
애드혹 네트워크에서 적응적 시간관리 기법을 이용한 클러스터링 노드 에너지 수명의 효율적인 관리 방법

오영준* · 이강환**

An Efficient Node Life-Time Management of Adaptive Time Interval Clustering Control in Ad-hoc Networks

Young-jun Oh* · Knag-whan Lee**

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업과 한국기술교육대학교
교육연구진흥비 지원에 의하여 수행된 결과임

요 약

MANET(Mobile Ad-hoc Network)에서는 에너지 효율을 높이기 위한 다양한 클러스터링 기법과 라우팅 알고리즘이 연구되고 있다. 일반적으로 무선 Ad-hoc 네트워크에서는 LEACH와 같은 클러스터 기반의 동적 라우팅 알고리즘이 많이 사용된다. 본 논문에서는 클러스터내의 각 노드가 가지는 속성을 고려하여 클러스터를 생성하고 노드를 관리하는 ATICC(Adaptive Time Interval Clustering Control) 알고리즘 기법을 제안한다. 제안한 ATICC는 노드의 속성 중의 하나인 잔여에너지 값으로 노드의 에너지 레벨을 분류한다. 그리고 분류된 에너지 레벨에 대응하는 시간차 컨트롤 기법을 이용하여 클러스터링 과정을 수행하거나 노드들을 관리한다. 특히 제안한 ATICC 알고리즘은 MANET에서 클러스터의 생성, 재생성, 진입 노드 및 이탈 노드의 검출과 관리를 통해 노드의 에너지 관리 효율을 향상시키고 클러스터의 Lifetime을 증가시키는 결과를 보여주었다.

ABSTRACT

In the mobile Ad hoc Network(MANET), improving technique for management and control of topology is recognized as an important part of the next generation network. In this paper, we proposed an efficient node life time management of ATICC(Adaptive Time Interval Clustering Control) in Ad-hoc Networks. Ad-hoc Network is a self-configuration network or wireless multi-hop network based on inference topology. This is a method of path routing management node for increasing the network life time through the periodical route alternation. The proposed ATICC algorithm is time interval control technique depended on the use of the battery energy while node management considering the attribute of node and network routing. This can reduce the network traffic of nodes consume energy cost effectively. As a result, it could be improving the network life time by using timing control method in ad-hoc networks.

키워드

애드 혹 네트워크, 클러스터링, 에너지 효율성

key word

Ad-hoc network, Clustering, Energy-efficient

* 정회원 : 한국기술교육대학교 첨단기술연구소

접수일자 : 2012. 11. 22

** 중신회원 : 한국기술교육대학교(교신저자, kwlee@koreatech.ac.kr)

심사완료일자 : 2013. 01. 04

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.2.495>

©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

MANET(Mobile Ad hoc Network)은 기간망에 의존하지 않는 이동 노드들로 구성된 자율망 또는 추론망에 의한 멀티홉 무선 네트워크로 구성되는 특성으로 인하여 다양한 활용 분야가 제시되고 있으며 특히 노드의 특성을 고려한 라우팅에 대한 연구가 활발히 전개되고 있다. 또한 MANET의 특성상 각 노드들은 이동성, 속도 그리고 에너지와 같은 다양한 속성정보를 가진다. 하지만 전송 대역폭과 에너지 사용에 제약을 가지며 이러한 특징이 노드간의 잦은 회선 단절과 경로 재설정 문제를 야기한다. 또한 제한적 자원을 활용해야 하며, 노드의 이동성으로 인하여 기존 네트워크의 라우팅 방식이 적용하기 어렵기 때문에 네트워크 내에 제어 메시지 및 데이터 패킷이 과도하게 생성되어 네트워크 트래픽 증가가 발생하기도 한다. 이러한 불필요한 에너지 소모로 인하여 망에서 노드의 수명을 단축시켜 결과적으로 전체 네트워크의 수명이 단축되는 문제점을 발생하게 된다[1,2].

본 논문에서는 계층적 클러스터 구조의 MANET 환경에서 노드의 에너지 속성과 네트워크의 트래픽 상태를 고려한 적응적 시간차 노드관리 기법인 ATICC(Adaptive Time Interval Clustering Control)을 제안한다. 제안된 ATICC은 시간차 노드 관리 기법으로 최적화된 Active/Sleep, Idle Listening 상태를 적응적으로 설정한 후 패킷을 전송함으로써 계층적 클러스터 내의 각 노드의 균형적인 에너지 소모를 이루는 에너지 효율적인 방식으로 네트워크의 트래픽 집중화를 사전에 방지하고 효율적인 패킷 전송을 통해 불필요한 에너지 소모를 줄이고자 하는 방법이다.

이와 관련된 많은 연구가 이루어지고 있는 분야중 하나가 경로의 단절성을 보장하는 에너지 효율적인 망구조의 개선 방법이다[3,4,5,6,7,8].

본 논문에서는 기존에 제안된 에너지 효율적 라우팅 알고리즘을 살펴본 후, 노드의 배터리 수명을 효율적으로 연장시킬 수 있는 새로운 알고리즘으로 본 연구실에서 지속적으로 연구해오던 계층적 클러스터인 RODMRP(Resilient Ontology-based Dynamic Multicast Routing Protocol)구조에서 노드들의 속성 정보를 고려한 에너지 효율적인 망에서 노드의 관리기법인 ATICC(Adaptive Time Interval Clustering Control)을 소개 제안

한다[9,10,11,12].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 본 논문의 관련된 연구의 RODMRP에 대해 개괄적으로 살펴본다. 제 3장에서는 본 논문이 제안한 적응적 시간 관리기법을 이용한 클러스터링 헤드노드의 수명을 효율적으로 관리하기 위한 ATICC(Adaptive Time Interval Clustering Control) 알고리즘에 살펴보고, 제 4장에서는 제안한 ATICC의 시험환경과 성능 분석을 검토한다. 마지막으로 제 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 상황인식 기반의 RODMRP 알고리즘

MANET에서의 일정 노드들의 집합인 클러스터의 형성은 전송 홉의 감소에 따른 효율 증가, 노드의 관리의 효율성 등의 이유로 많이 사용되고 있다. 그림 1은 일반적인 노드들의 관리를 위한 클러스터의 구조를 보여준다.

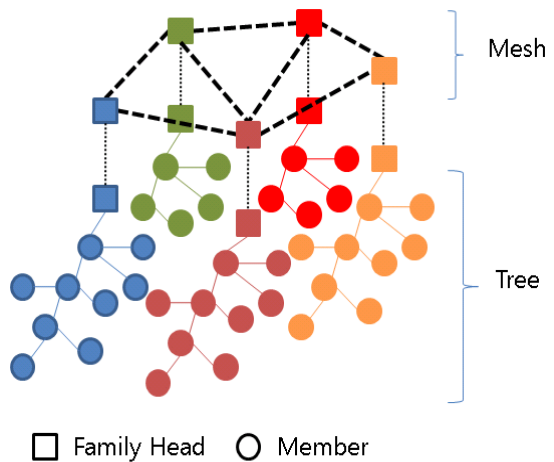


그림 1. 클러스터의 토폴로지의 망구조
Fig. 1 The topology of the network structure in a cluster

일반적인 클러스터링을 기반으로 한 망구조는 그림1에서 보여주는 바와 같이 일정 노드를 그룹화 하여 클러스터를 형성하고, 그 클러스터를 대표하는 헤드 노드를 두어 헤드 노드를 중심으로 클러스터를 관리하고, 라우

팅 경로를 유지한다.

이러한 노드들의 관리 기법은 라우팅 홉이 감소하는 효과를 기대할 수 있으나 관리 헤드 노드에 집중된 에너지 등의 집중 부하로 노드간의 속성에 따른 망 관리 기법이 요구되기도 한다. 그러나 상기 알고리즘에 따른 토폴로지 프로세서에서는 전송되는 패킷의 양을 줄이고 라우팅 경로를 효율적으로 관리하게 된다면 전송 홉의 수를 감소하게 되며, 전송 시 발생하는 오버헤드 및 전송 지연 요소가 감소하여 패킷의 전송율을 향상시킬 수 있다[13]. 일반적으로 클러스터링 단위별 헤드 노드를 두어 클러스터를 관리 하고 라우팅 테이블을 체계적으로 관리하게 되어, 보다 효율적으로 망에서 라우팅이 가능하게 된다. 이것은 제한된 자원과 여러 제약 조건을 가지고 있는 MANET에 매우 효율적인 네트워크 구조로 되어야 함을 의미한다.

본 논문에서 제안하는 기법은 기존 연구실에서 연구 되어온 결과인 RODMRP 계층적 클러스터 구조에 적응적 시간 관리기법을 이용한 클러스터링 헤드노드의 수명을 효율적으로 관리 적용하도록 제안되었다.

그림 2와 그림 3은 RODMRP 계층적 클러스터의 물리적 구조도와 논리적 구조도의 예를 각각 보여준다.

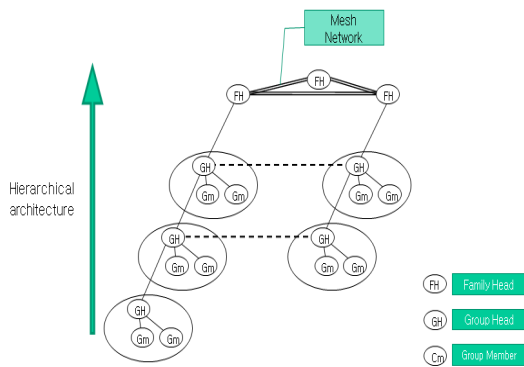


그림 2. RODMRP의 계층적 클러스터 구조
Fig. 2 Hierarchical cluster structure in RODMRP

그림 2에서 각 노드는 자신의 속한 클러스터내의 역할에 따라 패밀리 헤더, 그룹 헤더, 멤버 노드로 나누어진다. 패밀리 헤더는 최상위 계층 노드 중 하나가 되며, 멤버 노드를 갖지 않는다. 각 그룹 헤더는 자신이 속한 그룹 내의 노드들 중에서 상황인식 구조를 적용하여 최

적의 노드를 그룹 헤더로 선출하며 각 멤버노드를 관리한다[14]. 각 멤버노드들은 정보 수집의 역할을 하며 자신의 그룹 헤더와만 통신을 할 수 있다. 최상위 패밀리 헤더들은 서로 메쉬 구조를 이루어 타 클러스터와 탄력적 연결을 할 수 있다. 여기서 클러스터내의 각 계층은 트리 구조를 이루고 있으며, 각 그룹 헤더만이 라우팅에 참여하게 된다.

이를 논리적 구조에서 다시 살펴보면 그림 3과 같이 형성이 되는데, 이때 계층적 구조를 가지는 각 그룹의 헤드노드에 의해 클러스터내의 일반노드는 망을 형성할 때 참여 하게 된다.

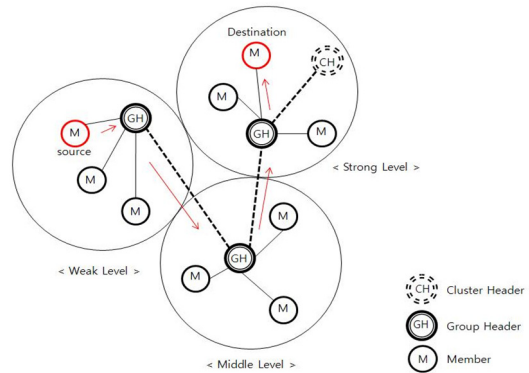


그림 3. RODMRP의 계층적 클러스터 물리적 구조에 따른 경로
Fig. 3 Hierarchical cluster physical structure in RODMRP

즉, RODMRP 구조의 특징은 선출된 그룹헤드 노드에 집중된 망의 구성과 운영됨을 알 수가 있다. 따라서 이러한 헤드 노드의 변경과 참여에 따라 소모되는 에너지 변화에 따라 전체적이 망의 수명은 결정되고 이를 제어하는 방법에 대한 연구가 요구된다.

III. 제안된 ATICC(Adaptive Time Interval Clustering Control) 알고리즘

본 논문에서 제안하는 ATICC은 계층적 클러스터를 구성 및 유지하는 노드관리 기법이다. 이는 기존 연구실에서 제안 개발된 RODMRP에서의 계층적 클러스

터 구조를 따르고 있으며 클러스터 헤더, 그룹 헤더, 멤버 노드로 이루어진다. 클러스터가 생성된 이후 데이터 전송은 하부의 멤버 노드에서 그룹 헤더 그리고 클러스터 헤더 순으로 전송되며 클러스터 헤더는 이웃한 클러스터의 클러스터 헤더와 데이터 전송이 이루어진다.

3.1. 계층 레이어에서의 그룹헤드 노드 선출 방법

본 논문에서의 네트워크 초기 상태는 특정 영역 안에 에너지 값이 다른 노드들이 무작위로 배치되어 있다고 가정한다. 노드의 속성을 고려한 계층적 클러스터 구조의 망을 생성하기 위해 초기에 노드를 수집하여 데이터 전송이 가능한 경로 설정 및 연결을 위한 그룹 헤더 노드를 선출하여야 한다. 그룹 헤더 노드 선출 과정은 다음과 같다.

1) 먼저 초기 모든 노드들은 노드의 레지스터로부터 노드의 배터리 저전압 임계치 설정 레지스터와 배터리 저전압을 확인하여 레지스터로부터 자신의 배터리 잔량을 확인하여 식(1)을 이용한 연산에 의해 에너지 레벨을 분류하고 설정한다. 분류된 에너지 레벨은 높은 순에서 낮은 순으로 0, 1, 2, 3...레벨, 또 Strong, Middle, Weak 등의 레벨로 정의 한다.

$$E_{Level} = \frac{1}{\frac{E_{Residual}}{E_{Max}} \times N_{Level}} \quad (1)$$

where, $N_{Level} \ni \{1, 2, 3, 4 \dots n\}$

위 식에서 E_{Max} 는 노드가 초기에 보유할 수 있는 최대한의 에너지 양(배터리 값), $E_{Residual}$ 은 노드의 현재 시점의 에너지 잔량, N_{Level} 은 분류할 최대 에너지 레벨 계층의 개수, E_{Level} 은 에너지 레벨을 나타낸다.

2) 다음으로는 노드의 에너지 레벨이 분류 및 설정된 이후 전체 노드의 개수에 따른 계층별 그룹 헤더 노드 개수의 비율과 노드의 에너지 잔량에 따른 에너지 레벨을 고려하여 자체적으로 헤더 노드 선출 과정 및 연산을 진행한다. 식(2)는 HEED(Hybrid Energy-Efficient Distributed Clustering) 프로토콜의 노드의 잔여 에너지를 이용한 클러스터 헤더 선정 식에 기반 그룹 헤더 선출에 관한 식이다[15].

$$GH_{prob} = G_{prob} \times \left(\frac{E_{Residual}}{E_{Max}} \times N_{Level} \right) \quad (2)$$

위 식에서 G_{prob} 는 전체 노드 중에서 그룹 헤더의 비율을 나타낸다. 위 식을 이용하여 초기 계산된 GH_{prob} 의 값이 1이 될 때까지 GH_{prob} 를 2배씩 증가시켜 각 에너지 레벨의 노드 중 먼저 1이 되는 노드가 그룹 헤더의 비율을 고려하여 각 계층별 그룹 헤더가 된다. 즉 100개의 노드 중 그룹 헤더가 될 확률을 5%로 가정한다면 GH_{prob} 의 값이 1이 되기 전에 같은 에너지 레벨의 타 노드로부터 그룹 헤더가 되기 위한 5개의 브로드캐스트 메시지를 수신 받은 이후 그룹 헤더가 되기 위한 브로드캐스트 메시지를 발생할 수 없다.

3.2. 제안된 ATICC에서 노드 관리를 위한 에너지 모델 설정

본 논문에서 제안한 ATICC 알고리즘의 데이터 전송에 따른 에너지 효율성을 비교 및 분석하기 위해 기존의 라우팅 알고리즘과 별도의 실험 모델을 구현하고 에너지 모델링 공식을 활용하여 데이터 전송에 따른 에너지 소모를 분석하였다. 비교 대상은 관련연구에서 다루었던 계층적 클러스터 구조의 대표적 라우팅 프로토콜인 LEACH로 설정하였다[16,17,18]. LEACH의 데이터 전송에 관한 에너지 모델링은 아래의 식(3) 및 식(4)와 같다.

$$E_{Tx}(l, d) = E_{elec} \times l + e_{amp} \times l \times d^4 \quad (3)$$

$$E_{Rx}(l) = E_{elec} \times l \quad (4)$$

위의 식에서 E_{elec} 는 전송될 데이터 패킷의 bit당 소모되는 에너지 량, l 는 데이터 패킷의 bit 수, e_{amp} 는 데이터 패킷 신호를 증폭하기 위해 bit당 소모되는 에너지 량, d 는 송신측에서 수신측까지의 거리를 나타낸다. 위의 모델링에서 보면 Tx상태에서는 신호의 증폭연산을 위한 에너지 파라미터 e_{amp} 와 전송거리에 관한 파라미터 d^4 가 추가되어 Rx상태에서 소모되는 에너지 량에 비해 크다는 것을 알 수 있다. 위의 식을 바탕으로 노드의 송·수신 과정에서의 에너지 소모에 관해 다시 정리하면 식(5)와

같다.

$$E_{Total} = E_{Tx} + E_{Rx} \quad (5)$$

노드의 송·수신과정에서의 에너지 소모에 관한 식을 통해 본 논문에서는 노드의 생존 시간을 통해 노드들로 구성된 전체 네트워크의 생존 시간과 평균 생존 시간을 비교 분석하였다. 본 논문의 시뮬레이션에서는 노드의 이동성에 대한 요소는 제외하였다. 비교 분석 모델이 된 LEACH 프로토콜에서의 노드의 생존 시간에 대해서는 다음과 같이 해석 할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 ATICC은 노드의 전류소모 특성을 고려한 노드의 동작 상태인 Active, Sleep 그리고 Idle Listening 상태를 노드의 에너지 상태와 네트워크의 트래픽 상황을 고려하여 최적의 값으로 조절함으로써 노드의 에너지 소모를 줄인다. 각 노드는 노드의 상태 유지 시간인 TA, TS, TI 값을 가진다. TA는 노드 활성화 시간, TS는 노드 휴면시간 그리고 TI는 TA 상태에서 노드가 아무런 동작도 하지 않는 Idle Listening 상태시간을 의미한다.

TA, TS, TI 상태 시간을 적응적으로 조절하여 노드의 전송 및 동작을 관리함으로써 네트워크의 트래픽 집중을 사전에 방지 할 수 있으며, 네트워크의 혼잡으로 인해 발생하던 패킷 재전송 등의 과정에서의 각 노드의 소모되는 에너지를 보다 효율적으로 관리하는 기법으로 전체적으로 망의 관리 차원에서 보면 노드의 수명을 연장할 수 있는 노드의 관리 기법인 것이다.

ATICC에서 적응적으로 설정하는 상태유지 시간인 TA, TS, TI는 다음과 같다.

$$TA_{(n+1)} = TA_{(n)} \times \left(\frac{E_{Level} + E_{Residual}}{N_T} \right) k \quad (6)$$

$$TS_{(n+1)} = TS_{(n)} \times \left(\frac{N_T}{E_{Level} + E_{Residual}} \right) k \quad (7)$$

E_{Level} = 노드의 에너지 레벨

$E_{Residual}$ = 노드의 에너지 잔여량

N_T = 네트워크 트래픽 상태값

k = 비례상수 값, n = 부정수

$$TI_{(n+1)} = TI_{(n)} \times \left(\frac{1}{T_{XE} + R_{XE}} \right) k \quad (8)$$

T_{XE} = TX 상태의 이벤트 발생여부

R_{XE} = RX 상태의 이벤트 발생여부

k = 비례상수 값

위의 식에서 E_{Level} 은 노드의 에너지 레벨, $E_{Residual}$ 은 노드의 에너지 잔여량, N_T 는 네트워크 트래픽 상태값, k 는 비례상수 값, T_{XE} 는 TX 상태에서의 이벤트 발생여부, R_{XE} 는 RX 상태에서의 이벤트 발생여부를 나타낸다. TA, TS, TI를 이용한 ATICC의 에너지 소모에 관한 모델링은 식(9)와 같다.

$$E_{Total}(t) = [E_i(t)_{TX}(m,d) + E_i(t)_{RX}(m,d)] TSD \quad (9)$$

$$\times \left[\left(\frac{TA_i(t)}{TS_i(t) + TI_i(t)} \right) k \right]$$

상기 식(9)에서 k 는 비례상수 값(proportional constant)이고, $E_i(t)_{TX}$ 및 $E_i(t)_{RX}$ 는 전송 및 수신에서 데이터의 비트 전송량(m) 및 전송거리(d)에 따라 소모되는 에너지 모델링 파라미터로 에너지 레벨에 따른 모든 구간의 TSD(Time of Data Send)에 비례하는 것으로 노드의 동작 주기를 결정하게 한다.

또한 제안된 ATICC의 에너지 모델링은 LEACH에서 해석 방법을 기반 하였다. 따라서 ET는 노드의 전체 에너지 소모를, $E_i(t)_{TX}$, $E_i(t)_{RX}$ 는 LEACH의 에너지 모델링 파라미터이다. 이러한 식을 이용하여 LEACH, TICC 및 ATICC의 전체 네트워크의 생존시간인 Lifetime을 비교 실험 하였다.

$$Lifetime_{node} = \frac{E_{Residual}(t)}{\left(\frac{T_d}{TI} \right) \times E_{Total}} \quad (10)$$

상기 식(10)을 전체 노드에 적용한 경우 네트워크에서 노드의 평균 생존 시간은 다음과 같다.

$$Lifetime_{averageNT} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{E_{Residual}(t)}{\left(\frac{T_d}{TI} \right) \times E_{Total}} \right) \quad (11)$$

IV. 성능분석

제안된 ATICC의 성능 분석을 위해서 LEACH의 에너지 소모 모델링 식을 기반으로 하여 LEACH의 에너지 소모에 관해 결과와 제안된 ATICC의 결과를 분석 비교하였다. 시뮬레이션 환경에서의 망의 구성은 배터리 잔량과 배치가 무작위로 진행된 100개의 노드로 구성하였다. ATICC 알고리즘을 적용한 데이터 전송 과정에서는 노드의 배터리 잔량 및 에너지 레벨을 고려한 적응적인 T_{L} 값을 부여하며 LEACH의 경우 이를 무시한 고정된 T_{Fix} 값을 부여하여 연산 및 분석한다. 데이터 전송과정에서 송신 노드로부터 발생한 패킷은 수신 노드에 도착할 때까지 패킷을 브로드캐스트 한다.

다음의 표 1은 LEACH와 ATICC 알고리즘의 에너지 모델링을 비교 및 분석하기 위한 시뮬레이션 환경 조건을 보여준다.

표 1. 모의실험 환경
Table. 1 Simulation environment

항목	내용
Eelec	50nJ/bit
ϵ_{amp}	100pJ/bit*m ²
패킷의 크기	1250byte
노드의 수	6
경로 실패율	0.3
전송 횟수	10000
각 노드의 초기 에너지량	5J

시뮬레이션 결과 ATICC 알고리즘은 네트워크의 트래픽이 집중된 상황에서는 불필요한 재전송 및 컨트롤 패킷의 낭비가 없기 때문에 클러스터의 생존시간을 향상시킬 수 있고, 반대의 상황에서는 패킷의 전송이 원활하기 때문에 신속히 데이터를 처리할 수 있으나 클러스터의 생존시간은 LEACH 보다는 향상된 결과를 가져오나 기존의 TICC 알고리즘에 비해서는 효율성이 조금 떨어지는 결과를 보였다.

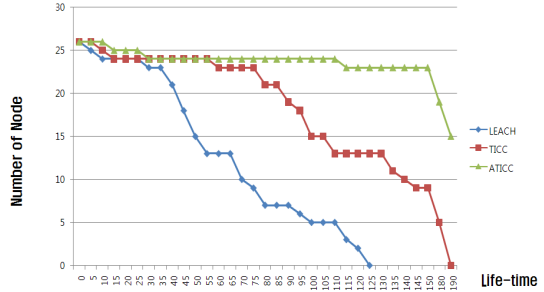


그림 4. 클러스터 생존시간(Life-time) 비교-네트워크의 트래픽이 집중된 실험결과
Fig. 4 Cluster Lifetime comparison - Experiments of the network traffic is concentrated.

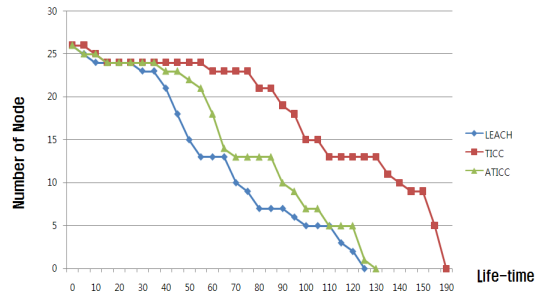


그림 5. 클러스터 생존시간(Life-time) 비교-네트워크의 트래픽이 집중된 실험결과
Fig. 5 Cluster Lifetime comparison - Experiments of the network traffic is not concentrated.

V. 결 론

본 논문에서 제안한 ATICC 알고리즘은 계층적 클러스터구조의 MANET환경에서 노드의 에너지 속성과 네트워크의 트래픽 상태를 고려한 적응적 노드 관리 방법이다. 노드의 상태 유지 시간인 T_A , T_S , T_I 값을 조절함으로써 네트워크의 트래픽의 집중도를 분산하여 노드의 수명을 연장 할 수 있음을 보여주었다.

본 논문에서 제안한 노드관리 알고리즘인 ATICC은 각 노드의 속성 중 배터리 전원 즉 에너지 값을 기준으로 노드의 에너지 레벨을 분류하고 상황에 따라 이에 대응되는 적응적인 시간차 컨트롤 기법을 이용하여 클러스터를 구성 및 유지함으로써 노드를 에너지 효율적

으로 관리한다. 100개의 노드를 이용한 시뮬레이션 실험 및 10개의 UoC 보드를 이용한 실제 실험을 통해 데이터 패킷의 전송 과정을 관찰할 수 있었다. ATICC 알고리즘을 이용하여 데이터 전송 과정에서 에너지 레벨이 높은 노드와 상대적으로 낮은 노드간의 에너지 소모의 균등화를 이루어 각 노드의 에너지 효율성 및 전체 클러스터의 Lifetime이 약 21% 향상되는 결과를 시뮬레이션을 통해 확인하였고, 실제 환경을 구축하여 흡수에 따른 전송 거리 및 패킷 전달 성공률을 이론과 비교 실험하여 성능을 입증하였다. 하지만 시뮬레이션 결과를 통해 네트워크의 생존 시간과 성능 사이의 관계에서의 문제점 및 취약점을 찾을 수 있었다. ATICC 알고리즘은 현재 RODMRP에서 제안하는 계층 레이어 클러스터 구조의 모바일 에드혹 네트워크에 적합하도록 설계되었기 때문에 네트워크의 특성 및 구조가 다른 환경에서 효율적이지 못할 수 있으나 향후 이를 보완하여 ATICC 알고리즘을 구현함으로써 다양한 구조, 노드의 상황 그리고 환경에서 적용시키기 위한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업과 한국기술교육대학교 교육연구진흥비 지원에 의하여 수행된 결과입니다.

참고문헌

- [1] I. A. Akyildiz, W. Su, Y. sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, " A Survey on Sensor Networks," IEEE Communication magazine, Vol. 40, no 8, pp. 102-114, 2002.
- [2] G. Pottie, "Wireless sensor networks," in Proc. Information Theory Workshop, San Diego, CA, pp. 139 - 140, 1998.
- [3] C. E. Perkins and E. M. Royer. "Ad hoc on-demand distance vector Routing," In Proc. of IEEE WMCSA, pp. 90-100, 1999.
- [4] Bumjae Lee, Kangwhan Lee, "Construction of an Efficient Overlay Multicast for Multi-layer," The 9th Proceedings of ICEIC2008, pp. 746-750, 2008
- [5] C. E. Perkins, and P. Bhagwat, "Highly dynamic destination-sequenced distance-vector Routing (DSDV) for mobile computers," ACM SIG-COMM '94, pp.234-244, 1994.
- [6] D. Johnson, D. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks," Mobile Computing, Kluwer Academic Publishers, pp. 154-181, 1996
- [7] Seema Bandyopadhyay, Edward J. Coyle, "An Energy Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks," IEEE Societies, pp. 1713-1723, 2003.
- [8] Stanislava Soro, Wendi B. Heinzelman, "Cluster head election techniques for coverage preservation in wireless sensor networks," Ad Hoc Networks, vol.7, issue 5, pp.955-972, 2009.
- [9] Sunguk Kim , Kangwhan Lee, "A study on the Resilient Ontology-based Dynamic Multicast Routing Protocol," ICKIMICS2007, vol.1, pp. 59-63, 2007.
- [10] Y. Chen and K. Lee, "A routing protocol based on Context-Awareness for Energy Conserving in MANET," in proc. on International Journal of Maritime Information and Communication Sciences, 5(2), pp. 104-108, 2007.
- [11] Q. Younis, M. Krunz, and S. Ramasubramanian, "Node Clustering in Wireless Sensor Networks: Recent Developments and Deployment Challenges," in proc. on the IEEE Network, pp. 20-25, 2006.
- [12] Stanislava Soro , Wendi B. Heinzelman, "Cluster head election techniques for coverage preservation in wireless sensor networks," Ad Hoc Networks, vol.7, issue 5, pp.955-972, 2009.
- [13] Paolo santi, "Topology Control in wireless Ad Hoc and Sensor Netowkrs", Wiley, p.16-29, 2005.
- [14] B. Schilit, N Adams, R. Want, "Context-Aware Computing Applications," WMCSA '94, pp. 85-90, 1994.

- [15] Ossama Younis, Sonia Fahmy, "HEED: A Hybrid, Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad Hoc Sensor Networks," IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, VOL. 3, NO. 4, 2004.
- [16] Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, Hari Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor networks," Wireless Communications, IEEE Transactions, vol.1, no.4, pp. 660-670, 2002.
- [17] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient routing protocols for wireless microsensor networks," in Proc. 33rd Hawaii Int. Conf. System Sciences (HICSS), Maui, HI, 2000.
- [18] H. T. Friis, "A note on a simple transmission formula," Proc. IRE, pp.254-256, 1946

저자소개



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
2002년 중앙대학교 전자공학 박사

1989년 한국전자통신연구원 선임연구원
2004년 특허청 서기관
2005년~ 한국기술교육대학교 정보기술공학부 교수
※ 관심분야: USN, Ad-hoc network, 차세대이동통신 기술, Wireless SoC