

802.11ah 환경에서 히든 매트릭스를 기반으로 그룹 재편성을 통한 히든 노드 문제를 완화 시키는 알고리즘

서정오, 윤성국, 박세웅
서울대학교

joseo@netlab.snu.ac.kr, sgyoon@netlab.snu.ac.kr, sbahk@snu.ac.kr

Algorithm for alleviating the hidden node problem in 802.11ah through HMBR (Hidden Matrix Base Regrouping)

Jeong-O Seo, Sung-Guk Yoon, Saewoong Bahk
Seoul National Univ.

요 약

본 논문은 802.11ah 저전력 모드에서 발생할 수 있는 히든 노드 문제를 조명하고 그 문제를 완화시키기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 히든 노드를 찾아내는 알고리즘과 그 노드들을 새로운 그룹으로 재편성 시켜주는 알고리즘으로 구성되어 있다. 모의 실험을 통하여 제안하는 기법을 통해 히든 쌍의 개수가 상당히 줄었는 것을 확인하였다.

I. 서 론

802.11ah 는 IEEE 802.11 에서 새롭게 표준화하고 있는 기술로서 더 넓은 전송거리와 더 많은 노드를 서비스할 수 있다는 특징이 있다. 802.11ah 는 900MHz 대역과 2MHz 의 대역폭을 사용하여 2.4GHz 대역과 20MHz 을 사용하는 기존의 무선 랜보다 더 먼 지역에 대해 서비스를 제공한다. 구체적으로 802.11ah 는 수 Km 의 전송거리와 8000 개 이상의 노드에게 무선 랜 서비스를 제공한다 [1].

노드의 개수가 많고 전송거리가 길어졌기 때문에 802.11ah 에서는 히든 노드가 많아지게 된다. 또한 저전력 모드로 동작시에는 다수의 노드가 동시에 전송을 시도하게되어 히든 노드에 의한 패킷의 에러가 증가하게 되고, 이는 전반적인 네트워크 성능 저하를 가져온다.

따라서 본 논문에서는 802.11ah 에서 히든 노드를 찾아내고, 찾아낸 정보를 바탕으로 히든 노드를 그룹 재편성 시켜줌으로써 히든 노드 문제를 완화시키는 알고리즘을 제안한다.

II. 802.11ah 저전력 모드

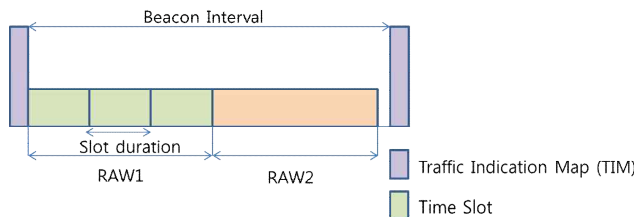


그림 1. 802.11ah 저전력 모드 구조

그림 1 은 802.11ah 의 저전력 모드 구조를 도시한다. 802.11ah 저전력 모드에서는 두개의 Restricted Access

Window (RAW)가 존재한다. RAW1 과 RAW2 는 각각 PS-Poll 전송과 데이터 전송을 위해 존재한다. 각 노드는 매 비컨 주기 시작 때 전송되는 Traffic Indication Map (TIM) 패킷을 보고 자신에게 올 패킷이 있는지 확인한 후 할당된 시간 슬롯에서 PS-Poll 을 보내어 자신이 깨어 있음을 AP 에게 알리게 된다. AP 는 PS-Poll 에 대해 즉각적인 ACK 을 보낸다. 그리고 이 ACK 에는 AP 의 버퍼에 그 노드로 향하는 패킷이 있는지에 관한 정보가 담겨 있다. 노드가 정상적으로 ACK 을 받으면 RAW2 에서 자신에게 향하는 데이터 패킷을 기다리게 된다. 하나의 시간 슬롯은 하나의 그룹을 형성한다. 그룹을 형성하는 방법은 아래와 같다.

$$STA - Slot Mapping function f(x): \quad (1)$$

$$f(x) = x \bmod N_{RAW} = i$$

N_{RAW} 는 T_{RAW} (RAW1의 길이)를 T_s (슬롯 길이)으로 나누어 구해진다. 즉 N_{RAW} 는 RAW1내에 있는 시간 슬롯의 개수를 의미한다. AP는 노드의 Association Identifier (AID)를 N_{RAW} 값으로 모듈로 오퍼레이션을 하여 나온 값을 그룹 번호로 노드에게 할당한다 [2].

III. 히든 식별 및 그룹 재편성 알고리즘

기존의 그룹핑 방법에는 노드의 증가에 따른 히든 노드 문제가 고려되어 있지 않다. 그로 인해 PS-Poll 의 전송을 제대로 할 수 없게 된다. 따라서 본 논문에서는 히든 노드 문제를 완화시킬 수 있는 알고리즘을 제안한다.

제안하는 방법은 두 단계로 진행이 된다. 첫 번째 단계에서는 히든 노드를 찾고 히든 매트릭스를 만든다. 두 번째 단계에서는 히든 매트릭스를 기반으로 그룹을 재편성 하는 과정을 진행한다.

1. 히든 노드 식별 알고리즘

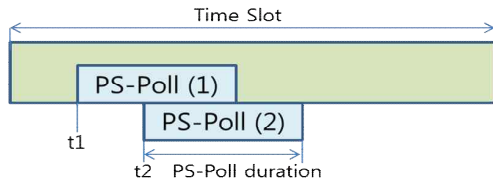


그림 2 히든에 의한 PS-Poll 충돌

그림 2 와 같이 히든 노드에 의해 PS-Poll 간의 충돌이 일어나게 된다. 이때 PS-Poll 전송을 실패한 노드는 자신의 첫 전송시간을 저장한다. 위의 그림에서는 t1 시간과 t2 시간을 각각 노드 1 과 노드 2 가 저장하고 이 시간을 재전송 시 PS-Poll 에 실어서 보내게 된다. 기존의 PS-Poll MAC 프레임 20 bytes 에 시간 정보를 담을 수 있는 공간 8 bytes 를 추가하여 첫 전송시간을 저장할 공간으로 사용한다.

$$slot\ time < |t1 - t2| < PS - Poll\ duration \quad (2)$$

AP 는 노드으로부터 받은 PS-Poll 의 첫 전송 시간을 바탕으로 노드 간의 히든 관계를 찾아낸다. 히든 관계를 찾는 방법은 식 (2)번과 같다. 위 식에서 t1 과 t2 의 차가 PS-Poll 보다 작다는 것은 노드 1 이 전송을 할 때 노드 2 번이 센싱하지 않고 전송을 했다는 것을 의미하고, 이는 곧 두 노드가 히든의 관계에 있다고 볼 수 있다. 그리고 두 시간의 차가 슬롯 시간보다 커야 되는 이유는 두 노드가 히든이 아닌 경우에도 랜덤 카운터의 값이 동시에 0 이 되어 충돌이 일어나는 상황을 배제하기 위함이다.

AP 는 PS-Poll 로부터 얻은 정보를 바탕으로 노드 간의 히든 매트릭스를 만들고 그 정보를 유지한다. 히든 매트릭스는 두 노드가 히든인 경우 1 로, 히든이 아닌 경우에는 0 으로 표현 한다.

2. 노드 재배치 알고리즘

히든 매트릭스 기반의 그룹 재배치 알고리즘

그룹의 번호가 n 일때, $n = \{1, 2, \dots, N\}$

- 히든 매트릭스를 이용하여 히든 쌍이 많은 노드 순으로 정렬하고 첫번째 노드를 선택한다.
- 선택한 노드가 $n+1$ 번째 그룹에 있는 노드들과 히든 관계가 없다면 그 그룹으로 옮긴다. $n+1$ 번째 그룹에 히든인 노드가 있다면 $n+2$ 번째 그룹으로 가서 같은 작업을 반복한다.
- 가장 히든이 많은 노드가 다른 그룹으로 재배치 되면 남아있는 노드에 대해 1번과 2번 과정을 실시한다.
- 가장 히든이 많은 노드가 모든 그룹을 돌았는데도 재배치 되지 않으면 그 다음으로 히든이 많은 노드에 대해 2번과 3번 과정을 실시한다.
- 히든 쌍이 있는 모든 노드에 대해 1에서 4과정이 끝나면 다음 그룹으로 넘어가서 같은 작업을 반복한다.

알고리즘 1

앞서 구해진 히든 매트릭스를 바탕으로 이번 단계에서는 노드들을 재배치 한다. 알고리즘 1 은 노드 재배치 방법을 설명한다. 알고리즘 1 의 목표는 한 그룹 내에 히든인 노드들을 히든 매트릭스를 바탕으로 다른 그룹으로 재배치 시켜주어 그룹 내 히든 쌍의 수를 줄이는 것이다.

IV. 모의실험 결과

모의 실험을 통해 제안하는 히든 노드 식별 알고리즘과 노드 재배치 알고리즘의 성능을 평가한다. 시뮬레이션 환경은 표 1 과 같다.

Data rate (Mbps)	0.65
Bandwidth (MHz)	2
PHY header (μs)	240
ACK (μs)	240
SIFS (μs)	160
슬롯 시간 (μs)	52
노드 수	120
그룹 수	6
그룹당 시작 노드 수	20
TBTT 반복 횟수	200
그룹 재배치 주기	5

표 1 모의실험 환경

표 1 에 나와있는 802.11ah 환경을 토대로 모의실험을 하여 그룹별 히든 쌍의 개수를 측정하였다.

그룹	시작	끝	노드 수
0	78	1	19
1	86	0	23
2	87	0	23
3	102	3	25
4	105	0	12
5	60	2	18
합계	518	6	120

표 2 히든 쌍의 개수

표 2 는 모의실험 시작 시 히든 쌍의 개수와 모의 실험 끝났을 때 히든쌍의 개수 및 각 그룹별 노드의 수를 나타낸다.

모의실험 결과 히든 쌍의 개수는 전체 히든 쌍의 개수 518 개에서 제안한 알고리즘을 사용하여 모의실험이 끝난 후에는 전체 6 개로 98.8%가 줄어 들었음을 확인할 수 있다.

감사의 글

“이 논문은 2013 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2012R1A1A2006171)”

V. 결론

802.11ah 는 900Mhz 대역을 활용하여 수 km 까지 전송거리를 넓혀 스마트그리드 및 광역 센서 네트워크를 위한 솔루션을 제공한다. 본 논문에서는 802.11ah 저전력 모드에서 심각하게 발생할 수 있는 히든 노드 문제를 조명하였고 그것을 완화시키기 위한 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘을 통해 98.8%의 히든 쌍을 없애는 성과를 보였다.

참고 문헌

[1]Ali Hazmi, Jukka Rinne and Mikko Valkama, " Feasibility Study of IEEE 802.11ah Radio Technology for IoT and M2M use Cases." IEEE Globecom Workshops, 2012 pp. 1687-1688.

[2]IEEE P802.11ah. Specification framework for TGah. IEEE 11/1137r15 May 2013.