

무선 모바일 애드혹 네트워크상에서 에너지 소모 감시를 위한 클러스터 기반의 노드 관리 알고리즘

이종득
전북대학교 전자공학부

Cluster-Based Node Management Algorithm for Energy Consumption Monitoring in Wireless Mobile Ad Hoc Networks

Chong-Deuk Lee
Div. of Electronic Engineering, Chonbuk National University

요 약 무선 모바일 네트워크 환경에서 노드 이동성은 에너지 소모를 가중화시킨다. 본 논문에서는 노드 이동성으로 인한 에너지 소모를 줄이고, 클러스터 멤버 노드의 수명 주기를 연장시키기 위하여 클러스터 기반의 노드 관리 알고리즘 (CNMA: Cluster-based Node Management Algorithm)을 제안한다. 제안된 CNMA 알고리즘은 클러스터 내에서 클러스터 헤더 노드와 멤버 노드들의 이동성을 추적하고 이들의 관계를 주기적으로 모니터링함으로써 에너지 잔량을 분석한다. 그리고 노드들의 상태 전이 과정을 분석하여 클러스터링 분할과 병합을 수행한다. 본 연구의 목적은 노드 이동성으로 발생된 에너지 소모를 최소화하기 위한 것이다. 시뮬레이션 결과를 통하여 제안된 알고리즘이 이동성으로 인한 에너지 소모를 효율적으로 제어할 수 있음을 보이며, 에너지 수명 주기가 향상됨을 보인다.

주제어 : 노드 이동성, 에너지 소모, 클러스터 헤더, CNMA, 수명주기

Abstract The node mobility in the wireless mobile network environment increases the energy consumption. This paper proposes a CNMA (cluster-based node management algorithm) to reduce the energy consumption caused by node mobility, and to prolong the life cycle for cluster member nodes. The proposed CNMA traces the mobility for nodes between cluster header and member, and it analyses the energy capacity as monitoring periodically their relationship. So, it makes a division and merges by analysing the state transition for nodes. This paper is to reduce the energy consumption due to the node mobility. The simulation results show that the proposed CNMA can efficiently control the energy consumption caused by mobility, and it can improve the energy cycle.

Key Words : Node mobility, Energy consumption, Cluster header, CNMA, Life cycle

1. 서론

무선 모바일 애드 혹 네트워크는 유선 네트워크에서

라우터와 같은 역할을 수행하며, 여러 모바일 장치들로 구성된다. 무선 애드 혹 네트워크 환경에서 모바일 장치 간 통신은 소스 모바일 장치의 데이터 패킷들이 다른 모

Received 27 June 2016, Revised 15 August 2016
Accepted 20 September 2016, Published 28 September 2016
Corresponding Author: Chong-Deuk Lee
(Chonbuk National University)
Email: cdlee1008@jbnu.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

ISSN: 1738-1916

바일 장치를 통하여 데이터 패킷들을 전송한다. 즉 모바일 애드 혹 네트워크상에서의 모바일 장치들은 기지국이 없이도 서로 통신을 수행하게 되며, 비록 모바일 장치들이 네트워크상에서 임의의 속도로 이리저리 움직인다 해도 이들 장치들은 수집기와 멀리 떨어져 있지 않으면 서로 통신을 수행하게 된다. 일반적으로 무선 애드 혹 네트워크 환경에서의 클러스터링 기법은 계층적 네트워크 구조를 통하여 많은 모바일 장치들을 효율적으로 관리하고 빈도수 또는 중요도 등과 같은 요소들을 고려하여 네트워크 자원을 관리한다[1, 2, 3]. 최근에는 이와 같은 계층적 네트워크 구조하의 노드들을 효율적으로 관리하기 위하여 클러스터링 기법이 연구되고 있으며, 또한 이들 연구에 기반을 둔 무선 애드 혹 네트워크 관리 기법이 연구되고 있다[4, 5, 6].

기존의 클러스터링 기법에서 각 클러스터는 클러스터를 관리하는 클러스터 헤드와 클러스터 헤드가 관리하는 이웃 모바일 장치들을 가지고 있으며, 클러스터 헤드가 관리하는 이웃 모바일 장치들을 클러스터 멤버라 한다. 클러스터 멤버가 두 개 이상의 클러스터 헤드를 가지고 있으면 그 중 하나는 게이트웨이 역할을 수행한다. 그러나 기존의 클러스터링 기법들은 다음과 같은 여러 문제들을 가지고 있다. 첫째로 클러스터 헤드가 변경될 때마다 클러스터들이 빈번하게 재구성되어야 하는 문제점이 발생하며, 이로 인해 재구축에 따른 네트워크 구성비용이 증가하게 되며, 에너지 소모가 가중되게 된다. 결과적으로 모바일 장치들의 이동성과 빈번한 교체로 인하여 에너지 소모는 가중되며, 이로 인하여 멤버 노드의 수명은 줄어들게 된다. 둘째로 네트워크상에 있는 모바일 장치들의 밀도에 의해 오버헤드가 증가한다는 점이다. 밀도는 각 클러스터에 얼마나 많은 클러스터 멤버들이 포함되어 있는지를 결정하는 중요한 척도이다. 각 클러스터에서 모바일 장치의 밀도가 매우 높은 경우 클러스터의 클러스터 헤드는 클러스터의 클러스터 멤버들을 관리하는 데 많은 오버헤드와 에너지 소모가 가중되게 된다. 반면에 모바일 장치들의 밀도가 매우 낮은 경우에는 네트워크상에 크기가 작은 클러스터들로 인해 에너지 소모 감시가 어렵게 되는 문제점을 가지게 된다. 이것은 클러스터 기반의 노드 관리를 어렵게 하는 요인이 된다[7, 8]. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고, 효율적인 에너지 소모 감시를 위한 클러스터 기반의 노드 관리 알고리

즘 CNMA를 제안한다. 제안된 기법에서 CNMA를 효율적으로 수행하기 위하여 각 클러스터는 클러스터 헤드와 클러스터 멤버로 구성하며, 이들의 관계를 이용하여 클러스터를 분할하고 병합을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 기술하고, 3장에서는 제안된 알고리즘을 기술하며, 4장에서는 시뮬레이션 결과에 대해서 기술한다. 끝으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 기술한다.

2. 관련연구

무선 애드 혹 네트워크 환경에서 클러스터링에 관한 연구들은 클러스터 헤드 선정에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 클러스터 헤드 선정은 미리 할당된 클러스터 ID 또는 연결도(degree of connectivity)에 기반을 두고 수행하며, 노드 수가 고정될 경우 클러스터 구성의 효율성이 떨어지는 문제를 가지고 있다. 에너지 소모 제어를 위해 최근에는 라운드 로빈(round-robin) 기법, 노드 연결기법, 배터리 에너지(battery energy) 관리 기법 등이 제안되고 있으며[9, 10, 11], 이들 기법들은 클러스터가 클 경우 클러스터 헤드 변경이 자주 발생하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 MY[12]는 정적 클러스터 구성 기법을 제안하였으며, 이 기법에서 클러스터 헤드들은 먼저 자기 자신 근처에 존재하는 홉 노드를 탐색하고, 탐색된 노드들과 패킷을 전송한다. 이 기법은 cardinality가 비교적 적은 클러스터 헤드를 선정하는데 효율적이다.

CODA[13]은 클러스터를 구성하기 위하여 클러스터 수 및 싱크에서 클러스터 헤드까지의 거리를 이용하였으며, 이러한 파라미터에 의해 클러스터링 관리 및 노드 관리가 효율적으로 수행되도록 하였다. 그 결과 이 기법은 LEACH [14]에 비해 네트워크 수명이 약 30% 정도 향상되는 결과를 보였다.

무선 애드 혹 네트워크를 위한 또 다른 계층적 클러스터링 알고리즘으로는 Banyopadhyay와 Colye[15]가 제안한 기법이 있다. 이 기법은 분산 및 확률 클러스터링 알고리즘을 적용한 기법으로서 클러스터링 오버헤드가 비교적 적은 장점을 가지고 있다.

또한 무선 애드 혹 네트워크 환경에서 에너지 효율적

인 라우팅 기법으로는 LEAR(Localized Energy-Aware Routing)[16], OPAR(Online Power-Aware Routing)[16], PLR(Power-aware Localized Routing)[17] 등과 같은 기법들이 제안되었으며, 이들 기법들은 주로 전체 전송 파워(transmission power), 에너지 잔량(residual energy) 및 이들을 결합한 기법으로서 라우팅에는 효율적이거나, 노드 관리 및 에너지 소모 관리 관점에서 에너지 낭비가 심하게 발생하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고 무선 애드혹 네트워크 환경에서 멤버 노드 수명을 안정적으로 유지함으로써 에너지 소모를 효율적으로 제어하기 위한 클러스터 기반의 노드 관리 알고리즘 CNMA를 제안한다.

3. 클러스터 기반의 노드 관리 알고리즘

CNMA에서 각 노드는 노드가 속한 고유한 노드 id와 클러스터 ID를 가지며, 각 클러스터는 클러스터 헤드, 클러스터 멤버 그리고 게이트웨이로 구성된다. 또한 각각의 노드는 클러스터 헤드, 멤버 노드, 게이트웨이 등의 노드의 역할을 나타내는 상태 정보 SI(state information)를 가진다. 이들 SI에 따라 노드의 이동성이 추적되며, 노드가 이동할 때 각 노드가 가지고 있는 클러스터 ID와 SI가 주기적으로 분석된다.

3.1 CNMA를 위한 SI 구조

이 절에서는 CNMA를 위해 먼저 [Fig. 1]처럼 각 노드의 SI에 대한 구조를 정의 한 후 각 노드가 SI와 어떤 관계성을 가지는지에 대해서 살펴본다. SI 구조는 5가지 타입 상태 정보를 가지며, 노드 node v_i 는 5가지 상태 정보 중 하나로서 다음과 같은 행위를 수행한다.

NCN	CN	BN	BCN	IN
-----	----	----	-----	----

[Fig. 1] SI Structure

3.1.1 NSN (Normal State Node)

NSN 노드는 클러스터 멤버 노드로서 클러스터 헤드 및 게이트웨이가 될 수 없는 노드이다. 이 노드 v_i 는 노드 ID i 와 클러스터 ID j 를 ($i \neq j$) 포함한 제어 패킷을 주기적으로 브로드 캐스트 한다. 여기서 노드 v_i 는 클러스

터 ID를 식별하는 기능을 수행하며, 클러스터 ID j 가 있는 노드들이 제어 패킷을 수신할 경우 노드 v_i 가 클러스터 ID j 라는 클러스터에 속해 있다는 것을 식별하는 기능을 한다. 따라서 NSN은 클러스터 내에서 노드들이 가지고 있는 노드정보를 갱신하는 역할을 수행한다.

3.1.2 CN (Control Node)

CN 노드 v_i 는 클러스터 헤드 역할을 수행하는 노드이다. 노드 v_i 는 노드 ID i 와 클러스터 ID j 를 포함한 제어 패킷을 주기적으로 브로드 캐스트 한다. v_i 는 현재 v_i 가 인식하고 있는 클러스터의 모든 노드의 ID를 가지고 있으며, 클러스터 ID i 가 있는 노드들이 제어 패킷을 수신할 경우 현재 노드가 클러스터 헤드임을 인식하는 기능을 수행하며, 이후 이 노드가 가지고 있는 정보를 갱신하게 된다.

3.1.3 BN (Border Node)

BN 노드는 게이트웨이 역할을 수행하는 노드로서 BN 노드 v_i 는 NSN 노드와 마찬가지로 주기적으로 제어 패킷들을 브로드 캐스트한다. 이제 노드 v_i 가 클러스터 ID가 j 인 클러스터에 속해 있다고 가정하자. ($j \neq i$) 브로드 캐스트를 위해 노드 v_i 의 이웃 노드 정보를 클러스터 ID가 k 인 클러스터에 제어 패킷을 포함할 경우 이 노드는 노드 v_i 의 이웃 노드들로부터 hello 패킷을 수신하는 역할을 한다.

3.1.4 BCN (Border and Control Node)

BCN 노드는 클러스터 헤드와 게이트웨이 역할을 수행하는 노드로서, 브로드 캐스트는 CN 및 BN과 같은 방법으로 수행된다.

3.1.5 IN (Isolated Node)

IN 노드는 클러스터 ID가 없는 노드로서 즉 노드가 새로이 추가되면 이 노드의 상태는 IN 노드가 된다. IN노드는 클러스터 내에서 ID가 없이 새롭게 추가되는 노드이다.

3.2 클러스터 생성 및 갱신

우리는 AN_i (Adjacent Node)를 노드 v_i 의 이웃 노드들이라 하자. 노드 v_i 는 이웃 노드들로부터 hello 패킷을 수신하여 노드 집합을 식별한다. AN_i 의 노드 클러스터 ID

는 이웃 노드들로부터의 hello 패킷을 수신하여 생성한다. 이렇게 생성된 클러스터 ID에 기반하여 클러스터 ID가 할당되고 갱신되며, 노드 v_i 의 클러스터 ID와 v_i 의 SI를 위한 $Cluster(v_i)$ 와 $State(v_i)$ 는 다음과 같이 정의된다.

정의 1. AN_i^k 는 AN_i 와 클러스터 ID가 k인 노드들로 구성되어 있다고 할 때 $AN_i^k = \{v_j | v_j \in AN_i \wedge k = Cluster(v_j)\}$ 이다. 그리고 $AN_i^{\bar{k}}$ 는 AN_i 와 클러스터 ID가 k가 아닌 노드들로 구성되어 있다고 하면 $AN_i^{\bar{k}} = \{v_j | v_j \in AN_i \wedge k \neq Cluster(v_j)\}$ 이다. 이때 노드 v_i 의 클러스터 ID는 다음과 같이 할당되거나 갱신된다.

Case1 : $IS(v_i) = IN$ 이고 v_i 가 IN 노드로부터 hello 패킷을 수신하면 v_i 는 또한 모든 이웃 노드들도 IN 노드로 인식하게 된다. 그리고 v_i 클러스터 ID를 i로 할당한다. 즉 $Cluster(v_i) = i$ 가 된다.

Case2 : $IS(v_i) = IN$ 이고 v_i 클러스터 ID=k인 이웃 노드로부터 hello 패킷을 수신하면 v_i 는 이웃 노드를 클러스터 ID에 속한 k인 노드로 인식하게 되며, 이때 클러스터 ID는 k를 할당하고 $Cluster(v_i) = k$ 로 생성하게 된다.

case3 : v_i 의 클러스터 ID가 k이고 v_i 는 오직 클러스터 ID가 k인 이웃 노드만을 가지고 있을 경우 즉 AN_i^k 일 경우 v_i 는 이웃 노드 v_i 로부터 독립된 노드로 간주하여 클러스터 ID로부터 이 노드를 삭제하게 된다. 따라서 $AN_i = AN_i^{\bar{k}}$ 로 인식하여 v_i 는 클러스터 ID를 k에서 m으로 갱신되어 $Cluster(v_i) = m$ 이 된다.

노드들이 무선 애드 혹 네트워크에 새롭게 추가되면 이 노드들은 먼저 독립 노드(Isolated node)로 간주하며, 이때 이 노드들은 클러스터 ID를 갖지 않는다. 그러나 Case1 또는 case2의 경우에는 독립노드라 하더라도 일부 클러스터 ID를 가질 수 있다.

3.3 노드 상태 변이 추적

노드 상태 변이 추적은 클러스터에서 노드들의 이동성을 추적하여 노드들의 현재 상태를 파악하기 위한 것이며, 노드들의 이동성에 따라 클러스터 내의 노드 정보들이 갱신되고 관리된다. 이제 노드 변이 추적을 위해 AN_i 를 노드 v_i 의 이웃 노드라 하자. 노드 v_i 는 이웃노드들로부터 hello 패킷을 수신하여 이동성을 식별한다. 노드 v_i 의 SI는 AN_i 의 클러스터 ID에 의해 노드 상태 변

이를 추적하며, 노드 v_i 가 다음과 같은 조건을 만족할 때 노드 이동성 추적이 최적화 된다.

조건 1. $Cluster_{-T}(v_i) \neq Cluster(v_i) \wedge i = Cluster(v_i)$: 이 조건은 클러스터 ID가 갱신되거나 갱신된 클러스터 ID와 노드 v_i 의 노드 ID가 같은 경우로서 노드의 갱신 정보를 효율적으로 분석하기 위한 조건이다.

조건 2. $Cluster_{-T}(v_i) \neq Cluster(v_i) \wedge i \neq Cluster(v_i)$: 이 조건은 클러스터 ID가 갱신되거나 갱신된 클러스터 ID와 노드 v_i 의 노드 ID와 같은지 같지 않는지를 식별하기 위한 조건이다.

조건 3. $AN_i \supset AN_i^{\bar{k}}$: 이 조건은 이웃 노드가 존재할 때 클러스터 ID가 같은 ID인지 서로 다른 ID인지 식별하기 위한 조건이다.

조건 4. $AN_i = AN_i^k$: 이 조건은 모든 이웃 노드들의 클러스터 ID와 임의의 노드 v_i 를 포함하고 있는 다른 클러스터 ID가 같은지 다른지를 식별하기 위한 조건이다.

조건 5. $AN_i = \emptyset$: 이 조건은 클러스터를 위해 노드 v_i 의 이웃 노드가 존재하지 않음을 나타내는 조건이다.

위의 조건에 따라 클러스터 헤드는 클러스터 멤버들을 관리하고, 수정하게 된다. 이렇게 관리된 멤버 노드들은 클러스터 안에서 다른 멤버 노드들의 SI를 분석한 후 hello 패킷을 포워딩하며, 포워딩 결과에 따라 네트워크의 트래픽 상태가 제어된다.

3.4 클러스터 분할 및 병합

클러스터에서 노드들의 수와 클러스터 크기는 클러스터의 에너지 파워 균형을 유지하기 위한 중요한 요소이다. 제안된 기법은 클러스터 내에서 멤버 노드의 상한(upper bound)과 하한(lower bound)을 적용하여 각 클러스터 크기를 자동으로 조절하고 이에 따라 에너지 파워를 관리하도록 한다. 에너지 파워를 효율적으로 관리하기 위하여 각 클러스터 헤드는 게이트웨이를 통하여 이웃 클러스터의 크기를 조절하며, 클러스터 크기가 상한을 넘으면 클러스터는 2개의 이웃 클러스터로 분할을 수행하고, 클러스터 크기가 하한보다 작으면 이웃 클러스터들은 하나의 클러스터로 통합을 수행한다. 효율적인 클러스터 통합을 위하여 두 개 이상의 클러스터를 동시에 수행할 수 없다고 가정하며, 상한을 U라 하고 하한을

L이라 하자. 임의의 클러스터 C_i 가 존재한다고 가정할 때 두 이웃 클러스터 C_i 와 C_j 를 통합하는 방법은 다음과 같이 정의된다.

정의 2. 임의의 클러스터 C_i 가 존재할 때 C_i 와 이웃한 클러스터들은 $AC_i = \{C_1, C_2, \dots, C_m, \dots, C_n\}$ ($m \neq i$) 이라 하자. 만일 $|C_i| < L$ 이고, $C_j \in AC_i$ 이면 C_i 와 C_j 는 통합된다.

C_j 를 통합 파트너로 결정한 후, 클러스터 헤드 $v_i \in C_i$ 는 클러스터 헤드 $v_j \in C_j$ 에게 클러스터 통합 요청 패킷 즉 $P_{bi_{req}}$ 를 전송하게 된다. 클러스터 헤드 $v_i \in C_i$ 가 $v_j \in C_j$ 로부터 통합 응답 패킷 $P_{bi_{ack}}$ 를 수신하게 되면 클러스터 헤드는 클러스터 통합을 수행하게 된다.

클러스터 C_i 를 클러스터 C_i 와 C_j 로 분할되는 과정은 다음과 같다. 분할을 수행하기 위한 클러스터 C_i 가 존재하고 $|C_i| > U$ 이면 C_i 의 분할을 결정하게 된다.

클러스터 헤드 $v_i \in C_i$ 는 $v_j \in C_j$ 를 클러스터 분할을 수행하기 위한 새로운 제어 노드로 간주하고 분할된 클러스터의 크기를 거의 같은 크기로 분할한다. 이후 v_i 는 클러스터 분할 패킷 P_{de} 를 v_j 에게 전송한다. 클러스터가 분할될 때까지 P_{de} 를 계속 전송하게 된다. v_i 로부터 맨 처음 수신한 P_a 는 자신의 노드 ID를 바꾸지 않는다. 즉 이때의 노드 ID는 i 이다. 그러나 노드 v_j 로부터 수신한 P_a 는 자신의 노드 ID를 j 로 바꾼다. 따라서 클러스터는 두 개의 이웃한 클러스터 C_i 와 C_j 로 분할을 수행하게 된다. 이처럼 통합과 분할은 클러스터 크기를 자동으로 조절하게 되며, 안정적으로 클러스터를 유지하여 에너지 소모를 최소화하게 된다.

4. 시뮬레이션 분석

4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션 평가를 위해 500m×500m의 영역에서 500개의 모바일 노드를 임의로 선택하여 시뮬레이션을 수행하였다. 노드는 특정한 속도로 주어진 위치를 이동하도록 하였으며 이동한 후에는 특정 시간에 특정 위치에서

멈추도록 하였다. 시뮬레이션을 위해 정지시간은 0으로 세트시켰으며, 노드의 반경은 250m의 무선 전송 범위로 설정하였다. 데이터 패킷 전송 시간과 처리 시간을 포함한 무선 링크 상의 전파 지연은 1ms 이내로 제한하였으며, 전송 범위 안에서 자신의 상태와 ID를 교체하기 위하여 hello 패킷 주기는 10ms이내로 설정하였다. 그리고 각 노드는 클러스터에 속한 모든 노드들에게 hello 패킷을 주기적으로 포워딩 하였으며 총 시뮬레이션 시간은 450s로 하였다. 시뮬레이션을 위한 평균 노드 속도는 10m/s, 15m/s, 20m/s로 설정하였으며, 클러스터 크기 (U,L)의 범위는 각각 [20, 40], [40, 70], [50, 100]으로 설정하였다.

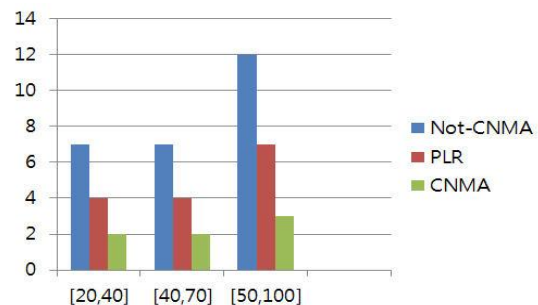
4.2 시뮬레이션 결과

4.2.1 에너지 소모율

<Table 1>은 클러스터 크기 (U,L)의 범위는 각각 (20, 40), (40, 70), (50, 100)일 때 에너지 소모율을 측정한 결과이다. <Table 1>에서 보듯이 Not-CNMA는 클러스터링에 따라 노드 관리 및 노드 이동성이 관리 되지 않기 때문에 CNMA에 비해서 약 20%의 에너지 소모율이 발생하고 있으며, 에너지 소모율은 전체 시스템의 성능 및 수명 주기에 중요한 영향을 미친다.

<Table 1> Energy Consumption Ratio with Cluster Length

Cluster Length	Not-CNMA	CNMA
[20, 40]	78	94
[40, 70]	74	92
[50, 100]	68	88



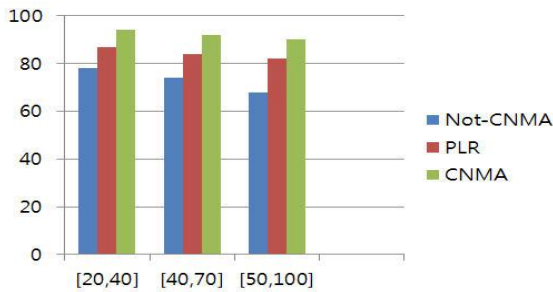
[Fig. 2] Energy Consumption Ratio with Node Sizes

[Fig. 2]는 임의로 선택된 모바일 노드들을 변경해 가면서 에너지 소모율을 측정한 결과이다. 그림에서 보듯

이 제안된 CNMA는 비교적 에너지 소모율이 적은 PLR 알고리즘에 비해서 에너지 소모율이 적게 발생함을 알 수 있다. 이것은 본 논문에서 제안된 노드의 이동성 추적과 현재 노드의 SI에 의해 클러스터 노드들이 관리되기 때문이다.

4.2.2 에너지 잔량

[Fig. 3]은 노드들의 크기에 따라 에너지 잔량을 측정 한 결과이다. 노드들의 크기가 50에서 500까지이고, 전송 범위가 (20, 40), (40, 70), (50, 100)일 때 평균적인 에너지 잔량을 나타낸다. 에너지 잔량 측정을 위해 전체 노드들의 수와 노드들이 이동하는 범위는 변하지 않는다고 가정하며, 노드의 크기가 50 단위로 변할 때 클러스터 수와 클러스터 멤버의 수 또한 변하지 않는다고 가정한다. [Fig. 3]은 노드의 크기가 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500이고 전송 범위가 500m×500m일 때 에너지 잔량을 나타내고 있다.



[Fig. 3] The Residual Energy Ratio with Node Sizes

일반적으로 전송 범위가 커지면 평균 노드의 등급은 증가하고 평균 홉 수와 최대 홉 수는 감소하게 된다. [Fig. 3]에서 보듯이 클러스터 범위와 노드의 크기가 결정되면 노드의 이동성과 등급 변화에 관계없이 클러스터들은 거의 같은 크기로 구성되며, 이때 에너지 소모는 거의 발생되지 않음을 알 수 있다. 따라서 이것은 클러스터 기반의 노드 관리를 통해서 오버헤드가 효율적으로 제어됨을 의미하며, 이로 인하여 에너지 관리가 효율적으로 수행됨을 의미한다.

5. 결론

최근에 무선 애드 혹 네트워크상에서 고용량의 멀티

미디어 데이터의 사용으로 인하여 무선 단말의 에너지 관리는 매우 중요한 요소로 등장하고 있다. 특히 무선 커버리지 네트워크 환경에서 모바일 단말은 이동성으로 인하여 에너지 소모가 가중되고 있으며, 이로 인하여 성능에 중요한 영향을 미치고 있다. 본 논문에서는 무선 모바일 애드 혹 네트워크상에서 에너지 소모를 최소화하여 시스템 성능을 최적화할 수 있도록 클러스터 기반의 노드 관리 알고리즘 CNMA를 제안하였다. 제안된 알고리즘은 SI구조를 통하여 클러스터 갱신 정보와 노드 관리를 효율적으로 수행하도록 하였으며, 클러스터 생성 및 갱신 정보를 통하여 분할과 통합이 효율적으로 수행되도록 하였다. 시뮬레이션 분석 결과 제안된 CNMA는 CNMA를 수행하지 않았을 때와 비교할 때 에너지 소모율이 약 20%정도 감소함을 알 수 있었으며, 향후 연구 방향으로 본 연구의 결과를 최적화하기 위해 에너지 소모 핸들링 기법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] C. D. Lee, "Proxy-based Caching Optimization for Mobile Ad Hoc Streaming Services," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 10, No. 4, pp. 207-216, 2012.
- [2] C. D. Lee, "Object Segment Grouping for Wireless Mobile Streaming Media Services," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 10, No. 4, pp. 199-206, 2012.
- [3] C. D. Lee, "A Distributed Domain Document Object Management using Semantic Reference Relationship," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 10, No. 5, pp. 267-274, 2012.
- [4] M. H. Lee, "A Study on N-Screen Convergence Application with Mobile WebApp Environment", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 6, No. 2, pp. 43-48, 2015.
- [5] C. D. Lee, "Cluster Routing for Service Lifetime of Wireless Multimedia Sensor Networks," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 5, pp. 279-284, 2013.
- [6] Jun-Young Go, Keun-Ho Lee, "SNS disclosure of

- personal information in M2M environment threats and countermeasures”, *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 5, No. 1, pp. 29-34, 2014.
- [7] R. Jullian, P. U. Maheswari, “An Energy-Efficient Cluster Head Selection Technique Using Network Trust and Swarm Intelligence,” *Wireless Personal Communications*, Vol. 89, No. 2, pp. 351-364, 2016.
- [8] A. B. F. Guiloufi, N. Nasri, A. Kachouri, “An Energy-Efficient Unequal Clustering Algorithm Using Sierpinski Triangle for WSNs,” *Wireless Personal Communications*, Vol. 83, No. 3, pp. 449-465, 2016.
- [9] Y. M. Huang, B. L. Su, M. S. Wang, “Localized and Load-Balancing Clustering for Energy Saving in Wireless Sensor Networks,” *International Journal of Communication Systems*, Vol. 21, No. 11, pp. 799-814, 2008.
- [10] C. D. Lee, “Streaming Media QoS Evaluation based on 2-Layer Mapping in Wireless Multimedia Sensor Networks,” *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 5, pp. 313-318, 2013.
- [11] D. H. Nam, H. K. Min, “An Energy-Efficient Clustering Using a Round-Robin Method in a Wireless Sensor Networks,” *SERA 2007*, pp. 54-60, 2006.
- [12] G. Gupta, M. Younis, “Load-Balanced Clustering of Wireless Sensor Networks,” *ICT-2003*, pp. 1848-1852, 2003.
- [13] C. Y. Wan, S. B. Eisenman, A. T. Campbell, “CODA: Congestion Detection and Avoidance in Sensor Networks,” *SenSys '03 Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems*, pp. 266-279, 2003.
- [14] H. S. Guo, Y. H. Yoo, “An Energy Balancing LEACH Algorithm for Wireless Sensor Networks,” *Information Technology: New Generations (ITNG 2010)*, pp. 822-827, 2010.
- [15] S. Bandyopadhyay, E. J. Coyle, “An Energy-Efficient Hierarchical Clustering for Wireless Networks,” *22nd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (Inforcom 2003)*, pp. 1713-1723, 2003.
- [16] J. Gomez, A. T. Campbell, M. Naghshineh and C. Bisdikian, “Conserving transmission power in wireless ad hoc networks,” *Proceedings of Ninth International Conference on Network Protocols*, 2001.
- [17] B. T. Jay, “Monitoring link quality in a mobile ad hoc network,” U.S. Patent 6894985, May 17, 2005.

이 중 득(Lee, Chong Deuk)



- 1983년 2월 : 전북대학교 전산과(이학사)
- 1989년 2월 : 전북대학교 전산과(이학석사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 전산과(이학박사)
- 1992년 2월 ~ 2002년 2월 : 서남대학교 컴퓨터정보통신학과 교수

- 2002년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 전자공학부 교수
- 관심분야 : 무선 애드 혹 네트워크, 4G LTE, 5G Mobile Communications 등
- E-Mail : cdlee1008@jbnu.ac.kr