

MANET에서 노드의 로드밸런싱에 따른 분산경로 설정 연구

오동근 · 오영준 · 이강환*

*한국기술교육대학교

A study of Distributed route path by load balancing in Mobile Ad hoc Networks

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

*Korea University Technology and Education

E-mail : shyawing@koreatech.ac.kr

요 약

본 논문에서는 노드의 로드밸런싱 속성을 이용하여 분산경로를 설정하는 L.T(Load Tolerance)알고리즘을 제안한다. 모바일 애드 혹 네트워크(Mobile Ad hoc Network)는 유동성을 가진 노드들로 구성된 네트워크로 토폴로지의 변화가 빈번하여, 기존 알고리즘에서는 라우팅 경로를 유지하기 위한 계층적 네트워크연구가 진행되어 왔다. 하지만 계층적 네트워크에서 특정 클러스터 헤드노드에게 로드밸런싱이 집중될 경우, 클러스터 헤드노드의 제한된 로드밸런싱을 초과되어 통신이 단절된다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 유효한 통신 반경 안에 존재하는 클러스터 헤드노드들의 로드밸런싱을 측정한다. 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱이 높을 경우, 소속된 클러스터 멤버노드는 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱과 동적속성을 분석하여 L.T 속성을 계산하며, 계산된 L.T 속성을 이용하여, 노드의 분산경로를 설정한다. 모의실험을 통해 클러스터 헤드노드의 로드 밸런싱이 높을 경우, 로드밸런싱이 낮은 분산 경로를 제공함에 따라 향상된 패킷 전송률을 보일 것으로 기대된다.

키워드

Mobile Ad-hoc Networks, hierararchical network, Load Balance, Distributed routing path

I. 서 론

모바일 애드 혹 네트워크(Mobile Ad hoc Network: MANET)는 유동성을 가진 노드들로 구성된 네트워크이다. 모바일 애드 혹 네트워크는 노드의 유동성에 의한 토폴로지의 빈번한 변화로 인해 라우팅 경로 재설정때 따른 오버헤드가 발생한다. 이러한 오버헤드의 발생을 줄이기 위해 계층적인 네트워크 구조에 관한 연구가 진행되어 왔다[1]. 하지만 계층적인 구조로 인한 특정 상위노드에게 트래픽이 집중되어, 데이터 패킷의 전송이 지연 혹은 단절되는 상황이 발생한다[2]. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 Load Tolerance(L.T) 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 계층적 네트워크 구조에서 유효한 통신 반경에 존재하는 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱을 주기적으로 측정하며, 노드의 속성 정보와 타 클러스터 헤드노드의 속성을 비교 하여 자신과 유

사한 속성을 지닌 노드로 구성된 라우팅 경로를 설정 및 통신하는 알고리즘이다.

II. 본 론

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱에 의해 통신이 단절 될 경우, 클러스터 멤버노드는 유효한 통신 반경에 존재하는 클러스터 헤드노드와의 L.T확률을 계산하여, 라우팅 경로를 재설정하여 통신한다. L.T 노드를 선정하기 위해 통신 범위를 설정하며, 다음 식(1)와 같이 나타낸다.

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

식(1)에서 R_C 는 노드의 통신범위를 의미하며, R_T 는 노드의 전송 범위를 의미한다. k 는 홉 수를 의미하며, 설정된 홉에 따라 노드의 통신범위가 결정된다. 본 논문에서는 통신의 범위를 설정하기 위해 홉 수를 2홉으로 가정한다.

노드가 같은 크기의 데이터를 받을 경우, 노드의 로드밸런싱은 노드의 수용량에 따라 달라질 수 있다. 노드의 로드밸런싱은 노드의 용량과 흐름량을 이용하여 다음과 같이 정의한다.

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

식(2)에서 $lb_i(t)$ 는 시간에 따른 노드의 로드밸런싱을 의미하며, $flow_i(t)$ 는 패킷 흐름량을 의미한다. C_i 는 수용량, C_i^α 는 노드의 상태를 의미하며 상수 α 에 따라 달라진다. $lb_i(t)$ 에 의해 노드의 로드밸런싱 확률은 식(3)에 의해 계산한다.

$$P_i(t)|_{lb} = 1 - lb_i(t) \quad (3)$$

식(3)에서 $P_i(t)|_{lb}$ 는 노드의 로드밸런싱을 의미한다. 노드의 방향속성은 관련 논문에서 제안한 DDV-hop 알고리즘 중 방향에 대한 속성정보를 사용하여 방향의 차이를 계산하며, 다음 식(4)와 같다[3].

$$P_i(t)|_{Dir} = \frac{Dir_{i,j}}{|Dir_j^{rs}|} \quad (4)$$

식(4)에서 $Dir_{i,j}$ 는 노드간의 방향의 차이를 의미하며, Dir_j^{rs} 는 방향차이의 임계값을 의미한다.

노드의 속성의 확률에 가중치를 곱하며, 노드 i 의 L.T노드 선정확률을 계산하며, 식은 다음과 같다.

$$P_i(t)|_{L.T} = \left| (P_i(t)|_{dist})w_i(dist) + (P_i(t)|_{Dir})w_i(Dir) + (P_i(t)|_E)w_i(E) + (P_i(t)|_{lb})w_i(lb) \right| \quad (5)$$

$$w_i(atr) = \begin{cases} w_i(dist) = \beta, w_i(dir), w_i(E) = 1 - \beta \\ w_i(lb), \dots, etc \end{cases} \quad (6)$$

식(5)에서 i 는 클러스터 헤드노드를 의미하며, j 는 클러스터 멤버노드를 의미한다. i 은 통신 범위 내에 존재하는 클러스터 헤드노드, $P_i(t)|_{dist}$ 는 거리속성의 확률, $P_i(t)|_E$ 는 에너지 속성의 확률을 의미한다. $w_i(dist)$, $w_i(Dir)$, $w_i(E)$, $w_i(lb)$ 은 거리와 방향, 에너지, 로드밸런싱의 가중치를 의미한다. 식(6)은 노드는 여러 속성을 가지고 있으며, 노드의 속성 중 유의적 관계를 가지는 노드의 속성들의 합은 1이 되어야 한다. 노드의 속성을 이용하여 L.T 노드 선정 확률을 계산하여 높은 확률을 가진 클러스터 헤드노드를 L.T 노드로 선정한다. 종단간의 라우팅 경로를 설정하기 위해 각 노드간의 관계를 정의한다.

$$X_M = \{x_{M(i,j)} | x_{M(i,j)} = 0, 1\} \quad (7)$$

$$x_{M(i,j)} = \begin{cases} 1, & \text{if node } j \text{ is among cluster headnode } i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

식(7)에서 X_M 은 클러스터 헤드노드와 클러스터 멤버노드간의 연결집합을 의미한다. $x_{M(i,j)}$ 는 클러스터 헤드노드 i 와 클러스터 멤버노드 j 의 관계를 의미한다. 식(8)에서 $x_{M(i,j)}$ 의 값이 1인 경우, 클러스터 멤버노드 j 는 클러스터 헤드노드 i 와 관계를 가지며, $x_{M(i,j)}$ 의 값이 0인 경우, 클러스터 멤버노드 j 와 클러스터 헤드노드 i 는 관계를 가지고 있지 않다. 클러스터 헤드노드간 관계를 다음 식과 같이 나타낸다.

$$X_H = \{x_{H(i,i')} | 0 \leq x_{H(i,i')} \leq 1\} \quad (9)$$

$$x_{H(i,i')} = \begin{cases} 0 < x_{H(i,i')} \leq 1, & \text{node } i \text{ connects node } i' \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

식(9)에서 X_H 는 네트워크에서 클러스터 헤드노드간 연결집합을 의미하며, $x_{H(i,i')}$ 은 클러스터 헤드노드 i 와 클러스터 헤드노드 i' 의 관계를 의미한다. 식(10)에서 $x_{H(i,i')}$ 은 0에서 1사이의 값을 가지고 있으며, 값이 낮을수록 통신이 단절될 확률이 높다. $x_{H(i,i')}$ 의 값이 0일 경우, 클러스터 헤드노드 i 와 클러스터 헤드노드 i' 간 연결이 되어 있지 않음을 의미한다. 노드간 관계를 정의한 이후, 노드의 라우팅 경로는 다음 식(11)과 같이 나타낸다.

$$Path_{(j,Des)} = \{X_{M(i,j)}, X_{H(i,Des)} | x_{M(i,j)} \cup x_{H(i,Des)}\} \quad (11)$$

여기서 Des는 목적 노드를 의미한다. 클러스터 멤버노드는 통신범위 내에 존재하는 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱과 L.T노드 선정 확률을 측정하여, 상황테이블에 저장하며, 다음 식(12)으로 나타낸다.

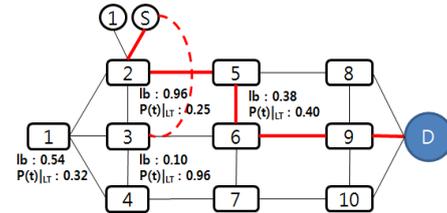
$$Table_{status(j)} = \{X_{M(i,j)}, X_{H(i,i')} | lb_i, lb_{i'}, P_i(t)|_{L.T}, P_{i'}(t)|_{L.T}\} \quad (12)$$

클러스터 멤버노드의 상황테이블에서 클러스터 멤버노드가 소속된 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱이 최소값을 가지는 경우, 클러스터 멤버노드는 클러스터 헤드노드에게 패킷이 집중된 것을 판단하며, 분산경로를 설정한다. 클러스터 멤버노드는 클러스터 헤드노드를 대신하여 선정된 L.T노드를 라우팅 경로에 포함시킨다. L.T노드는 클러스터 헤드노드들의 L.T노드 선정확률이 높은 노드를 경로로 설정하여 통신하며, 식(13)과 같이 나타낸다.

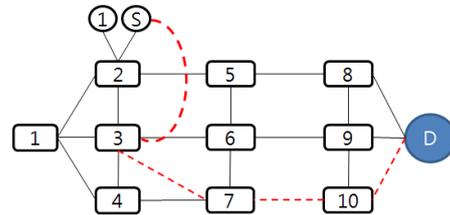
$$s.t. x_{M(i,j)} \times lb_i(t) \text{ is max} \quad (13)$$

$$D.Path_{(j,i')} = \{X_M, X_H | x_{H(i,i')} \times \max P_i(t)|_{L.T}\}$$

식(13)에서 $D.Path_{(j,i')}$ 은 소스 노드 j 에서 목적지 노드 i' 에게 통신하는 분산경로를 의미한다. 클러스터 멤버노드가 로드밸런싱에 의해 분산경로를 설정하여 통신하는 과정은 다음 그림1과 같다.



(a) 상황테이블에 의한 분산경로 설정



(b) 분산경로에 의한 통신

그림 1. 분산경로 설정과정

그림 1에서 S는 패킷을 송신하는 소스노드, D는 패킷을 수신하는 목적지 노드를 의미한다. 그림 1 (a)는 클러스터 멤버노드가 클러스터 헤드노드의 로드밸런싱을 측정하여 로드밸런싱이 낮은

경우, L.T 노드를 선정하여 분산경로를 설정하며, 그림 1 (b)에서 보는 바와 같이 설정된 분산 경로를 통해 통신을 한다.

III. 모의실험 및 분석

본 논문에서 제안하는 L.T 알고리즘의 통신 향상됨을 분석하기 위해 이웃 노드의 수와 아이디를 이용해 통신하는 맥스-민 알고리즘과 비교하였다. 모의실험환경은 다음 표 1과 같다.

표 1. 노드의 상황테이블

항목	내용
네트워크 영역	1000×1000(m ²) to 2000×2000(m ²)
속도	1~16(m/s)
클러스터 헤드노드 수	16(EA)
노드 수	2000(EA)
모의실험 작동시간	300(Sec)

그림2는 네트워크의 영역크기에 따른 패킷 전송률을 나타내고 있다. 그림 2에서 보는바와 같이 네트워크의 영역이 늘어남에 따라 두 알고리즘 모두 패킷전송률이 감소되었으나, L.T 알고리즘이 맥스-민 알고리즘보다 향상된 패킷전송률을 보여 주고 있다.

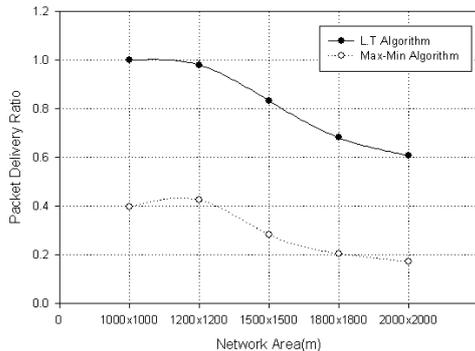


그림 2. 네트워크 영역에 따른 패킷전송률

IV. 결 론

본 논문에서는 제안한 L.T 알고리즘은 클러스터가 형성된 네트워크에서 클러스터 헤드노드에 패킷이 집중되어 통신을 할 수 없을 경우, 멤버노드는 통신범위 내에 있는 클러스터 헤드노드의 거리, 방향, 에너지, 로드밸런싱의 속성을 비교하여 L.T 노드를 선정하여 지속적인 통신을 분산 경로를 설정한다. 모의실험 결과, 네트워크의 영역이 커짐에 따라 L.T 알고리즘의 패킷전송률을 저하되었으나 비교 알고리즘에 비해 높은 패킷 전송률을 유지하고 있음을 확인하였다. 하지만 노드의 에너지 소모율 등 특정 요인에 의해 통신이

제한될 경우 다른 결과가 나타날 수 있어 이에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 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
- [2] Loukas Lazos, Marwan Krunz, "Selective jamming/dropping insider attacks in wireless mesh network", *IEEE JOURNALS & MEGAZINES*, vol.25, Page(s): 30-34, 2011
- [3] 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
- [4] 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.
- [5] Mitsuo Gen, Runwei Cheng, Lin lin, "Backbone Network Models", in *Network Models and Optimization : Multiobjective Genetic Alorithm Approach*, Springer, ch.4, pp.246-257, 2008
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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
- [9] 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