는 모바일 애드 혹 네트워크에서 라우팅 역할을 수행하여, 통신기반 시설의 지원 없이도 네트워크를 구축할 수 있어, 재해 재난지역, 전쟁지역과 같은 환경에서도 네트워크를 구축한다. 하지만 모바일 애드 혹 네트워크는 노드의 유동성에 의해 토폴로지의 변화가 빈번하여, 라우팅 경로를 복구하기 위해 네트워크의 오버헤드가 증가하며, 에너지를 비효율적으로 사용한다[1,2]. 이러한 오버헤드의 감소 및 효율적인 에너지 사용에 따른 라우팅 경로를 유지하기 위해 계층적 네트워크 구조에 대한 연구가 진행되었다. 계층적 네트워크에서 하위계층 노드인 클러스터 멤버노드는 상위계층인 클러스터 헤드노드를 통해 타 클러스터 헤드노드 및 베이스스테이션에게 패킷을 전송한다[3,4]. 하지만 특정 클러스터 헤드노드가 패킷을 저장할 수 있는 공간에 비해 수신 받은 패킷의 양이 많을 경우, 특정 클러스터 헤드노드에게 소속된 클러스터 멤버노드는 패킷의 수신이 지연되거나, 연결이 단절되어 패킷을 송신할 수 없는 상황이 발생한다[5-7].

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 LT알고리즘을 제안한다. LT알고리즘은 계층적 네트워크가 형성된 모바일 애드 혹 네트워크에서 상위계층 노드인 클러스터 헤드노드에게 패킷의 전송이 집중되어 패킷의 전송량이 패킷저장량을 초과하였을 경우, 하위노드인 클러스터 멤버노드는 로드밸런싱을 이용하여, 유효한 통신범위 이내에 존재하는 타 클러스터 헤드노드의 라우팅 경로를 이용하여 지속적인 통신을 지원하는 알고리즘이다.

II. 관련연구

기존에 제안된 계층적 라우팅 알고리즘은 특정 노드에 대해 패킷의 전송이 집중되는 경우, 소속된 클러스터 멤버노드는 패킷의 전송이 지연되거나, 연결이 단절되어 통신을 패킷을 송신할 수 없게 된다.

맥스-민(Max-min) 알고리즘은 일정한 전송 홉 이내

에 존재하는 이웃노드로부터 전송 홉에 따른 네트워크의 밀도를 계산한다. 계산된 밀도를 이용하여 계층적 네트워크 구조 형성 및 전송경로를 설정한다[8].

RODMRP(Resilient Ontology-based Dynamic Multicast Routing Protocol) 알고리즘은 노드의 이동에 의해 노드 간 링크가 실패하여 통신을 할 수 없을 경우, 노드간의 상관관계를 이용하여 선정한 양부 노드를 통해 전송경로를 회복하고 통신한다[9]. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 노드의 수용량과 흐름량을 고려하여 계층적 구조가 형성된 네트워크에서 클러스터 헤드노드가 통신을 할 수 없을 경우, 네트워크의 지속적인 통신을 지원하는 Load Tolerance(LT)노드를 선택한다. 관련 논문에서 제안한 이동노드의 클러스터링 알고리즘인 DDV(Dynamic Direction Vector) 알고리즘은 노드의 유동성에 따른 빈번한 토폴로지의 변화를 노드의 속성정보 중 이동 방향과 이동 속도 속성 정보를 이용하여, 클러스터를 형성 및 유지하는 알고리즘으로 토폴로지의 변화에 따른 라우팅 경로 변화를 줄이며, 노드의 통신을 유지하는 알고리즘이다[10]. 본 논문에서는 LT노드를 선정하기 위해 DDV에서 노드간의 이동 방향의 차이를 이용하여 확률을 계산하며, 이동 방향 속성 이외에도 노드의 다른 여러 속성을 이용한 확률을 계산하여 LT노드를 선정한다.

III. 본 론

본 논문에서 제안하는 LT알고리즘은 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱이 초과하여 소속된 클러스터 멤버노드가 목적노드에게 패킷을 전달할 수 없을 경우, 선정된 LT노드를 통해 지속적인 통신을 지원하는 알고리즘이다. LT노드를 선정하기 위해 네트워크의 각 노드는 유효한 통신범위를 가져야 하며, 통신 반경은 노드의 홉 수와 전송범위에 의해 설정되며, 다음 수식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$R_C = k \times R_T, k = 2 \quad (1)$$

여기서, R_C 는 노드의 통신범위를 의미하며, k 는 전송 홉 수, R_T 는 노드의 전송범위를 의미하며, 다음 그림 1로 표현한다.

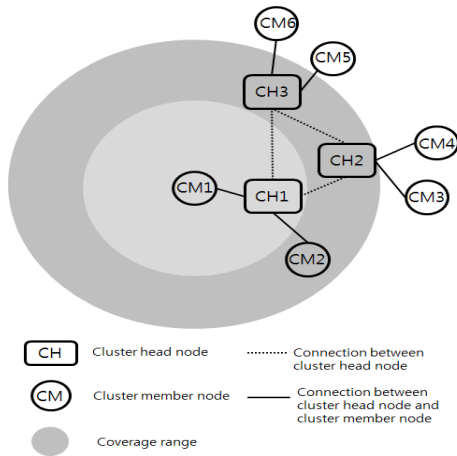


그림 1. 노드의 통신범위(Rc) 설정 예시
Fig. 1 Example set coverage of node

그림 1에서 수식 1에 의해 노드의 통신 범위(Rc)가 설정됨에 따라 클러스터 멤버노드는 자신이 소속된 클러스터의 클러스터 헤드노드1과 클러스터 멤버노드2 정보 이외에도 소속된 클러스터 헤드노드와 연결되어 있는 타 클러스터 헤드노드2, 3의 정보를 알 수 있다. 제안된 알고리즘에서는 유효한 통신의 범위를 설정하기 위해 홉 수를 2홉으로 설정하였다.

3.1. LT알고리즘 수학적 분석

노드의 통신범위가 설정된 이후, 클러스터 멤버노드는 지속적인 통신을 위해 노드의 이동 거리, 방향, 에너지, 로드밸런싱과 같은 노드의 속성을 이용한 확률계산에 의해 LT노드를 선정한다. 노드의 거리 속성을 이용한 확률은 노드의 정보를 확인 할 수 있는 통신범위를 기준으로 노드간 거리를 비교하며, 다음 수식 2와 같이 나타낸다.

$$P_i(t)|_{dist} = \frac{dist_{i'j}(t)}{R_C} \quad (2)$$

여기서, $P_i(t)|_{dist}$ 는 노드간 거리 속성에 의한 확률을 의미하며, $dist_{i'j}(t)$ 는 시간이 t일 경우, 클러스터 헤드노드 i' 와 클러스터 멤버노드 j 간의 거리를 의미한다. LT노드는 클러스터 멤버노드와 이동하는 방향이 비슷해야 하며, 노드의 방향속성에 대한 확률은 관련 논문에서 제안한 DDV 알고리즘 중 방향에 대한 속성

정보를 사용하여 노드간 방향의 차이와 설정된 방향의 차이 임계값을 이용하며, 다음 수식 3과 같다.

$$P_i(t)|_{Dir} = \frac{Dir_{i'j}}{|Dir_j^{rs}|} \quad (3)$$

여기서, $Dir_{i'j}$ 는 클러스터 헤드노드 i' 과 클러스터 멤버노드 j 간 방향의 차이를 의미하며, Dir_j^{rs} 는 방향차이의 임계값을 의미한다.

노드의 에너지속성 확률은 초기 노드에게 설정된 에너지와 시간에 따른 잔여 에너지를 비교하여, 잔여에너지가 높은 노드를 LT노드로 선정하며, 수식 4와 같다.

$$P_i(t)|_E = \frac{E_i(t)}{E_{init}} \quad (4)$$

여기서, $P_i(t)|_E$ 는 에너지 속성에 의한 확률을 의미하며, E_{init} 는 초기 설정된 노드의 에너지를 의미하며, $E_i(t)$ 는 시간에 따른 클러스터 헤드노드 i 의 잔여 에너지를 의미한다.

노드가 같은 크기의 데이터를 받을 경우, 노드의 로드밸런싱은 네트워크가 구축된 지역의 환경과 노드의 수용량에 따라 달라질 수 있다[11]. 노드의 로드밸런싱의 확률을 계산하기 위해 로드밸런싱을 네트워크의 환경에 따른 노드의 용량과 흐름량을 이용하여 다음 수식 5와 같이 나타낸다.

$$lb_i(t) = \frac{flow_i(t)}{C_i} \times \frac{1}{C_i^\alpha}, \alpha = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

여기서, $lb_i(t)$ 는 시간에 따른 노드의 로드밸런싱을 의미하며, $flow_i(t)$ 는 클러스터 헤드노드 i 에 흐르는 흐름량을 의미한다. C_i 는 패킷을 저장하기 위한 클러스터 헤드노드 i 의 수용량을 의미하며, 노드의 흐름량 $flow_i(t)$ 은 노드의 수용량 C_i 을 초과하여 통신을 할 수 없다. C_i^α 는 네트워크가 구축된 환경에 따른 노드의 흐름환경을 의미하며, 상수 α 에 의해 나타낸다. $lb_i(t)$ 은 0~1사이의 값을 가지며 큰 값을 가질수록, 노드 i 의 저장할 수 있는 수용량은 작다는 것을 의미한다. $lb_i(t)$ 에 의해 노드의 로드밸런싱의 확률은 다음 수식 6에 의해 계산된다.

$$P_{i'}(t)|_{lb} = 1 - lb_{i'}(t) \quad (6)$$

여기서, $P_{i'}(t)|_{lb}$ 는 LT노드를 선정하기 위한 노드의 로드밸런싱의 확률을 의미하며, 확률이 높을 수록 클러스터 헤드노드 i' 가 저장할 수 있는 수용량은 크다는 것을 의미한다. 노드의 각 속성 확률에 가중치를 곱하여, 노드 i' 의 LT노드 선정확률을 계산하며, 다음 수식 7과 같다.

$$P_{i'}(t)|_{L.T} = \left| \frac{(P_{i'}(t)|_{dist})w_{i'}(dist) + (P_{i'}(t)|_{Dir})w_{i'}(Dir)}{(P_{i'}(t)|_E)w_{i'}(E) + (P_{i'}(t)|_{lb})w_{i'}(lb)} \right| \quad (7)$$

$$w_{i'}(attr) = \begin{cases} w_{i'}(dist) = \alpha_{dist}, w_{i'}(E) = \alpha_E \\ w_{i'}(dir) = \beta, w_{i'}(lb) = \gamma, \dots, etc \end{cases} \quad (8)$$

$\alpha + \beta + \gamma = 1$

여기서, i 는 클러스터 헤드노드를 의미하며, j 는 클러스터 멤버노드를 의미한다. i' 은 클러스터 멤버노드 통신 범위 내에 존재하는 클러스터 헤드노드, $w_{i'}(dist)$, $w_{i'}(Dir)$, $w_{i'}(E)$, $w_{i'}(lb)$ 은 거리와 방향, 에너지, 로드밸런싱에 대한 가중치를 의미한다. $w_{i'}(attr)$ 은 노드의 속성 집합을 의미한다. 노드는 LT노드를 선정하기 위해 노드의 여러 속성을 선택할 수 있으며, 선택된 속성의 가중치의 합은 1이다. 선택된 노드의 속성 중 유의적 관계를 가지는 노드의 속성들은 노드의 속성간 가중치의 영향을 받으며, 가중치의 합은 유의적 관계를 가지고 있지 않는 노드 속성의 가중치 값을 제한 값이다. 노드의 거리, 방향, 에너지, 로드밸런싱 속성을 이용하여 각 속성의 기대 값에 따른 확률을 계산하여, 높은 선정 확률을 가진 클러스터 헤드노드를 LT노드로 선정한다. 다음 표 1은 LT노드를 선정하는 과정을 나타낸 의사코드이다.

표 1에서 N은 네트워크에 존재하는 노드의 개수를 의미하며, G는 네트워크에 존재하는 클러스터 헤드노드의 수를 의미한다. CH는 네트워크에서 선정된 클러스터 헤드노드 그룹, CM은 클러스터 멤버노드의 그룹을 의미한다. $LT_i(t)$ 는 클러스터 멤버노드가 선정한 LT노드를 의미한다. LT노드를 선정하기 위해 통신 범위에 존재하는 클러스터 헤드노드를 검색하며, 통신 범위 내에 있는 클러스터 헤드노드의 LT노드 선정확률을 계산하여, 가장 높은 확률을 가진 클러스터 헤드노드를 LT노드로 선정하여 출력한다.

표 1. LT노드 선정과정 의사코드

Table. 1 Pseudo code of procedure of selecting LTnode

```

Procedure : the select of LT node
Input
CH: cluster head node group
CM: cluster member node group
Output
 $LT_i(t)$ : the LT node of all cluster member node i
Begin
 $LT_i(t) \leftarrow \phi$ 
a=0, b=0
tmpLT=0
while(a  $\neq$  (N-G))
  while(b  $\neq$  G)
    if(CH[b] has in CM[a] of coverage)
      and (CH[b]  $\neq$  CM[a]) then
        calculate  $P_b(t)|LT$  of CH[b]
        if( $P_b(t)|LT$  of CH[b] is max value) then
          tmpLT $\leftarrow$ CH[b]
          b $\leftarrow$ b+1
        end
       $LT_i(t) \leftarrow$ tmpLT
      a $\leftarrow$ a+1
    end
  output  $LT_i(t)$ : selected node of all cluster member node i
end
    
```

3.2. LT알고리즘 모델링

LT알고리즘은 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱을 통해 로드밸런싱이 높을 경우, 노드의 속성비교를 통해 선정된 LT노드를 통해 패킷을 전송함으로써 지속적인 통신을 지원하는 알고리즘이다. 클러스터 멤버노드는 지속적인 통신을 위해 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱을 주기적으로 상황테이블에 저장하게 되며, 다음 표 2와 같이 나타낸다.

표 2. 클러스터 멤버노드의 상황테이블

Table. 2 Status Table of cluster member node

CHID	CH1	CH2	CH3	CH5
Load balancing	0.54	0.96	0.10	0.38
$P_i(t) _{LT}$	0.32	0.25	0.96	0.40

표 2에서 CHID는 통신범위 내에 존재하는 클러스터 헤드노드의 아이디를 의미하며, 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱과 LT노드 선정확률을 저장한다. 클러스

터 멤버노드는 상황테이블에서 자신이 속한 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱이 높을 경우, 노드의 속성에 의해 선정된 LT노드에게 패킷을 전송하며, 그 과정은 다음 그림 2와 같다.

터 헤드노드의 로드밸런싱이 높은 것을 확인하면, 통신 범위내에 있는 클러스터 헤드노드 중 LT노드 선정확률이 높은 노드를 LT노드로 선정하여, 패킷을 전송한다. 그림2 (c)는 패킷을 수신한 LT노드는 목적노드와 통신하는 경로를 통해 통신한다.

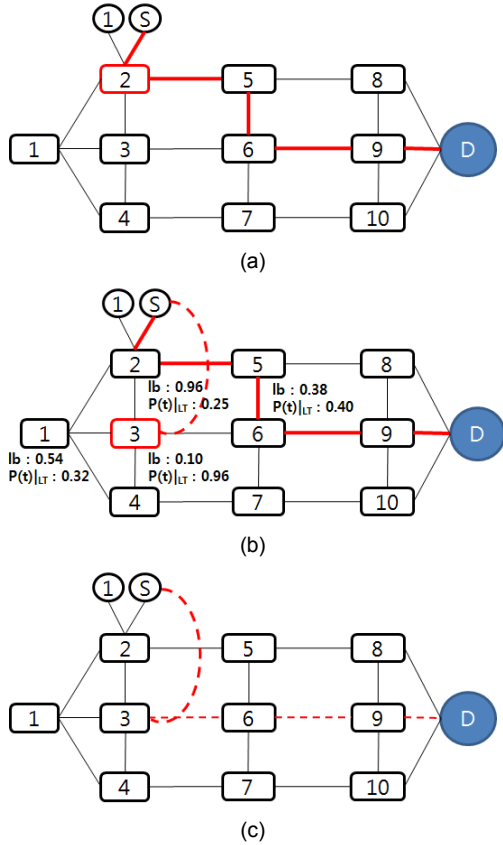


그림 2. LT노드에 의한 통신 모델링 (a) LT 노드 선정 전 라우팅 경로 (b) 상황테이블에 의한 LT노드 선정 (c) LT 노드 선정 후 라우팅경로

Fig. 2 The communication modeling by LTnode (a) The routing path before set the LT node (b) Set the LT node by status table (c) The routing path after set the LT node

그림 2에서 S는 패킷을 보내는 소스노드를 의미하며, D는 패킷을 수신받는 목적노드를 의미한다. 번호가 기재된 사각형은 클러스터 헤드노드, 번호가 기재된 원은 클러스터 멤버노드를 의미한다. 그림 2 (a)는 LT노드가 선정되기 전의 라우팅경로로 클러스터 멤버노드인 소스노드는 클러스터 헤드노드2를 통해 목적노드에게 통신하고 있다. 그림 2 (b)에서 소스노드가 소속된 클러스

IV. 모의실험 및 분석

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱이 집중되었을 경우, 설정된 통신범위에 존재하며, 클러스터 멤버노드의 속성과 유사한 클러스터 헤드노드를 LT노드로 선정하여 통신하는 알고리즘이다. LT알고리즘의 통신이 향상됨을 확인하기 위해 패킷 전송률을 모의실험하였다. 패킷 전송률을 분석하기 위한 수식은 다음 수식 9와 수식 10으로 나타낸다.

$$f(flow_j(t)) = \sum_{j=CM} flow_j(t) \times Avg_{Path(j,BS)}(P_i(t)|_{lb}) \quad (9)$$

$$PDR(t) = \frac{f(flow_j(t))}{\sum_{j=CM} flow_j(t)} \quad (10)$$

여기서, $f(flow_j(t))$ 는 네트워크에 존재하는 클러스터 멤버노드들이 베이스스테이션으로 패킷을 보냈을 경우, 베이스스테이션에서 받는 패킷의 양을 의미한다. 여기서 $flow_j(t)$ 는 클러스터 멤버노드 j에서 베이스 스테이션으로 보내는 패킷을 의미하며, $Avg_{Path(j,BS)}(P_i(t)|_{lb})$ 는 클러스터 멤버노드 j에서 베이스 스테이션으로 패킷을 송신할 경우, 라우팅 경로에 존재하는 클러스터 헤드노드들의 평균 로드밸런싱을 의미한다. 클러스터 멤버노드들이 베이스 스테이션에게 송신한 패킷의 총량과 로드밸런싱에 의해 베이스 스테이션에서 수신 받은 패킷 량을 수식 10에 의해 비교하여, 패킷 전송률을 분석하였다.

본 논문에서 주어진 모의실험 환경은 실험 동작 시간은 300초로 설정하였으며, 패킷의 전송주기는 1초마다 패킷을 송신하였다. 패킷 전송률은 30간격으로 패킷 전송률을 계산하였으며, 네트워크 영역은 $1000 \times 1000(m^2)$ 에서 $2000 \times 2000(m^2)$ 의 네트워크 영역의 크기를 증가하였다. 노드의 개수는 2000개로 네트워크 영역에 임의적

으로 배치하였다. 노드의 전송영역은 400m에서 600m 까지 설정하였으며, 노드의 속도는 최소 1(m/s)에서 최대 16(m/s)로 설정하였다. 비교 알고리즘은 일정한 홉이내에 존재하는 이웃노드의 수에 의해 전송경로를 설정하는 맥스-민 알고리즘(Max-min Algorithm)과 비교하였다.

표 3. 모의실험환경

Table. 3 Simulation Configuration

Parameter	Value
Network area	1000×1000, 1500×1500, 2000×2000(m ²)
Transmit area	400, 450, 500, 550, 600(m)
Velocity	1~16(m/s)
Number of cluster head node	16(EA)
Total Node	2000(EA)
Transmission cycle	1(Sec)
Interval time	30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270(Sec)
Operating time	300(Sec)

다음 그림 3은 네트워크의 영역이 1000x1000(m²)인 경우, 노드의 전송영역의 크기에 따른 패킷전송률을 나타내고 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 노드의 전송영역에 상관없이 98~99%의 패킷 전송률을 나타내었으며, 맥스-민 알고리즘은 노드의 전송범위에 따라 19~52%의 패킷 전송률을 나타내고 있다. 제안한 알고리즘이 맥스-민 알고리즘보다 높은 패킷전송률을 보여주고 있다.

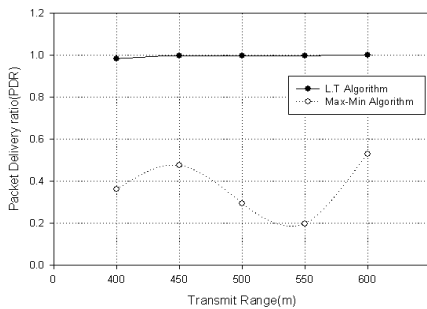


그림 3. 네트워크 영역 1000×1000(m²) 경우, 노드의 전송 영역에 따른 패킷전송률
Fig. 3 The packet delivery ratio by transmit range with network area 1000x1000(m²)

다음 그림 4는 네트워크의 영역이 1500x1500(m²)인 경우, 노드의 전송영역의 크기에 따른 패킷전송률을 나타내고 있다. LT알고리즘은 노드의 전송범위가 늘어남에 따라 74%에서 98%의 패킷 전송률을 보여주고 있으며, 맥스-민 알고리즘은 25%에서 41%의 패킷 전송률을 나타내고 있다. 네트워크의 영역이 1000x1000(m²)일 경우보다 낮은 패킷 전송률을 보여주나, 맥스-민 알고리즘에 비해 높은 패킷 전송률을 나타내고 있다.

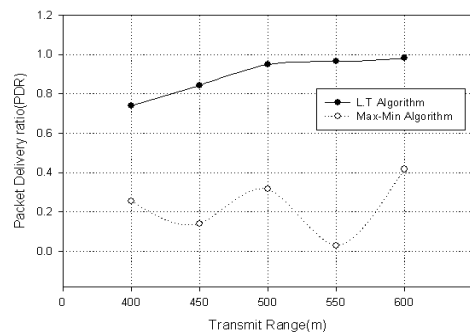


그림 4. 네트워크 영역 1500×1500(m²) 경우, 노드의 전송 영역에 따른 패킷전송률
Fig. 4 The packet delivery ratio by transmit range with network area 1500x1500(m²)

다음 그림 5는 네트워크의 영역이 2000x2000(m²)인 경우, 노드의 전송영역의 크기에 따른 패킷전송률을 나타내고 있다.

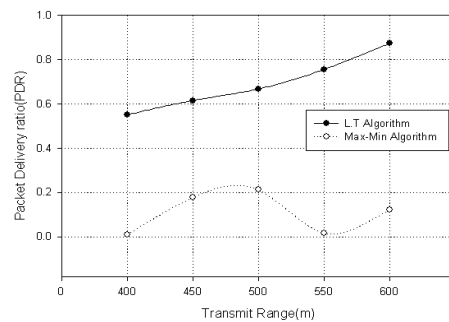


그림 5. 네트워크 영역 2000×2000(m²) 경우, 노드의 전송 영역에 따른 패킷전송률
Fig. 5 The packet delivery ratio by transmit range with network area 2000x2000(m²)

LT알고리즘은 노드의 전송범위가 늘어남에 따라 55%에서 87%의 패킷 전송률을 보여주고 있으며, 맥스-민 알고리즘은 0.009%에서 21%의 패킷 전송률을 나타내고 있다. 이전 모의실험에 비해 LT알고리즘의 패킷 전송률은 낮아 졌으나, 맥스-민 알고리즘에 비해 높은 패킷 전송률을 보여주고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 LT알고리즘을 소개하였다. LT알고리즘은 클러스터가 형성된 네트워크에서 클러스터 헤드 노드에게 패킷이 집중되어 통신을 할 수 없는 경우, 클러스터 멤버노드는 통신범위 내에 있는 클러스터 헤드 노드의 거리, 방향, 에너지, 로드밸런싱의 속성을 비교하여 LT노드를 선정하며, 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱이 집중된 상황을 확인하였을 경우, 지속적인 통신을 위해 LT노드를 통해 통신한다. 모의실험 결과, 네트워크의 영역이 증가함에 따라 LT알고리즘의 패킷전송률은 하향되었으나, 노드의 전송범위에 상관없이 맥스-민 알고리즘에 비해 향상된 패킷 전송률을 보여주었다. 하지만 네트워크 밀도, 에너지와 같은 다른 특정 요인에 의해 통신이 제한될 경우, 다른 결과가 나타날 수 있어, 이에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 산학협력 특성화 지원사업(NIPA-2014-H0808-14-1007)과 교육부 한국연구재단의 창의 지역인력양성사업(2014H1C1A1066391) 및 한국기술교육대학교 교육연구진흥비 프로그램의 지원의 연구결과로 수행되었음

REFERENCES

[1] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama, Ryu Miura, Nei Kato, Naoto kadowaki, "Optimal Forwarding Games in

mobile Ad Hoc Networks with Two-Hop f-cast Relay", *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, Volume: 30, Issue: 11, Page(s): 2169-2179, 2012.

- [2] P. Manickam, T. Guru Baskar, M. Girija, Dr. D. Manimegalai, "Performance Comparisons of Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks", *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, Vol. 3, No. 1, pp 98-106, 2011.
- [3] Young-jun Oh, Dong-keun Oh, Kang-whan Lee, "A Study Optimal Path Availability Clustering Algorithm in Ad Hoc Network", *Future Information Communication Technology and Applications Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 235, pp 689-696, 2013.
- [4] Ratish Agarwal, Dr. Mahesh Motwani, "Survey of cluster of clustering algorithms for M International journal on *Computer Science and Engineering*, vol.1(2), pp.98-104, 2009.
- [5] Xinbing Wang, Xiaojun Lin, Qingsi Wang, Wentao Luan, "Mobility Increase the Connectivity of Wireless Networks", *IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING*, vol. 21, no. 2, Page(s): 440-454, APRIL 2013.
- [6] Wenyuan Xu, Ke Ma, Wade Trappe, Yanyong Zhang, "Jamming Sensor Networks: Attack and Defense Strategies", *Network, IEEE*, Volume: 20, Issue: 3, Page(s): 41-47, 2006.
- [7] Jaejoon Lee, Jaesung Lim, "Effective and Efficient Jamming Based on Routing in Wireless Ad Hoc Networks", *IEEE Communication Letters*, vol. 16, Issue:11, Page(s): 1903-1906, 2012.
- [8] Amis A.D, Prakash R, Vuong T.H.P, Huynh D.T, "Max-min d-cluster formation in wireless ad hoc networks", *INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE*, vol.1, Page(s): 32-41, 2000.
- [9] Sungun Kim, Kangwhan Lee, "A study on the advanced inference routing network scheme for RODMRP", *International Conference on Advanced language Processing and Web Information Technology*, Page(s):437-443, 2008.
- [10] Young-jun Oh, Kang-whan Lee, "Energy conserving routing algorithm based on the direction for Mobile Ad-hoc network", *PROCEEDINGS CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERING*, vol. 17, no. 1, pp. 870-873, 2013.
- [11] Mitsuo Gen, Runwei Cheng, Lin lin, "Backbone Network Models", in *Network Models and Optimization : Multiobjective Genetic Alogrithm Approach*, Springer, ch.4, pp.246-257, 2008.



오동근(Dong-Keun Oh)

2013년 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 학사
※관심분야 : WSN, Ad-hoc network, Wireless SoC



오영준(Young-Jun Oh)

2009년 나사렛대학교 정보통신학과 학사
2011년 한국기술교육대학교 전기전자공학과 공학 석사
2011년 ~ 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 박사과정
※관심분야 : Ubiquitous computing, WSN, Ad-hoc network, 차세대이동통신기술, Wireless SoC



이강환(Kang-Whan Lee)

1983년 한양대학교 전자공학과 학사
1989년 중앙대학교 전자공학 석사
1989년 한국전자통신연구원 선임연구원
2002년 중앙대학교 전자공학 박사
2004년 특허청 서기관
2005년 ~ 한국기술교육대학교 정보기술공학부 교수
※관심분야 : WSN, Ad-hoc network, 차세대이동통신기술, Wireless SoC