

MANET에서의 상황 인지 구조를 이용한 에너지 보존 라우팅 연구

진운, 이범재, 지삼현, 김순국, 두경민, 이강환

Korea University of Technology and Education

winduser@kut.ac.kr

요 약

Ad hoc 센서 네트워크에서 노드는 제한된 에너지를 가지며, 에너지의 사용률은 토폴로지 구조나 센서 노드의 동작에 의존한다. 본 논문에서는 low power distributed MAC을 개량 하여, MANET에서 clustering 구조의 네트워크를 위한 효율적인 에너지 절약을 위한 새로운 구조를 제안한다. 본 제안된 구조의 특징은 Ad hoc 네트워크에서 에너지에 관련된 배터리 과잉, 노드의 거리, 전송 전력 등의 정보를 활용한 상황 인식을 사용하였다. 에너지 상황 인식을 적용한 제안된 망의 구조는 clustering 형상과 메시지 전송의 성능 및 데이터의 도달 인식을 향상 시킨다. 또한 context aware computing을 이용함으로써, 상황과 정의된 rule에 따라서 노드의 동작과 네트워크 라우팅의 상황에 적응하도록 노드를 조정 할 수 있는 구조이다.

Key word: Context aware, Architecture, Ad hoc networks, Sensor node, Energy, Rule based.

I. 서 론

Ad hoc 네트워크는 동적 토폴로지를 가지는 모바일 자체 구조 망이다. 그리고, 모든 노드는 라우터와 같은 역할을 할 수 있다. 이 Ad hoc 네트워크의 센서는 독립적인 배터리 전원을 가지며, 그 에너지는 제한적이다. 그러므로 노드의 수명을 늘리기 위해서는 가능한 에너지를 효율적으로 사용하는 것은 매우 중요한 논점이다.

네트워크의 수명과 출력을 늘리기 위해서 노드의 에너지 소비와 라우팅 링크 비용을 줄일 필요가 있다. 그러므로 어떤 네트워크 구조와 어떤 라우팅 path를 선택하느냐가 Ad hoc 네트워크에서 매우 중요하다.

위 이유에 따라서 본 논문에서는 Energy conserving Context aware Clustering algorithm (ECC)는 Cluster 네트워크 구조와 라우팅 알고리즘인 Optimal Energy Routing Protocol (OERP) path를 사용한다.

Ad hoc 네트워크의 토폴로지에서는 노드의 잔여 에너지량과 에너지 소비 비율이 유동적으로 변하기 때문에 유동적인 다른 상황에 따른 즉각적인 반응을 연속적으로 보여야 한다. 그래서 본 논문에서는 cluster head 노드에서 상황 인식 컴퓨팅을 사용하여 라우팅 path를 결정한다.

본 논문에서는 새로운 Energy conserving Context aware Clustering algorithm(ECC)를 제안한다. 이 알고리즘은 전송 전력, 노드의 이동성 노드의 잔여

에너지량과 같은 여러 에너지 요소를 종합적으로 고려하여 최소한의 이웃 노드 N에 대한 낮은 전송 전력을 가지며, 잔여 에너지량이 높고, 낮은 이동성을 가진 노드를 cluster head로 선택 할 수 있다.

기존의 MER (Minimum Energy Routing) Protocol[1], OMM (Online Max Min Routing) Protocol[2]등의 라우팅 에너지 알고리즘은 Ad hoc 네트워크를 적용하기에는 적합하지 않다. 그

이유는 MER은 오직 종합적인 에너지 소비만을 고려한 라우팅 path이고, OMM은 오직 노드의 잔여 에너지량만을 고려한 알고리즘이기 때문이다. 위 알고리즘은 오직 한가지 요소를 고려하였다. 본 논문에서 제안하는 새로운 OERP는 라우팅 path의 에너지 소모, 노드의 잔여 에너지량, 노드의 소비 전력 등의 여러 요소를 사용한다. 위와 같은 요소들을 종합적으로 고려하여 네트워크의 수명을 향상 시키는 최선의 에너지 라우팅 path를 선택한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 MANET을 위한 상황 인지 구조를 기초한 rule를 보이며, 3장에서는 Energy conserving context aware clustering algorithm (ECC)와 the optimal energy routing protocol algorithm (OEPR)에 대해 설명한다. 그리고 4장에서 결론으로 구성된다.

II. MANET에서의 에너지 절약 라우팅을 위한 상황 인지 구조

본 논문에서 제안하는 상황 인지 구조를 기초로

한 rule은 네트워크 clustering 형성과 네트워크 라우팅 실행을 위해 설계 되었다.

본 논문에서 제안하는 상황 인지 구조는 ECA (Event Condition Action) rules [5]을 이용하며, 구조는 fig1에서 보는 바와 같다. 이 상황 인지 구조는 communication unit, processing unit, black board로 이루어져 있다. 본 논문에서는 이 구조에 오직 energy elements과 masking part를 이용한다. Communication unit 은 외부 장치로부터 상황 정보 얻거나 컴퓨팅 된 결과를 보낼 때 사용된다. Processing unit은 rule에 따라 상황 정보를 처리한다. 이 프로세서에서는 Blackboard의 working 메모리와 상황 지식을 가지고 센서로부터 채집된 정보를 근간으로 판단 기준이 되는 임계값의 결정 등을 처리 하는 기능 구조로 되어 있다. 또한 새로운 상황 정보를 얻게 되면 즉시 업데이트 하는 유동적인 정보 구조를 가진다.

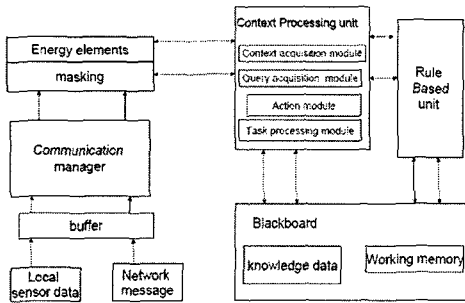


Fig. 1. 상황 인지 구조

본 논문은 Clustering 구조 형성 및 유지보수와 에너지 절약을 위한 라우팅 path 선택, 상황 rule 설계를 위한 요소 정보를 고려해야 한다. 위의 고려사항은 다음 장에서 다루도록 한다.

III. ECC와 OERP 알고리즘

1. ECC모델의 제안

이 장에선 ECC(context aware weighting clustering algorithm)에 대해 소개하겠다.

Table.1 ECC의 정의된 변수

이름	설 명
i	노드 ID
E_i	노드 i 의 잔여 에너지량
P_i	노드 i 의 전송 전력
D_{ij}	노드 i 와 노드 j 의 거리
V_i	노드 i 의 속력
N_i	노드 i 의 이웃 노드의 수
S_{ij}	노드 i 부터 노드 j 까지의 신호 세기

S_{th}	미리 정의된 S_{ij} 의 threshold 값
W_i	노드 i 의 ECC Weighting value
W_{th}	W_i 의 threshold 값
e_{ji}	노드 j 부터 노드 i 까지의 전송 유닛의 소비 전력 정보
Q_{ij}	노드 j 부터 노드 i 까지의 전송률 정보
R_i	노드 i 의 에너지 소비 비율
R_p	path p 의 에너지 소비 비율
T_i	노드 i 의 수명
U_p	path p 의 OERP value

1.1. Cluster 모델

이 알고리즘은 보유 에너지가 많으며, 이동성이 적고, 낮은 전송 전력을 가진 노드를 cluster head로 선택한다. Table. 1은 이 알고리즘에서 사용된 변수의 정의이다. 속력(V_i)는 노드 i 와 이웃 노드 간의 신호 세기를 통하여 얻을 수 있다. 그리고 본 논문은 각 노드는 1~2hop의 이웃 노드를 갖는다고 가정한다.

1.2. 알고리즘 설명

이 네트워크의 각 노드들은 이웃 노드 리스트를 포함하고 있으며, 노드들 간의 메시지 교환을 이용하여 이웃 노드 리스트를 업데이트 시킨다.

식 (1)은 ECC weighting 값(W_i)의 정의다.

$$W_i = E_i \times P_i^{-1} \times V_i^{-1} \quad (1)$$

Table.2 weighting value factors

상태	E_i	P_i^{-1}	V_i^{-1}
Average V_i is very low	1	1	0
Average V_i is high	1	1	0.5
Average E_i is high	0	1	1

E_i, P_i, V_i 는 일반적인 네트워크의 에너지 요소이다. 각각 노드의 잔여 에너지량, 전송 전력, 노드의 속력을 나타낸다. Table. 2는 각기 다른 상태에서의 E_i, P_i, V_i 가 다른 값을 갖는 것을 보여준다.

1.3 ECC algorithm rules

ECC algorithm rule는 다음과 같은 순서를 따른다.

Step1. 각 노드 i 는 주변 노드 자신의 정보를 보내고, 수신모드로 대기한다.

Step2. E_i, P_i, V_i 를 연산하여 ECC value W_i 를 얻는다.

Step3. W_i 를 연산하여, W_i 가 W_{th} 값을 중 가장 크다면, 노드 i 는 부모노드가 되어, 이웃 노드에게 부모 노드 선언 메시지를 보내고, cluster를 형성한다. 그 후 자식 노드의 정보를 수집하기 시작한다. 그러나, 가장 큰 W 값을 가지지 않는다면 노드 i 는 수신 모드가 되어 부모 노드로부터 선언 메시지를 받을 준비를 한다. 선언 메시지를 받으며, cluster ID를 설정하고

cluster 멤버가 되어 주기적으로 부모 노드에 자식 노드의 존재 여부를 보내게 된다.

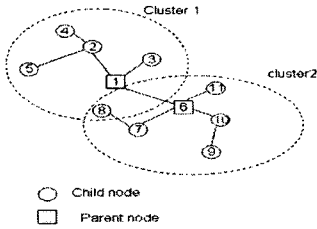


Fig. 2. ECC cluster 구조

본 논문에서 제시한 상황 인식 구조는 각기 다른 요소에 고려하여 상황을 분류한다. 그 예로 Table.3 은 6가지 요소에 고려한 상황 분류를 보여준다. 식 (1)에 따라, 얻어진 ECC W_i 값을 고려하여, 각 노드의 상태가 cluster head인지 cluster member인지 결정 한다. Table.3을 기초로 한 이 네트워크 cluster구조는 fig.2에서 보여지듯이, cluster 1에 노드 1이 부모 노드가 되고, 노드 2,3,4,5가 자식 노드가 된다. 노드 6은 이웃 노드가 된다.

Table.3 상황 분류 형태

Id	E_i	P_i	V_i	W_i	상태
1	5	10	10	0.05	parent 노드
2	4	20	20	0.01	Child 노드
3	6	10	20	0.02	Child 노드
4	4	20	10	0.02	Child 노드
5	3	20	20	0.075	Child 노드
6	6	10	15	0.4	Neighbor 노드

1.4 ECC clustering 유지 보수.

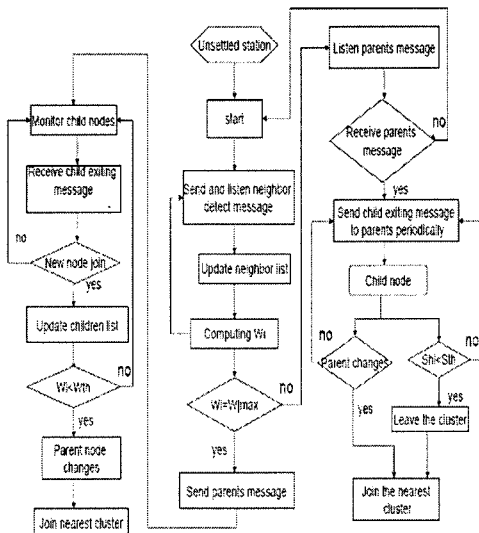


Fig. 3. ECC algorithm flow chart

1.4.1 부모 노드의 유지 보수

$$W_{th} = avgW \times \beta (0 < \beta < 1) \quad (2)$$

W_{th} 가 식(2)처럼 정의되고, 만일 부모 노드 i 의 ECC weighting W_i 가 $W_i < W_{th}$ 라면, 부모 노드는 부모 노드의 변경 메시지를 자식 노드에 보내고 부모 노드를 변경 한다. 현 cluster에 부모 노드가 될 노드가 없으면, 그 자식 노드들은 가장 가까운 이웃 cluster에 참가한다.

만일 부모 노드가 자식 노드로부터 존재 여부 메시지를 받지 못하면, 부모 노드는 자식 노드 리스트를 업데이트 시키고, 그 자식 노드의 정보를 제거한다.

1.4.2 자식 노드의 유지 보수

자식 노드가 부모 노드로 부터 부모 노드 변경 메시지를 받았다면 부모 노드를 변경 한다.

만일 자식 노드가 부모 노드까지의 신호 세기가 미리 정의된 S_{th} 보다 적으면, 존재 여부 메시지를 보낼 수 없게 된다. 이 경우에는 근처의 새로운 cluster에 참여하게 된다. Fig.3은 ECC clustering의 형성과 유지 보수에 관련한 흐름도이다.

1. ECC cluster 네트워크를 위한 OERP algorithm (Optimal Energy Routing Protocol) 제안

Cluster기반 Ad hoc네트워크에서 자식 노드로부터 부모 노드로의 전송이나, 부모 노드간의 전송은 각 cluster의 hop이 깊어질수록 데이터의 복잡도가 증가한다. 이것은 데이터의 전송량을 늘리고, 소비 전력 또한 증가시키는 문제점이 있다. 본 논문은 이런 문제점을 해결하기 위하여 OERP 알고리즘을 사용한다.

2.1 Routing path 발견

MANET에서의 에너지 보존을 향상 시키기 위해서 소스 노드에서 목적지 노드까지의 다양한 라우팅 path를 채택 할 수 있다[3]. 에너지 요소들은 RREQ (Route require)에 더해진다. 본 논문은 에너지 보존을 고려한 라우팅 path 선정에 중점을 둔다. 현재의 대부분의 Ad hoc 네트워크의 에너지 보존 기반 라우팅 프로토콜은 MER[1]이나 OMM[2]과 같이 오직 측면에서의 문제점만을 고려한다. 본 논문에서 잔여 에너지량과 링크 path의 에너지소비를 종합적으로 고려한 새로운 라우팅 알고리즘인 OERP를 제안한다. OERP에서 모든 소스부터 목적지까지의 path를 P 라 하고, 선택된 path를 path p 라고 하며,

그 path p 의 노드들을 N_p 라 한다. ($p \in P$)
이 때 노드 i 수명 T_i 는

$$T_i = \frac{E_i}{q \sum_{j \in N_i} e_{ji}} \quad (3)$$

노드 i 의 에너지 소비 비율 R_i 는

$$R_i = \frac{e_{ji}}{E_i} \quad (4)$$

path p 에너지 소비 비율 R_p 는

$$R_p = \frac{\sum e_{ji}}{\sum E_i} \quad (5)$$

$\min R_i$ 를 path p 의 R_i 의 최소값이라 하고, $\min T_i$ 를 path p 의 T_i 의 최소값이라 하면,

Path p 의 OERP value U_p 는

$$U_p = \min T_p + \min R_i + R_p^{-1} \quad (6)$$

2.2 OERP 알고리즘의 성능

$\min E_i$ 가 path p 의 $E_i(i \in N_p)$ 의 최소값이고, path p 의 잔여 에너지량을 $E_p(p \in P)$ 라 했을 때 E_p 최소값을 $\min E_p$ 라 하고, E_p 의 최대값을 $\max E_p$ 라 가정한다.

fig.4의 예제에서 노드 1를 소스 노드이고, 목적 노드는 노드 6라 할 때, 소스 노드 1에서 목적 노드 6까지의 path는 path1: {1,3,4,6}, path2: {1,2,4,6}, path3: {1,2,5,6} 총 3개지이다. Path1의 $\min E_i=3$, path2의 $\min E_i=2$, path3의 $\min E_i=4$ 라고 하면, $\min E_p = \min\{3,2,4\} = 2$, $\max E_p = \max\{3,2,4\} = 4$ 이다.

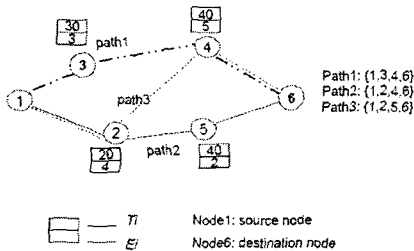


Fig. 4. A simple multipath Routing

Table.4 OERP element value

Path	$\min T_i$	$\min R_i$ (%)	$1/R_p$	$\min E_i$	U_p
Path1	30	5	5	3	40
Path2	20	10	5	2	35
Path3	20	5	7	4	32

Step1. 노드가 RREQ (Route require)받을 때, myID=Dest라 할 때,

A. No, RREQ에 myID를 더한 후 R_i , T_i 를 연산하여, RREQ R_i , T_i , E_i 를 더한다.

B. Yes, 노드는 Δt 만큼 기다린 후 multipath P 에 대한 OERP값 U_p 연산하고 식(7)에 따라 path P' 를 선택한다.

$$E_p > \min E_p + a(\max E_p - \min E_p), \quad (0 \leq a \leq 1). \quad (7)$$

식 (7)은 잔여 에너지량은 적은 라우팅 path는 선택하지 않는다. 식(8)에 의해, path $p(p \in P)$ 는 라우팅 path로 선택 된다.

$$U_p = \max \{U\} \quad (8)$$

Step2. 소스 노드로부터 보내진 메시지에 응답을 보낸다.

Table.4는 Fig.4의 단순한 multipath 구조에서 각 노드로부터 보내진 응답 메시지를 기초로 얻어진 path별 $\min T_i$, $\min R_i$, $1/R_p$ 과 식(6)연산으로 얻어진 U_p 와 $\min E_i$ 를 보여주고 있다. 여기서 $a=0$ 라 가정했을 때, $\min E_p=2$ 이므로 식(7)에 의해 $E_p > 2$ 가 된다. 그러므로 $P' = \{\text{path1}, \text{path3}\}$ 가 되며, 식(8)에 의해 path1이 라우팅 path로 선택된다.

IV. 결론

본 논문에서 Ad hoc네트워크를 위한 energy conserving context aware clustering algorithm (ECC)와 Optimal Energy Routing Protocol (OERP)를 제시했다. 제시된 ECC를 사용한 OERP 알고리즘은 Ad hoc 네트워크에서 에너지 소비를 줄이기 위해, 에너지 요소를 종합적으로 고려한 알고리즘이다.

제시된 ECC를 적용한 OERP는 네트워크 토폴로지와 노드의 잔여 에너지량을 알 필요가 있다. 이것은 모든 노드가 자신의 잔여 에너지량을 다른 노드에게 알려야 하므로, 거대한 네트워크에서는 적합하지 않다. 하지만 Ad hoc 네트워크와 같은 소규모 네트워크에서는 기존의 알고리즘보다 효율적인 에너지 관리를 통해 네트워크의 수명을 연장할 수 있다.

참고 문헌

[1] Doshi S, Brown TX, "Minimum Energy Routing Schemes for a Wireless Ad hoc Network," Proceedings of the Conference on Computer Communications (IEEE Infocom 2002) 2002.
[2] Li Q, Aslam J, Rus D, "Online Power aware Routing in Wireless Ad hoc Networks," Proceedings of Int'l Conf. on Mobile

- Computing and Networking (MobiCom'2001) 2001.
- [3] An HY, Lu XC, Peng W, "A cluster based multipath routing algorithm in mobile Ad hoc networks," *Journal of Software*, 2007, 18(4):987-995. <http://www.jos.org.cn/10009825/18/987.htm>.
 - [4] Xu Punping, Wang Panqing, "Research on an improved weighting clustering algorithm," Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China.
 - [5] Laura Maria Daniele, "Towards Rule based Approach for Context Aware Applications".
 - [6] Tomohiro NAGATA, Hisashi OGUMA, and Kenichi YAMAZAKI, "A Sensor Networking Middleware for Clustering Similar Things".
 - [7] Keon Myung Lee, Bong Ki Sohn, Jong Tae Kim, Seung Wook Lee, Ji Hyong Lee, Jae Wook Jeon, and Jundong Cho, "An SoC Based Context Aware System Architecture."
 - [8] WANG Haitao, ZHANG Shaoren, SONG Lihua, "Architectures and clustering algorithms for mobile Ad hoc network".
 - [9] Mohamed Younis, Moustafa Youssef, Khaled Arisha, "Energy aware management for cluster based sensor networks," 2003.
 - [10] M. Chatterjee, S.K. Sas and D. Turgut, "An on demand weighted clustering algorithm (WCA) for Ad hoc networks", *IEEE Conference on Global Telecommunications*, Vol. 3, Nov. Dec. 2000. pp. 1697-1701.