

# 노드의 속성을 고려한 효율적인 TICC(Time Interval Clustering Control) 알고리즘에 관한 연구

김영삼 · 두경민 · 지삼현 · 이강환

## A Study on the Efficient TICC(Time Interval Clustering Control) Algorithm That Considering Attribute

Youngsam Kim · Kyoungmin Doo · Samhyun Chi · Kangwhan Lee

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

Korea University of Technology and Education  
verdino@kut.ac.kr

### 요 약

한정된 용량의 배터리에 의존하는 무선 Ad-hoc 네트워크(MANET)에서는 에너지 효율을 높이기 위한 다양한 클러스터링 기법과 라우팅 알고리즘이 연구되고 있다. 이러한 무선 Ad-hoc 네트워크에서는 에너지 효율이 높은 클러스터 기반의 라우팅 알고리즘이 많이 사용된다. 그러나 일반적인 클러스터 방식에 따른 라우팅 알고리즘에서는 클러스터 헤드 노드에 부하가 집중되어 에너지 소모가 많은 문제점을 가진다. 이 문제를 보완하기 위해서 클러스터 헤드 노드의 재 선출을 통해 에너지 소모를 분산하는 동적 클러스터링 방식이 사용되고 있다. 그러나 동적 클러스터링 방식 또한 높은 빈도의 클러스터 재형성 과정에서 많은 에너지를 소모하는 문제점이 있다[1][5]. 즉, 지금까지 연구되어온 알고리즘은 클러스터 구성에 대한 효율적인 알고리즘을 제시하고 있지만 불필요한 에너지 소모를 최소화 하는 최적의 헤드 노드 선정 방법과 클러스터 관리를 통하여 에너지 효율을 높일 수 있는 해결책을 제시하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 위의 클러스터 문제를 해결하기 위해 TICC(Time Interval Clustering Control) 알고리즘 기법을 제안한다. 제안된 TICC은 각 노드의 에너지 속성값에 따라 에너지 Level을 분류하고 분류된 에너지 Level에 따라 타이밍을 고려한 클러스터링 및 노드 관리방법이다. 이러한 TICC기법을 적용하여 실험을 하였고 결과적으로 클러스터 전체의 에너지 효율을 향상되고 Lifetime이 증가함을 보였다.

### 키워드

Ubiquitous, Ad-hoc, MANET, Clustering, Routing, Energy-efficiency, Lifetime

## 1. 서 론

최근 무선통신기술의 발전과 다양한 센서 노드의 개발로 인해 무선 센서 네트워크(wireless sensor network)[1]와 이동 호스트(Mobile Host)로 구성된 무선 Ad hoc 네트워크(MANET) 그리고 차세대 컴퓨팅 기술인 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing) 환경에 대한 관심과 연구가 활발히 이루어지고 있다. 일반적으로 MANET에서 각 노드들의 에너지는 한정된 용량의 배터리에 의존하는 특성을 가지고 있다. 그러므로 MANET의 구성에 있어서 에너지 효율 향

상을 위한 라우팅 알고리즘과 클러스터링 기법의 연구가 중요한 부분으로 취급되고 있다.

라우팅 방식은 모든 센서 노드가 센싱한 데이터를 기지국(base station)으로 보내는 평면적 라우팅 방식과 클러스터 내의 센서 노드가 센싱한 데이터를 클러스터 헤드 노드가 취합 후 기지국으로 전달하는 클러스터링 방식으로 구분할 수 있다[1][5].

클러스터링 방식은 평면 라우팅 방식보다 데이터의 전송량을 줄일 수 있어 에너지 효율 측면에서 효과적이다. 하지만 클러스터링 방식은 클러스터 헤드 노드에 부하가 집중되어 에너지

의 소모가 큼으로서 클러스터가 오래 유지되지 못하는 문제가 있다[1][5].

지금까지의 연구된 클러스터링 방식은 대부분 클러스터 구성에 대한 효율적인 알고리즘을 제시하고 있다. 하지만 부하의 집중을 보다 오랜 시간 견딜 수 있는 최적의 헤드 노드 선정법과 에너지 효율을 높이고 불필요한 에너지 소모를 최소화 할 수 있는 클러스터 관리에 대한 해결책을 제시하지 않았다.

본 연구에서는 에너지 속성값을 가진 각 노드가 속성값에 따른 Time Interval을 가지고 클러스터의 생성에 대한 처리와 클러스터를 관리하는 에너지 효율면에서 우수한 TICC(Time Interval Clustering Control) 알고리즘을 제안한다. 특히 TICC은 CRS(Context-Aware Recognition Switch)/DOS(Dynamic and Optimal Standard) 개념이 접목된 UoC(Ubiquitous On a Chip) System Architecture를 대상으로 하고 다중 계층 클러스터로 구성된 RODMRP 와 OMM(Overlay Multicast for Multilayer with energy) 의 알고리즘에 적합하게 설계 되었다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH는 클러스터 기반 라우팅 기법으로 클러스터에 포함된 모든 센서 노드가 클러스터 헤드로 데이터를 전송한다. 헤드는 데이터 병합(data aggregation)을 통해 수집된 데이터를 모아져 모아서 싱크 노드로 전송한다. 이 방식의 특징은 네트워크 생존시간을 최대화하기 위해 에너지 소모가 높은 클러스터 헤드를 라운드(round)라는 시간 단위마다 확률적으로 선택한다. 각 라운드는 클러스터 헤드와 클러스터를 구성하는 단계인 set-up과 TDMA schedule에 따라 데이터의 전송이 이루어지는 단계인 steady-state로 구성된다. LEACH에서는 클러스터 내의 노드들이 단지 확률적으로 헤드로 선정되기 때문에 에너지 효율적이지 못할 수 있다[2][4][5].

### 2.2 LEACH-C(LEACH-Centralized)

LEACH의 클러스터 구성 알고리즘은 확률적으로 클러스터 헤드를 선정하기 때문에 에너지 효율적이지 못한 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 LEACH-C(LEACH-Centralized) 알고리즘이 나왔다. Base Station이 통제하여 클러스터를 구성하는 LEACH-C는 클러스터 구성원 노드들이 클러스터의 헤드에게 데이터를 전송하

는 데 있어서 에너지를 최소화하는 최적의 클러스터 헤드를 선정함으로써 효율적인 클러스터를 구성할 수 있다. 하지만 이러한 최적의 클러스터 헤드를 선정하기 위한 오버헤드가 상당히 큰 것이 LEACH-C의 단점이다[2]. 클러스터 구성에 있어 최적의 헤드 노드를 선정하고 이러한 과정에서 오버헤드를 줄일 수 있는 방안으로 본 논문에서 TICC을 제안하고 있는 것이다.

## 3. 제안방식

TICC은 CRS/DOS가 접목된 UoC(Ubiquitous on a Chip) System Architecture를 기반으로 한다. 즉 UoC 구조는 상황인식(Context Aware)에 따른 각 주변상황의 상태값을 시스템이 스스로 가중치를 두고 판단하여 시스템에 가장 필요한 최적의 기준값을 유동적으로 설정해주는 구조이다. UoC구조는 그림 1과 같다.

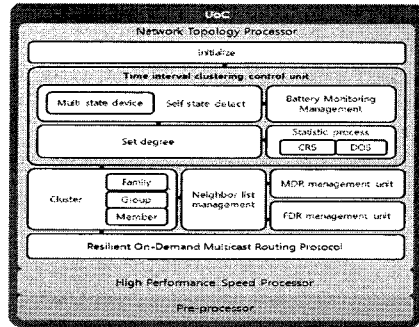


그림 1. TICC이 접목된 UoC 구조

유동적으로 기준을 설정한다는 개념은 특히 노드가 지닌 환경에 따라 채집된 정보로부터 유연하고 자유도가 높은 네트워크 구성특성이 있는 MANET에서 속성 분류에 따른 클러스터의 생성과 재생성시 가장 중요시 되어야 하는 개념 중 하나이다[6].

특히 TICC이 적용된 클러스터 생성과정에서는 각 노드들이 가지는 속성 중의 하나인 Energy Level(세기)을 기준 값으로 정한다. 이 기준 값에 따라 각 노드들이 시간차를 둔 Flag 신호를 발생한다. 이때 Energy Level이 높고 Flag 신호를 가장 먼저 발생한 노드가 기준노드가 되어 클러스터링 과정을 수행하게 된다. 이러한 과정은 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)등과 같은 동적 클러스터링 과정에서 무작위적으로 기준노드를 선정할 때 발생하던 비효율적인 에너지 낭비를 줄일 수 있다. 뿐만 아니라 Energy Level이 높은 노드에게 상대적으로 낮은 노드들을 수집하는 우선권

을 부여함으로써 RODMRP와 OMM에서 제안한 단계별 클러스터의 Family Header, Group Header 그리고 Member 노드들을 보다 효율적으로 분류하고 관리할 수 있다[3]. 결과적으로 클러스터 전체의 에너지 효율과 Life time을 높이는 효과를 얻게 된다. 그림 2는 TICC기법의 클러스터링 방법으로 인해 생성된 단계별 클러스터의 논리적 구조도를 보여준다.

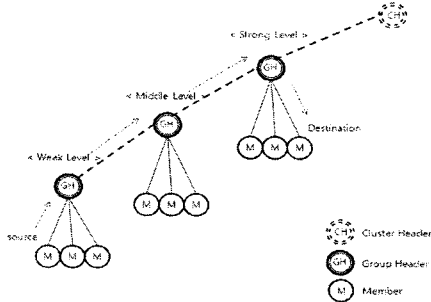


그림 2. 단계별 Cluster의 논리적 구조도

3.1 클러스터의 생성 및 노드 관리

본 연구에서 사용하는 RF transceiver인 Microchip의 MRF24J40은 노드의 배터리 상태 측정 기능을 제공한다. 이 기능을 클러스터링 과정에 사용한다.

첫째, 제공하는 기능을 활용하여 분산되어 있는 각 노드들의 배터리 상태를 측정한다.

둘째, 노드의 배터리 상태에 따라 Energy Level을 분류한다. 배터리 상태에 따른 Energy Level의 분류 예는 표 1과 같다.

셋째, Energy Level을 기준으로 각 노드가 시간차를 달리하여 Flag신호를 발생하게 된다. Energy Level이 높은 노드는  $\Delta t - \alpha$  주기로 Flag 신호를 자주 발생하고 반대로 낮은 노드는  $\Delta t + \beta$  주기로 Flag 신호를 적게 발생시킨다. 이 과정 중 에너지 Level이 가장 높고 Flag신호를 가장 먼저 발생한 노드가 각 Layer의 기준 노드가 되어 역할을 수행하게 된다.

노드의 속성 Range	Energy Level	Layer
$9 \leq B \leq 10$	Strong	A
$7 \leq B \leq 8$	Middle	B
$B \leq 6$	Weak	C

표 1. 노드의 속성 Range값에 따른 분류 예시

그림 3은 각 Layer에서 기준노드가 Flag신호를 일정 Time Interval 주기로 발생시키는 개략도를 보여준다.

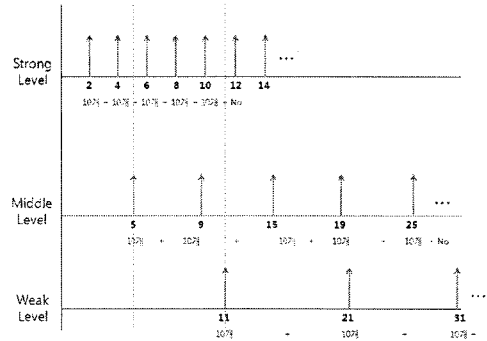


그림 3. 계층구조의 TICC에서 클러스터링을 위한 Flag신호 발생

그림 4에서는 기준 노드(BN)와 Non-기준노드(BN)사이에서 Joining 신호교환을 통해 Flag신호의 Time Interval에 대해 상세히 설명하고 있다.

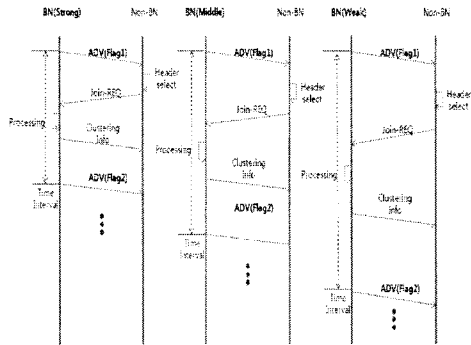


그림 4. 계층구조의 TICC에서 클러스터링을 위한 Flag신호 전달 체계도

넷째, 선정된 각 Energy Level의 기준 노드들이 Flag신호를 발생하여 단계별 클러스터의 구조에 맞게 Grouping과정을 수행한다. 각 기준 노드들은 한정된 메모리 용량을 가지고 있기 때문에 그룹에 소속되는 노드의 수가 제한되게 된다.

그룹별 기준 노드의 메모리에 저장된 노드의 순서대로 Family Header, Group Header 그리고 Member 노드가 분류된다. 클러스터링 과정을 마친 노드들은 자신이 Group에 소속되었다는 것을 나타내는 제어비트를 Set하여 또 다른 Flag 신호에 응답을 하지 않는다.

다섯째, Grouping 과정을 수행한 후 Family Header가 제어 신호를 통해 각 Layer의 Group Header들의 정보를 수집한다. 다음으로 Strong에서 Weak Group까지의 경로를 설정하고 Group Header들에게 통보한다. 이렇게 함으로

써 다중 계층 클러스터의 생성 과정이 완료가 된다.

여섯째, 다중 계층 클러스터가 생성 완료 되고 나면 TICC기법에 따라 각 Group의 Time Interval 컨트롤 신호 및 데이터 전송과정을 통해 노드들을 관리한다.

#### 4. 실험 및 고찰

제안한 TICC 기법을 통한 클러스터의 에너지 효율성에 대한 증명을 하기 위해 Energy Level 이 다른 각 노드를 무작위로 30개를 추출하여 TICC기법을 적용하지 않은 클러스터와 TICC기법을 적용한 클러스터의 Lifetime을 시뮬레이션 결과를 통해 확인하여 보았다.

그림 5를 보면 TICC기법을 적용하지 않은 클러스터에서는 동작 후 25일째에 첫 노드가 수명을 다하게 되고 마지막 노드는 39일째에 수명을 다함으로써 클러스터가 사라지게 된다. 하지만 TICC기법을 적용한 클러스터에서는 동작 후 37일째에 첫 노드가 수명을 다하고 마지막 노드가 47일째에 수명을 다하여 클러스터가 사라지게 된다. 결과로 TICC기법을 적용함으로써 클러스터의 에너지 효율성과 Lifetime이 상당 수준 높아지는 것을 확인할 수 있다.

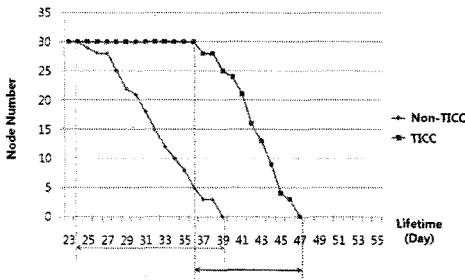


그림 5. 클러스터 Lifetime 비교

#### 5. 결론

다중 계층 클러스터 구조를 가지는 동적 클러스터링 방식의 무선 Ad-hoc 네트워크(MANET)에서 클러스터의 전체 에너지 효율을 높임으로써 Lifetime을 향상시킬 수 있는 방법으로 본 논문에서 TICC기법을 제안하였다. 또한 TICC기법은 보다 긴 시간동안 클러스터를 유지하고, 클러스터의 계층 분류에 효과적인 알고리즘이다.

TICC기법의 타당성은 각 노드의 에너지 속성에 따라 에너지 단계(Level)를 나누고 단계별 시

간차 제어신호 및 데이터 전송 실험을 함으로서 클러스터 에너지 효율성 및 Lifetime의 증가를 보였다.

앞으로 보다 다양한 상황이나 구조에서 TICC 기법이 적용될 수 있도록 많은 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Do-Hyun Nam, "An Energy-Efficient Clustering Using Load-Balancing of Cluster Head in Wireless Sensor Network," Korea 05.2007.
- [2] Uk-pyo Han, "An Energy Efficient Cluster Formation Algorithm for Wireless Sensor Networks," Korea 02.2007.
- [3] Sun-guk Kim, "A study on Inference Network Based on the Resilient Ontology-based Dynamic Multicast Routing Protocol," The Korea Institute of Maritime Information and Communication Sciences, 2007.
- [4] Wendi Rabiner Heinzelman, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000
- [5] do-hyun nam, "An Efficient Ad-Hoc Routing Using a Hybrid Clustering Method in a Wireless Sensor Network," Third IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, 2007
- [6] Kyung-min Doo, "A study on the Context-Aware Architecture for Ubiquitous on Computing System," The Korea Institute of Maritime Information and Communication Sciences, 2007.