

# 멀티채널 무선 센서 네트워크에서 채널 변경을 고려한 스케줄링 방법

염상길, 이현, 김동수, 추현승

성균관대학교 정보통신대학

e-mail : {sanggil12, dusidu, dskim61, [choo](mailto:choo@skku.edu)}@skku.edu

## Channel Switching Considered Scheduling in Multi-Channel Wireless Sensor Networks

Sanggil Yeom, Hyun Lee, Dongsoo Kim and Hyunseung Choo

College of Information and Communication Engineering,

Sungkyunkwan University

### 요 약

멀티채널 무선 센서 네트워크에서 기존의 스케줄링 방법들은 각 노드마다 다른 채널과 타임슬롯을 할당하는 방법을 채택하여 연구하였다. 하지만 여러 채널과 타임슬롯을 사용함으로써 채널간의 간섭, 채널과 타임슬롯의 할당, 채널 변경에 소모되는 에너지와 딜레이 등 추가로 고려해야할 사항들이 발생하였다. 센서 노드는 저전력의 배터리를 사용하기 때문에 효율적인 채널과 타임슬롯 할당 이외에도 채널 변경에 대해 고려되어야 한다. 본 논문에서는 멀티채널 무선센서네트워크 환경에서 최소한의 채널 변경을 지향하는 효율적인 채널과 타임슬롯을 할당하는 방법을 제안한다.

### 1. 서론

일반적으로 멀티채널 무선 센서 네트워크는 제한된 에너지를 가지는 센서 노드들로 구성된다. 이러한 제한된 에너지를 효율적으로 늘리기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 멀티채널 무선 센서 네트워크에서는 기존의 단일채널 무선 센서 네트워크와는 다르게 각 노드별 채널 할당과 타임슬롯 할당을 동시에 고려해야한다. 멀티채널 환경에서는 인접 노드들이 서로 다른 채널로 데이터를 전송할 경우 노드 간의 충돌 및 간섭이 일어나지 않기 때문에 인접 노드간의 동시 전송이 가능하다. 따라서 채널 충돌을 회피하기 위한 다양한 채널 할당 방법들이 제안되었다[1][2]. 하지만 기존의 연구들은 각 노드마다 다른 채널을 할당하는데 이러한 경우 채널의 변경에는 변경 시간과 에너지가 소모되기 때문에 이를 고려한 스케줄링이 필요하다.

본 논문에서는 채널 변경을 줄이기 위해 듀티사이클 기반의 채널할당 기법을 제안하였다. 제안 기법은 설정된 듀티사이클을 기반으로 하여 채널과 타임슬롯을 동시에 고려한 스케줄링을 함으로써 멀티채널 센서 네트워크에서 채널 변경 시간을 감소시켰다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련연구로 기존 기법인 Constraint Graph 기반의 채널 할당 방법과 이의 문제점에 대해 기술한다. 3장에서는 기존 기법을 향상시킨 제안 기법을 기술한다. 4장에서는 기존기법과 제안기법 성능평가 및 분석을 기술하고, 마지막으로 본 논문의 결론을 5장에 기술한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 Constraint graph 기반 멀티채널 할당 방법

기존 기법인 Constraint Graph 기반 멀티 채널 할당 방법[2]은 노드간 전송시 채널의 충돌을 방지하기 위해 receiver 노드로만 이루어진 Constraint Graph를 생성하고 충돌이 발생할 수 있는 부분에 간선을 생성하고 이를 이용하여 채널을 할당한다. 채널 할당 절차를 그림 1을 이용하여 설명하면 다음과 같다.

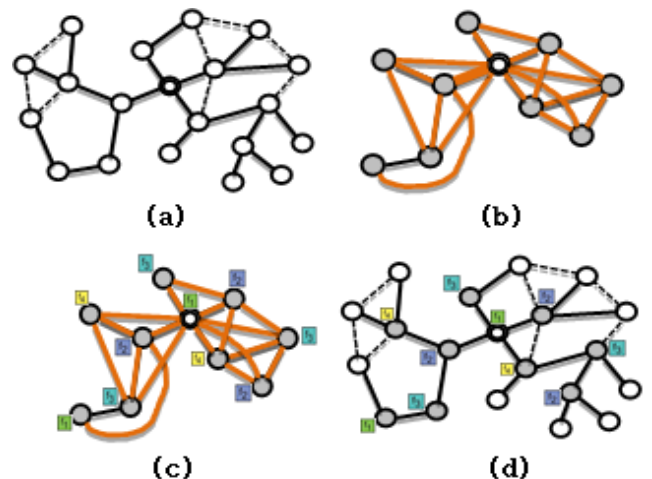


그림 1 기존 기법의 채널 할당 절차

그림 1의 (a)는 초기의 토폴로지이다. Minimum Spanning Tree (MST)를 이용하여 노드를 연결하고,

점선은 두 노드 사이에 간섭이 있음을 의미한다. (b)는 receiver 노드로 이루어진 Constraint Graph를 생성하고 충돌이 발생할 수 있는 부분을 연결한 그래프이다. (c)는 연결된 간선을 이용하여 채널을 할당하는 부분이다. 기존 기법에서 채널 선정하는 방법은 Largest Degree First 방법으로 간선의 degree가 높은 순서부터 채널을 할당한다. 채널이 할당된 노드에 연결된 간선은 같은 채널을 할당할 시 충돌이 발생하므로 연결된 노드를 제외하고 채널 할당을 한다. (d)는 채널할당이 완료된 토폴로지이다. 제안 기법은 채널 할당시에 Constraint Graph를 생성하고 이를 이용함으로써 노드간에 채널 충돌이 일어나지 않음을 확실하게 보장해 줄 수 있다.

2.2 기존 채널 할당 기법의 문제점

채널 할당 시에 채널할당 이후 타임슬롯 스케줄링을 고려하지 않아 채널의 변경을 줄일 수 있는 부분이 있음에도 불구하고 모든 receiver 노드에 채널을 할당한다. 한 주기안에 전송이 가능한 경우 부모 노드와 채널을 동일하게 변경해 준다면 receiver 노드의 수를 줄일 수 있고, receiver 노드의 수가 줄어드는 것은 채널 변경 시간과 채널 변경에 소모되는 에너지를 감소시킬 수 있다.

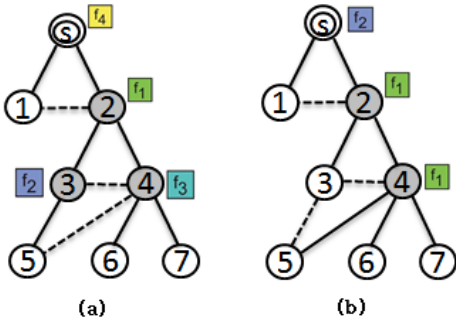


그림 2 기존기법과 제안 기법의 예

3. 제안기법

본 장에서는 기존 기법의 문제점을 해결하기 위해 듀티 사이클 기반의 스케줄링을 제시한다. 제안 기법은 크게 두가지 단계로 이루어져 있다. 첫번째 단계에서는 토폴로지에서 receiver 노드로 이루어진 Constraint Graph를 생성하고 자식 노드의 Degree 합을 구한다. 다음으로, 두번째 단계는 완성된 Constraint Graph를 이용하여 채널을 할당하는 것이다. 단계별 절차는 다음과 같다.

그림 3은 초기의 토폴로지 상태이다. 멀티채널 무선센서네트워크에서는 MST를 이용해 트리를 구성하는 것이 효율이 높다. 그 이유는 멀티채널 환경의 경우 한 노드에 degree가 집중되면 채널의 수가 급격하게 늘어나기 때문이다[3]. 따라서 sink까지의 거리는 늘어나지만 degree를 줄인 MST를 사용하여 트리를 생성하는 것이 효율적이다.

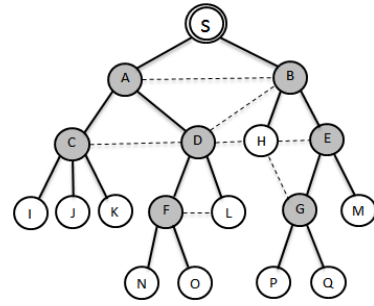


그림 3 초기 토폴로지

첫 번째 단계인 Constraint Graph 생성과 자식노드의 Degree합을 구하는 부분이다. Constraint Graph 생성 부분은 기존의 기법과 동일한 방법으로 구해진다. 먼저 receiver 노드 (회색)에서 충돌이 발생할 수 있는 모든 다른 receiver 끼리 연결한다. 이렇게 함으로써 한 개의 노드가 선택되었을 때 그 노드와 연결된 다른 노드를 같은 채널로 할당하지 않으면 충돌이 발생하지 않음을 보장할 수 있다. 다음으로는 기존의 토폴로지를 가지고 receiver 노드에 하위 간선의 수를 계산한다. 이는 듀티사이클을 고려하여 채널과 타임슬롯을 할당하기 위해 필요한 값이며, 자신의 바로 아래 자식 노드의 값만 계산하는 것이 아니라, 트리의 최하위 노드부터 자신까지의 간선의 수를 합한다. 그림 4는 초기 토폴로지에서 첫 번째 단계 완료 후의 토폴로지이다.

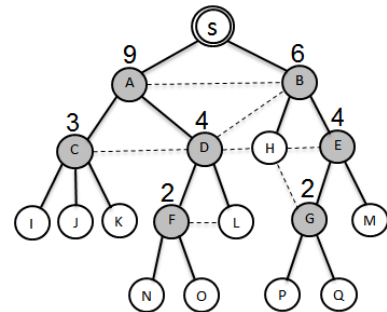


그림 4 첫 번째 단계 완료 후의 토폴로지

두 번째 단계인 채널을 할당하는 부분이다. 첫 번째 단계에서 구해진 하위 간선의 수를 이용하여 채널을 할당한다. 예시에서의 듀티 사이클은 25%로 한 주기의 타임슬롯은 총 4개이다. 먼저, 기존 기법의 채널할당 방법인 Largest Degree First와는 다르게 하위 간선 수의 합이 한 주기의 타임슬롯 개수인 부분부터 채널을 할당한다. 그 이유는 하위 간선 수의 합이 한 주기의 타임슬롯 개수보다 같거나 작다는 것은 한 주기 안에 선택된 노드로 모두 전송이 가능하기 때문이다. 그림 5는 한 주기의 타임슬롯 개수부터 하위 간선 수의 합이 1인 노드까지 채널할당을 완료한 예이다. 먼저 오른쪽 아래의 하위 간선 수의 합이 4인 노드부터 채널이 할당되게 된다. 이 경우 아래 하위 간선의 수가 2인 노드는 한 주기 안에 선택된 노드로 전송이 가능하므로

선택 노드와 같은 채널 1로 할당되게 된다. 이렇게 되면 한 주기의 타임슬롯 개수인 4 안에 선택된 노드에 하위 노드의 센싱 값이 전달되게 된다. 같은 채널로 할당할 경우 Constraint Graph 상에서 두개의 채널은 인접해 있기 때문에 주변의 다른 receiver 노드와도 채널 충돌이 발생하지 않는 것을 보장할 수 있다.

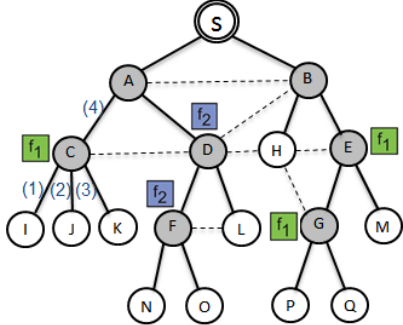


그림 5 한 주기의 타임슬롯 개수(=4)부터 하위 간선의 합이 1인것까지 채널 할당이 완료된 토폴로지

위의 채널 할당이 완료된 후에 현재 하위 간선 수의 합이 5이상인 노드들만 남아있다. 이 노드들에 한 주기의 타임슬롯 개수인 4를 빼주고 위의 채널 할당 방법을 다시 수행한다. 이는 최하위 노드부터 채널이 할당 되는 것이 동일한 채널이 할당되는 경우가 많기 때문이다. 그림 6은 두번째 단계의 채널 할당이 완료된 후의 토폴로지이다..

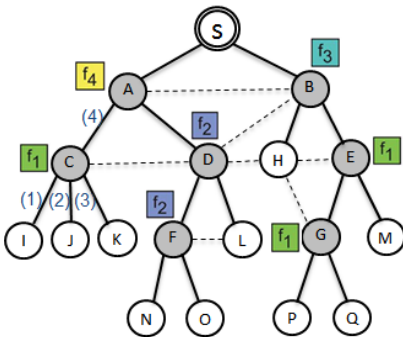


그림 6 채널 할당이 완료된 후의 토폴로지

#### 4. 기존 기법과 제안기법 성능 평가 및 분석

기존 기법과 제안기법의 성능 평가 환경은 다음과 같다. 고정 변수로는 노드의 수는 100개, 전체 네트워크의 크기는 200mX200m로 설정하였다. 가변 변수로는 전송 범위를 20m에서 50m까지 5m 단위로 늘려가며 성능 평가를 수행하였다. 성능 평가 결과는 다음과 같다. 그림 7은 송수신 횟수가 동일한 상황에서 채널 변경에 사용된 에너지 소모를 비교한 것이다. 전송범위 25m에서 기존 기법이 약 600mJ의 에너지를 채널 변경에 사용한 것에 비해 제안 기법은 약 400mJ의 에너지를 사용한 것을 볼 수 있다. 이는 채널 변경 횟수가 줄어 에너지의 사용이 줄었기 때문이다. 또한 전체적으로 보았을 때 채널 변경에 사용된

에너지를 송수신에 더 사용할 수 있으므로 전체 네트워크의 생존 시간을 향상시킬 수 있다.

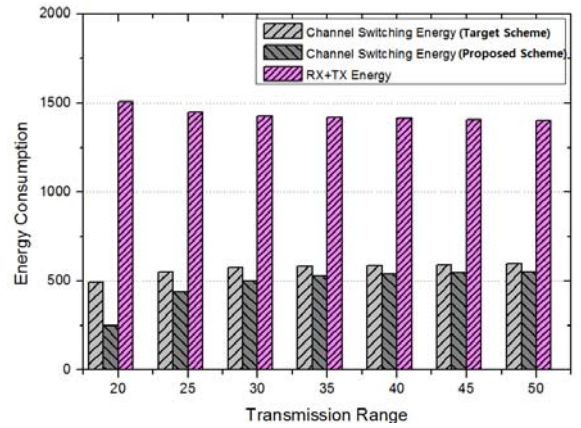


그림 7 전송범위에 따른 에너지 소모

#### 5. 결론

기존의 채널 할당 방법은 모든 receiver 노드에게 채널을 할당함으로써 굳이 채널의 변경이 필요하지 않은 부분에도 채널을 각기 다르게 할당하였다. 이로 인해 채널 변경 시간과 채널 변경 에너지를 소모하는 문제점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 채널간의 충돌이 발생하지 않는 것을 보장하면서, 토폴로지의 듀티 사이클을 고려하여 스케줄링 하는 방법을 제안하였다. 성능평가 결과 기존 기법에 비해 채널 변경하는 노드의 수가 줄어 채널 변경 에너지 소모를 줄일 수 있음을 확인하였다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 브레인 스카우팅 사업 (NIPA-HB603-12-1002), 미래창조과학부의 차세대정보·컴퓨팅기술개발사업 (2010-0020727) 및 미래창조 과학부가 지원한 2014년 정보통신·방송(ICT) 연구개발 사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

[1] J. So and N. H. Vaidya, "Multi-channel MAC for ad hoc networks: Handling multi-channel hidden terminals using a single transceiver," in Proc. MobiHoc, 2004, pp. 222-233.  
 [2] A. Ghosh, Ö. D. Incel, V. S. A. Kumar, and B. Krishnamachari, "Multi-channel scheduling and spanning trees: Throughput-Delay tradeoff for Fast data collection in Sensor Networks," in Proc. NETWORKING, 2011, pp. 1731-1743.  
 [3] M. Burkhart, P. von Rickenbach, R. Wattenhofer, and A. Zollinger, "Does topology control reduce interference," in Proc. MobiHoc, 2004, pp. 9-19.