

무선 Ad-hoc 네트워크에서 전력, 연결강도 및 이력 정보를 고려한 Connected Dominating Set 구성 방법

Power, Degree and Selection Information-Aware

Connected Dominating Set Construction Algorithm in Ad-hoc Wireless Networks

하덕규*, 송영준**, 김동우***, 김영준****, 이인성*****

충북대학교 바이오정보기술학과*, 충북대학교 BITRC**, 충북대학교 BK21 충북정보기술사업단***,
충북대학교 전파통신공학과****

Deok-Kyu Ha(dk253@hanmail.net)*, Young-Jun Song(songyjorg@dreamwiz.com)**,
Dong-Woo Kim(dubssi@paran.com)***, Young-Joon Kim(cbnu045@naver.com)****,
In-Sung Lee(inslee@chungbuk.ac.kr)*****

요약

본 논문에서는 무선 ad-hoc 네트워크에서 보다 효율적인 라우팅을 위해 기존의 에너지, 연결강도와 이력 정보를 추가하는 CDS 구성 방법을 제안한다. 무선 ad-hoc 네트워크에서는 CDS(connected dominating set)를 구성할 때 보다 빠르고 간단하며 효율적인 전력 소모 관리가 가능한 알고리즘이 필요하다. CDS로 결정된 노드는 그렇지 않은 노드에 비해 통신량이 많기 때문에 CDS는 최소화 되어야 하며 지속적인 위치 이동이 이루어지지 않는 무선 ad-hoc 네트워크에서는 가장 효율적인 CDS를 결정하고 망 구성이 이루어진 후 가급적 재구성 되지 않아야 한다. 이 문제점들을 개선하고자 기존에 제안된 EL + ND 기반 CDS 구성법보다 효율적인 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법을 제안하고 실험을 통하여 성능을 비교 검증하였다.

■ 중심어 : | CDS | Ad-hoc | 라우팅 알고리즘 | 게이트웨이 | 전력관리 |

Abstract

In this paper, we propose a method of energy level, node degree and selection information based CDS(Connected Dominating Set) construction algorithm for more efficient routing in ad-hoc wireless networks. Constructing CDS in ad-hoc wireless network, it is necessary to make more efficient algorithm that is faster, more simple and has low power consumption. A CDS must be minimized because nodes in the CDS consume more energy in order to handle various bypass traffics than nodes outside the set. It is better not to reconstruct CDS after constructing the most efficient CDS. To overcome this problem, we proposed the CDS construction algorithms based on EL+ND+Sel method. We compared and estimated the performance in each situation of EL + ND and EL + ND + Sel.

■ keyword : | CDS | Ad-hoc | Routing Algorithm | Gateway | Power Control |

* "이 논문 또는 저서는 2009년 교육과학기술부의 지원 받아 수행된 연구임"

(지역거점연구단육성사업 / 충북BIT연구중심대학육성사업단)

접수번호 : #090707-005

심사완료일 : 2009년 07월 28일

접수일자 : 2009년 07월 07일

교신저자 : 이인성, e-mail : islee@cbnu.ac.kr

I. 서론

무선 ad-hoc network 는 고정된 유선망을 구축하지 않고 무선 네트워크 인터페이스를 장착한 이동식 호스트로만 이루어져 구성되는 통신망이다. 따라서 유선망 구축이 어렵거나 임시로 망을 구성하여 사용되는 경우에 주로 사용된다. 각 단말들의 이동이 자유롭고 유선망이나 기지국(Base Station)이 필요 없기 때문에 망 구축비용이 적게 들며 빠르고 쉽게 망을 구성하거나 철거할 수 있다[1].

Ad-hoc network에서 각각의 이동 노드는 호스트로서 뿐만 아니라 라우터로 동작하게 되며 다른 노드들에 대해 다양한 경로 설정이 가능하므로 기반 구조가 없는 네트워크이다. 무선 ad-hoc 네트워크를 구성하는 각 이동 단말은 배터리를 사용하므로 전력량을 최소화 하고 효율적으로 분배시키는 것이 중요하다. 노드는 일반적으로 송신(transmission), 수신(reception), 유휴상태(idle), 슬립(sleep) 모드의 네 가지 상태를 가질 수 있으며 특히 유휴 상태에서 상당한 양의 전력이 소비된다 [2].

IEEE 802.11에서는 노드가 자신의 송수신기의 전원을 끄고 슬립 모드로 전환할 수 있는 전력 절감 모드(power saving mode)를 정의하고 있다[3]. 따라서 노드가 유휴 상태에 있는 시간을 최소화하고 슬립 모드에 있는 시간을 최대화함으로써 노드의 전력 소모를 감소시킬 수 있다[4].

전력 관리에 유리한 EL 기반 구성법과 CDS 최소화에 유리한 ND 기반 구성법을 조합한 EL + ND 기반 CDS 구성법을 적용하면 보다 효과적인 전력 관리가 가능하다[5]. CARCODS(Construction Algorithm for Reliable Connected Dominating Set)[2]을 비롯한 기존의 PAR(Power-Aware Routing)[6] 기반 프로토콜들의 경우 배터리 효율면에서는 EL 기반 CDS 구성법만을 적용한 경우가 대부분이며 최근 연구 동향은 데이터 흐름의 병목현상에 집중되어 배터리 효율성에서의 연구는 이루어지지 않고 있었다. 본 논문에서는 배터리 효율을 극대화하기 위해 각 노드에 버퍼를 두어 게이트웨이 선정 이력정보를 저장하고 활용하는 알고리즘을 적

용하여 더욱 개선된 전력 관리 효율을 가진 구성법을 제안하고 기존의 구성법과 그 성능을 비교 및 검증하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 기존의 CDS 구성법을 설명하고 3장에서는 제안하는 알고리즘을 적용한 CDS 구성법을 설명하고 4장에서는 실험 결과를 통하여 성능을 평가 및 분석하고 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 기존의 CDS 구성법

2.1 Connected Dominating Set 개요

CDS(Connected Dominating Set)는 네트워크를 구성하는 노드들 사이에서 대표되는 게이트웨이 노드들의 집합이다. 하나의 네트워크 내부에 여러 개의 가상 백본망이 존재할 때 각각의 백본 망 중심이 되는 노드가 존재하며 이 노드는 다른 게이트웨이로부터 받은 data를 인접한 노드에 전달하고 또 인접 노드로부터 전달받은 data를 다른 게이트웨이로 전달하는 기능을 수행하게 된다. CDS에 포함되는 게이트웨이 노드는 유휴상태의 인접 노드들보다 전력 소모량이 많으므로 개수가 최소화 되어야 한다. CDS의 이론상 최소 개수는 NP-Complete이며 에너지 잔여량이 고려되어야 하는 ad-hoc 망의 특성상 유동적으로 구성이 변경되어야 한다[5].

CDS 기반의 라우팅 방법은 그래프 이론의 dominating 개념[7]에 기반을 둔다. 그래프에서 꼭짓점(vertex)은 노드를 의미하고 꼭짓점 사이의 연결선(edge)은 연결된 노드가 서로의 무선 전송 범위 안에 위치함을 의미한다. Dominating set은 그래프 내의 꼭짓점의 부분집합으로 이 부분 집합에 속하지 않은 다른 꼭짓점(vertex)들은 최소한 하나이상의 부분집합에 속한 꼭짓점과 인접하고 있다. Ad-hoc 라우팅은 dominating set에 속하는 노드들 간에서만 이루어진다. 그러므로 라우팅 동작을 용이하게 하기 위하여 dominating set은 연결된 형태를 취하여야만 한다. Dominating set에 속한 노드를 게이트웨이(gateway)

노드라 하고 dominating set에 속하지 않는 노드들은 비게이트웨이(non gateway) 노드라 한다.

[그림 1]은 CDS와 나머지 노드들로 구성된 네트워크의 예제이다. 노드 x와 y는 게이트웨이 노드이며 서로 연결되어 있고 나머지 노드 u, v, z, t는 비게이트웨이 노드이다. 게이트웨이 노드들은 무선 ad-hoc network에서 가상 백본망의 역할을 수행한다[2].

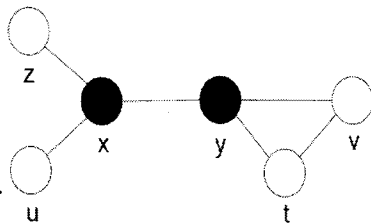


그림 1. Connected dominating set 의 예

2.2 ID / ND / EL 기반 CDS 구성법

ID(노드 번호), ND(연결 강도) 및 EL(잔여전력) 기반 CDS 구성법은 Wu와 Li의 CDS 구성을 위한 단순분산형 근사 알고리즘(simple distributed approximation algorithm)을 응용한 알고리즘이다. 단순분산형 근사 알고리즘은 $G(V, E)$ 로 정의되는 그래프에서 모든 꼭짓점에 대하여 marking 과정을 수행하므로 CDS를 구성하며, 그래프 G 에서 꼭짓점을 T (marked)와 F (unmarked)의 두 가지 중 한 가지 상태를 가지는 것으로 표현한다[8].

[그림 2]에서는 단순분산형 근사 알고리즘을 기반으로 한 기본적인 CDS 구성 과정을 보여주고 있다. 단순분산형 근사 알고리즘에서의 $m(v)$ 는 그래프 G 의 꼭짓점 v 의 모든 이웃 꼭짓점들을 의미하며 닫힌 이웃 구성 $N[v]$ 는 꼭짓점 v 자신을 포함한 꼭짓점 v 의 모든 이웃 꼭짓점들을 의미한다. 그래프 marking 과정은 다음과 같은 세 가지로 구성된다.

- 1) 초기그래프 G 의 모든 꼭짓점 v 는 F 로 표시된다.
- 2) 모든 꼭짓점 v 는 자신의 열린 이웃 구성 정보 $N(v)$ 를 자신의 모든 이웃들과 교환한다.
- 3) 연결되어 있지 않은 이웃이 존재하는 모든 꼭짓점

은 자신의 marker $m(v)$ 를 T 로 marking한다.

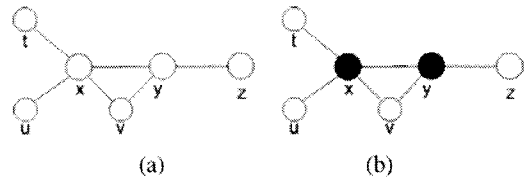


그림 2. CDS 구성 과정

ID 기반 CDS 구성법은 연결된 CDS간에 닫힌 이웃 구성이 동일한 경우 ID가 낮은 게이트웨이를 F 로 마킹하고 CDS로부터 제거하는 알고리즘이다. ND 기반 CDS 구성법은 ID 기반 구성법에서 동일 조건의 경우 ND가 낮은 게이트웨이를 F 로 마킹하고 CDS로부터 제거한 후 동일 조건의 경우 ID 기반 구성법을 적용하게 된다. ID 기반 구성법에서는 이웃 구성을 포함하는 부분집합이 ID가 높은 게이트웨이가 더 큰 경우 CDS로부터 제거할 수 없는 단점을 개선하고 CDS 크기를 최소화할 수 있다. EL기반 CDS 구성법은 ND 기반 구성법에서의 비교 조건에서 ND가 아닌 게이트웨이의 잔여전력이 더 낮은 게이트웨이를 F 로 마킹하고 CDS로부터 제거하는 과정을 거친 후 ID 기반 구성법을 적용하여 CDS 크기보다 에너지 효율성을 극대화할 수 있는 효과가 있다.

2.3 EL + ND 기반 CDS 구성법

EL + ND 기반 CDS 구성법은 EL 기반 구성법에서 ND를 비교하는 과정을 추가한 것이다. EL 기반 구성법에서 EL이 동일한 노드일 경우 ND가 낮은 노드를 F 로 마킹하고 CDS로부터 제거하며 ND 또한 동일할 경우 ID가 낮은 노드를 제거하게 된다.

ID 기반 CDS 구성법의 경우 인접한 CDS에서 높은 ID 값을 가진 노드가 낮은 ID 값을 가진 노드의 이웃 노드를 포함하더라도 CDS로부터 제거될 수 없으므로 CDS의 최소화가 불가능하며 ND 기반 CDS 구성법의 경우 이웃 노드의 부분집합을 포함하는 경우 ND 값이 낮으면 ID에 관계없이 제거가 가능하므로 CDS의 크기를 최소화할 수 있다.

EL 기반 CDS 구성법의 경우 EL이 동일한 경우 ID가 낮은 경우 제거되지 못하므로 CDS의 크기를 최소화할 수 없다. ND 기반 CDS 구성법의 경우 CDS 크기는 최소화되지만 특정 게이트웨이에 부하가 집중되므로 네트워크의 수명이 짧아질 수 있으며 EL 기반 구성법의 경우 에너지 잔량이 가장 많은 게이트웨이가 선택되므로 네트워크의 수명은 최대화할 수 있다.

III. 제안된 이력정보 기반 구성법

3.1 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법

제안하는 방법은 EL + ND + Sel 기반의 구성으로서 EL + ND 기반 구성법과 동일한 규칙에서 EL과 ND의 값이 모두 일치하는 게이트웨이 선정 이력정보인 Sel(selection) 값이 낮은 노드를 최종적으로 F로 마킹하고 CDS로부터 자신을 제거한다.

[그림 3]에서는 이력정보가 추가된 구성법의 예제를 나타내고 있다. 각 노드의 ID는 11~16으로 할당되어 있으며 ID 번호 우측의 괄호 안에 게이트웨이 이력 정보를 저장하고 있다. 원 내부의 숫자는 각 노드의 에너지 잔량을 의미한다.

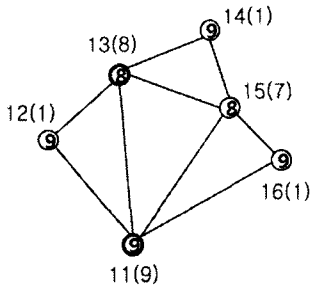


그림 3. EL + ND + Sel 구성법의 예제

항시 게이트웨이로 설정이 되어 있는 11번 노드를 제외하고 CDS 구성을 할 경우 게이트웨이 노드 선정 대상인 13번과 15번 노드의 경우 EL 값이 8로 동일하며 ND 값도 4로 동일하다. 기존의 ND 기반 구성법을 따를 경우 ID 값이 낮은 13번 노드가 F로 전환되어 CDS로부

터 제거되고, EL 기반 및 EL + ND 기반 구성법을 따를 경우 마찬가지로 ID 값이 낮은 13번 노드가 F로 전환되어 CDS로부터 제거된다. 제안된 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법을 따를 경우 게이트웨이 선정 횟수가 더 적은 15번 노드가 F로 전환되어 CDS로부터 제거된다.

EL + ND + Sel 기반 구성법은 버퍼에 이력 정보를 저장하고 있게 되므로 에너지 소비량을 직접 측정하지 않더라도 동일한 EL 값과 ND 값을 가지고 있는 경우 현재의 게이트웨이 이력 정보만으로 상대적으로 에너지가 적게 소비된 노드에 우선권을 주게 되는 것이다. 각 노드별 에너지 소비량이 전파의 특성이나 기기의 상태에 따라 다르게 나타날 수 있으므로 상대적으로 게이트웨이에 선정된 횟수가 많으면서도 동일한 에너지 잔량을 가지고 있는 경우 실효 에너지 소비량이 더 적기 때문이다.

3.2 Refresh 주기를 적용하는 방법

기존에 제안된 EL + ND 기반 CDS 구성법과 제안된 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법을 비롯한 EL 관련 CDS 구성법의 경우 현재 상태를 비교하고 네트워크를 재구성하는 알고리즘이다. 이러한 알고리즘을 적용하더라도 실질적으로 전체 구성에서는 처음 계산이 이루어지고 난 후 더 이상 갱신되지 않는다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 refresh 주기를 두어 일정 시간마다 모든 노드의 현재 상태를 비교하는 계산하는 방법을 통하여 수시로 네트워크를 재구성하면 전체 수명을 더욱 연장시킬 수 있다.

두 개의 게이트웨이 노드 Sel1 과 Sel2 가 있다고 하면 노드의 에너지 잔량은 각각 ELsel1 및 ELsel2가 되고 초기 최대치의 경우 ELmax가 된다. 계산량에 따라 에너지가 소진되는 하나의 계산 단위를 n이라고 하면 n의 초기값은 0이며 네트워크가 5 단위만큼의 시간동안 작동 하였을 때 n=5를 만족하게 된다.

실제 네트워크에서는 에너지 잔량에 대한 오차가 존재한다. 각 노드의 에너지 잔량을 비교할 때 가지게 되는 오차(Err)을 측정하고 오차범위 이내에 들어오는 경우 에너지 잔량이 같다고 판단한다. Refresh 과정이 일어나는 경우 EL + ND 구성법에서는 ELsel1-ELsel2>

Err를 만족하면 sel1 노드가 게이트웨이 노드로 선정되고 그렇지 않으면 sel2 노드가 게이트웨이 노드로 선정된다. EL + ND + Sel 구성법에서는 $EL_{sel1} - EL_{sel2} \geq -Err$ 를 만족하면서 $sel1(s) > sel2(s)$ 이면 sel1 노드가 게이트웨이 노드로 선정되고 그렇지 않으면 sel2 노드가 게이트웨이 노드로 선정된다. 여기서 sel1(s) 및 sel2(s)는 sel1 노드와 sel2 노드의 게이트웨이 선정 횟수를 의미한다.

Sel1 노드가 게이트웨이로 선정되었을 경우 n 단위에서 sel1 노드의 에너지 잔량은 n-1 단위에서의 에너지 잔량에서 S만큼의 에너지 단위만큼 감소된 값이다.

$$EL_{sel1}(n) = EL_{sel1}(n-1) - S \quad (1)$$

Sel1 노드가 비게이트웨이로 선정되었을 경우는 식 1에서의 S가 P로 대체되어 식 2를 만족하며 현재의 노드 상태에 대한 데이터를 주고받는 refresh 과정에서는 식 3과 같이 $n = mT$ (m=자연수, T=주기)를 만족할 때 모든 노드에서 공통적으로 R 단위만큼의 에너지가 감소되며 n 값은 변하지 않는다.

$$EL_{sel1}(n) = EL_{sel1}(n-1) - P \quad (2)$$

$$EL_{sel1}(mT) = EL_{sel1}(mT) - R \quad (3)$$

Sel2 노드의 경우는 식 1, 2, 3에서의 EL_{sel1} 을 EL_{sel2} 를 대입하여 계산한다.

IV. 실험 결과

4.1 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 위한 프로그램은 Visual C++ 6.0 으로 개발되었고 EL, ND, EL + ND 및 제안된 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법에 해당하는 알고리즘을 개별적으로 선택이 가능하도록 구현하였다. 파란 점(●)은 노드를 표시하고 숫자는 노드 번호를 그리고 빨간 점(●)은 게이트웨이를 표현한다. 노드별 연결강도가 자동으로

출력되고 각 노드의 에너지 잔여량을 직접 입력 및 수정할 수 있다.

[그림 4]와 [그림 5]에서는 제안된 EL + ND + Sel 기반 구성법을 선택하여 refrence 네트워크와 mesh 네트워크를 구성한 결과를 보여주고 있다. [그림 4]의 경우 2, 9번 노드와 13, 15번 노드의 경우 입력된 EL 값과 현재의 ND 및 Sel 값에 따라 9번 노드와 15번 노드가 제거된 것을 확인할 수 있다.

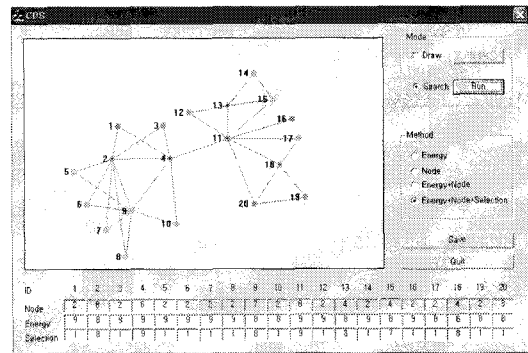


그림 4. Refrence network 구성 결과

[그림 5]의 경우 1, 2번 노드와 13, 15 그리고 17, 18번 노드가 EL, ND 및 Sel 값에 따라 2, 13, 17번 노드가 선택되고 15, 18번 노드가 제거된 결과를 확인할 수 있다.

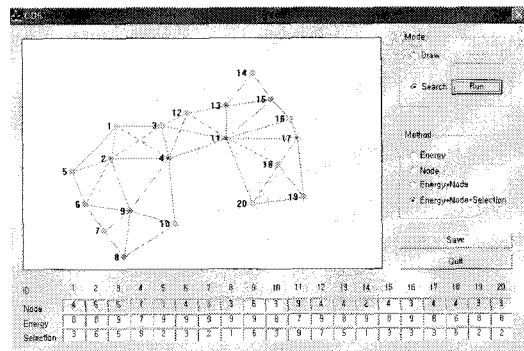


그림 5. Mesh network 구성 결과

4.2 성능 비교

제안된 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법의 성능은 기존의 구성법 중 가장 에너지 효율이 우수한 EL + ND

기반 CDS 구성법과 비교하였다. 에너지 소모량은 게이트웨이 노드의 경우 유휴상태에 의한 에너지 소비량에 대한 영향력이 가장 크기 때문에 실험에서는 게이트웨이 대상 노드로 한정하여 선정했다.

ND 값이 동일한 두 개의 인접한 게이트웨이 대상 노드를 선정하고 이를 sel1, sel2로 설정하여 에너지 잔량 변화를 측정한다. 기존의 EL + ND 기반 구성법에서의 sel1 노드를 E1, sel2 노드를 E2 노드로 설정하고 제안된 EL + ND + Sel 기반 구성법에서의 sel1 노드를 S1, sel2 노드를 S2 노드로 설정한다.

실험에서의 설정값은 [표 1]에서와 같이 각각의 현재 노드의 에너지 잔량이 500일 때 sel1 노드의 게이트웨이 선정 횟수인 sel1(n)=10, sel2 노드의 게이트웨이 선정 횟수인 sel2(n)=8이라고 할 때 유휴상태의 에너지 소비량은 20%의 차이를 가지게 되므로 sel1 노드의 유휴상태 에너지 소비량을 2로, sel2 노드의 유휴상태 에너지 소비량을 2.4로 설정한다.

표 1. 성능평가의 설정값

	에너지잔량	sel1	sel2	refresh	오차범위
단위	500	10 (2)	8 (2.4)	+3	±50

Refresh 과정에서는 모든 노드에서의 현재 상태 정보를 주고받게 되므로 송/수신 상태에서의 에너지 소비량과 동일한 3 단위의 에너지를 공통적으로 소비하게 되며 게이트웨이로 선정되지 않은 노드는 슬립모드로 동작하여 1 단위의 에너지를 소비하게 된다.

Refresh 과정에서 각 노드의 현재 에너지 잔량을 비교할 때 오차범위는 ±50으로 설정하여 유휴 폭을 넓혀 주어 Err 값이 50 이내일 때 동일한 EL을 가지는 것으로 설정한다. 오차범위 이내에서 EL 값이 동일한 경우 두 노드의 ND 값 또한 동일하므로 각 구성법에 따라 EL + ND 기반 구성법의 경우 ID 값이 높은 E2 노드가 게이트웨이로 설정되며 EL + ND + Sel 기반 구성법의 경우 두 노드의 게이트웨이 선정 이력 정보인 sel(n)을 비교한 후 높은 값을 가진 노드가 게이트웨이로 선정된다.

[표 2]에서는 refresh 주기를 100으로 설정하였을 때와 refresh 절차가 이루어지지 않는 설정에 대하여 각

구성법 간의 노드별 게이트웨이 선정 횟수 및 해당 실험에서의 네트워크 수명을 나타내었다. 에너지 수명란에서는 refresh 주기가 적용되지 않은 기존의 EL + ND 기반 CDS 구성법에서의 네트워크 수명이 208 단위로 할 때 각 설정에서의 네트워크 수명의 증가율을 백분율(%)로 나타내었다.

표 2. EL + ND 및 제안된 CDS 구성법간의 실험 결과

refresh (주기)	구성법	sel1	sel2	네트워크 수명 (단위)	에너지 수명
설정 (100)	EL+ND	1	2	264	127%
	EL+ND+Sel	2	1	297	143%
미설정	EL+ND	0	1	208	100%
	EL+ND+Sel	1	0	250	120%

Refresh 설정을 적용하여 실험에서는 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법에서 네트워크 수명이 297 단위로 나타났고 기존의 EL + ND 기반 구성법에서의 네트워크 수명은 264로 나타나 기존 구성법 대비 12.5%의 네트워크 수명 연장 효과가 있음이 확인되었다.

Refresh 절차가 이루어지지 않은 경우 sel2 노드보다 에너지 단위를 적게 소모하는 sel1 노드가 항상 게이트웨이로 설정되면서 250 단위동안 네트워크를 유지시켰으며 sel2 노드가 게이트웨이로 설정된 경우 208 단위동안 네트워크를 유지시켜 약 20% 정도의 네트워크 수명 연장 효과가 있음이 확인되었다.

제안된 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법의 네트워크 수명이 더 길게 나타난 결과를 토대로 휴면상태일 때의 sel1 노드가 sel2 노드보다 에너지 소비 단위가 작기 때문에 sel1 노드의 게이트웨이 선정 횟수가 상대적으로 많을수록 네트워크 수명은 길어진다는 것을 확인할 수 있다. 두 구성법 간의 네트워크 수명 차이는 refresh 주기를 설정하지 않은 경우가 가장 크지만 네트워크 수명 자체는 refresh 기능을 적용하는 경우에서 더 길게 나타났다.

[그림 6]에서는 고정 에너지 잔량에 대하여 refresh의 발생 횟수에 따라 에너지 효율이 어떻게 변하는가에 대한 성능 평가 결과를 그래프로 보여주고 있다.

그래프의 선은 시간에 따른 각 노드의 에너지 잔량 변화를 의미한다. Refresh 절차에 따른 네트워크 재구성이 이루어지는 100 단위, 200 단위에서 각 노드의 게이트웨이 선정 유무에 따라 에너지 소비량이 달라지는 것을 확인할 수 있다.

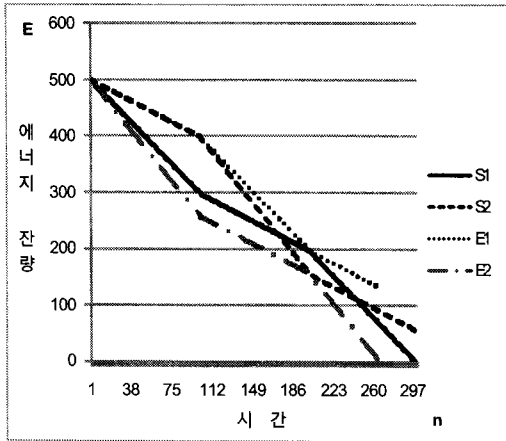


그림 6. 두 구성법간의 노드별 에너지 감소 비교표

기존의 EL + ND 기반 CDS 구성법에 해당하는 E1, E2 노드는 264 단위에서 E2 노드의 에너지가 먼저 고갈되어 네트워크가 멈추었다. 제안된 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법에서의 S1 노드의 에너지가 고갈되어 네트워크가 멈춘 경우의 S2 노드의 에너지 잔량보다 기존 구성법에서의 E2 노드의 에너지가 고갈되어 네트워크가 멈춘 경우의 E1 노드의 에너지 잔량이 더 크므로 네트워크 수명 뿐만 아니라 에너지 효율성 또한 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법이 뛰어난 것을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 무선 ad-hoc 네트워크에서 에너지 소모량을 최소화하고 보다 유기적인 통신망을 구축할 수 있는 알고리즘들에 대한 성능을 최대화 하는 기술을 위해 기존의 연구된 CDS 구성법을 개선한 게이트웨이 선정 이력 정보를 활용한 알고리즘을 제안하였다. 본 논

문에서 제안한 이력정보를 활용한 EL + ND + Sel 기반 CDS 구성법은 버퍼에 게이트웨이 선정 이력정보를 저장하고 활용하는 방법을 통하여 보다 능동적으로 CDS를 구성할 수 있으며 다양한 목적에 부합시킬 수 있다.

무선 ad-hoc network에서의 이동 노드들은 한정된 전송량과 배터리 용량으로 작동되므로 효율적인 전력 관리를 통한 수명 증대가 필수적이다. 하지만 배터리 수명에만 치중한다면 구성의 복잡성을 피할 수 없으므로 CDS의 크기를 줄이는 것 또한 상당히 중요하다. 에너지 잔량 관리에 최적화된 EL 기반 구성법과 CDS 크기를 최소화할 수 있는 ND 기반 구성법 그리고 실제 네트워크에서의 유동성을 최대한으로 고려한 Sel 기반 구성법을 모두 조합하여 에너지 효율이 최대화 되는 것을 본 논문에서 실험을 통하여 비교 및 검증하였다.

버퍼의 정보를 활용하면 각 노드가 유기적으로 활용될 수 있는 지능망 설계가 가능하다. 앞으로의 연구에서는 버퍼를 활용하여 보다 능동적인 라우팅 알고리즘을 설계하고 이동성이 큰 네트워크에서도 효율적으로 CDS를 구성하는 방법을 알아보고 refresh 주기와 슬롯 모드를 최적화하여 배터리 효율을 더 높일 수 있는 방법을 더욱 많은 실험을 통하여 확인해 보고자 한다.

참고 문헌

- [1] <http://ccmc.knu.ac.kr/files/research/adhoc.html>
- [2] 조형상, 이상조, “무선 에드 혹 네트워크에서 전력, 이동성 및 주변 무선 채널 상태를 고려한 연결형 Dominating Set 구성방법”, 한국 통신학회 논문지, 제 30권, 5B호, pp.274-286, 2005.
- [3] IEEE, *Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer specifications*, IEEE 802.11 Standard, 1999.
- [4] L. M. Feeney and M. Nilsson, “Investigating the energy consumption of a wireless network interface in an ad hoc networking environment,” *Proceedings of IEEE Infocom*, Anchorage AK, 2001(4).
- [5] J. Wu and M. Gao, “On calculating

power-aware connected dominating sets for efficient routing in ad hoc wireless networks," in Proceedings of the 30th Annual International Conference on Parallel Processing, 2001.

- [6] S. Singh, M. Woo, and C. S. Raghavendra "Power-Aware Routing in Mobile Ad Hoc Networks", ACM/IEEE MOBICOM, 1988(10).
- [7] T. W. Haynes, S. T. Hedetniemi, and P. J. Slater, *Fundamentals of Domination in Graphs*, Marcel Dekker, Inc., 1998.
- [8] J. Wu and H. Li, "On calculating connected dominating set for efficient routing in ad hoc wireless networks," Proceedings of the Third International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications, pp.7-14, 1999.

저자 소개

하 덕 규(Deok-Kyu Ha) 정회원



- 2007년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
 - 2007년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 바이오정보기술학과 석사 과정
- <관심분야> : 유비쿼터스 생체신호 전송 시스템, 생체계측, 센서 네트워크, 라우팅 알고리즘, 이동통신

송 영 준(Young-Jun Song) 중신회원



- 1994년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학사)
 - 1996년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
 - 2004년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)
- 2000년 7월 ~ 2003년 1월 : 한국전자통신연구원 홈네트워크팀 선임연구원
- 2006년 11월 ~ 현재 : 충북대학교 충북BIT연구중심

대학육성사업단 초빙부교수

<관심분야> : 영상 인식, 영상 처리, 얼굴 인식

김 동 우(Dong-Woo Kim) 정회원

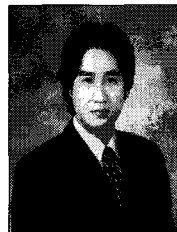


- 1997년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학사)
- 2002년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 충북대학교정보통신 공학과(공학박사)

• 2006년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 BK21 충북정보기술사업단 Post Doc.

<관심분야> : 내용기반검색, 멀티미디어 정보처리

김 영 준(Young-Joon Kim) 정회원



- 2004년 2월 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 (공학사)
- 2008년 2월 : 충북대학교 전파공학과(공학석사)
- 2009년 2월 : 충북BIT연구중심 대학육성사업단 전임연구원

• 2009년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전파통신공학과 (박사과정)

<관심분야> : USN, 생체 신호 처리

이 인 성(In-Sung Lee) 정회원



- 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1992년 2월 : Texas A&M University 전기공학과(공학박사)

• 1993년 2월 ~ 1995년 9월 : 한국전자통신연구원 이동통신 기술연구단 선임연구원

• 1995년 10월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 정교수

<관심분야> : 음성/영상 신호 압축, 이동통신, 적응필터