

멀티 라디오 멀티 채널 무선 메쉬 네트워크를 위한 최소 간섭 채널 할당

차시호*

*청운대학교 멀티미디어학과

e-mail:shcha@chungwoon.ac.kr

Minimum Channel Assignment for Multi-Radio Multi-Channel Wireless Mesh Networks

Si-Ho Cha*

*Dept. of Multimedia Science, Chungwoon University

요 약

무선 메쉬 네트워크(WMN, Wireless Mesh Network)에서의 전체적인 성능은 채널의 간섭을 최소화함으로써 개선될 수 있다. 본 논문은 3개의 멀티 채널을 지원하는 IEEE 802.11b/g 기반 WMNs를 위해 제안된 클러스터 기반 채널 할당 기법인 CB-CA(Cluster-Based Channel Assignment)[3] 알고리즘을 멀티 라디오 멀티 채널 WMN 환경에 적합하게 개선시키고자 한다. CB-CA 알고리즘에서는 메쉬 라우터들 중에 선택된 클러스터 헤드(CH, Cluster Head) 노드들과 클러스터들 간의 에지 게이트웨이(EG, Edge Gateway) 노드들 간에는 모두 동일 채널을 사용함으로써 채널 스캐닝과 채널 스위칭을 수행하지 않는다. 그러나 이러한 모든 CH들과 EG들 간의 동일 채널의 사용은 많은 노드들에서 채널 간섭을 발생시키는 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 송수신 인터페이스를 구분하고 각 인터페이스에서의 채널을 랜덤하게 설정하고 이를 통신 범위 내에 인접한 이웃 클러스터들에게 알림으로써 서로 간섭이 발생하지 않는 채널들이 설정되도록 한다. 이로써 각 클러스터 간의 채널 간섭을 최소화 할 수 있음과 동시에 다중 인터페이스와 다중 채널을 모두 활용할 수 있어서 QoS를 향상시킬 수 있다.

1. 서론

일반적으로 무선 메쉬 네트워크(WMN)는 무선 멀티 홉(hop) 환경으로 인해 홉 개수가 증가하거나 각 메쉬 라우터(MR)들이 동시에 데이터를 전송할 경우 데이터 전송 간에 간섭이 발생할 확률이 높아진다 [1]. 이러한 전송 간에 발생하는 간섭은 WMN의 전체적인 네트워크 성능이 급격히 감소한다. 이러한 WMN은 크게 메쉬 라우터(MR, Mesh Router), 메쉬 클라이언트(MC, Mesh Client), 메쉬 게이트웨이(MG, Mesh Gateway)로 구성된다. WMN에서 주로 사용하는 네트워크 인터페이스 기술로는 IEEE 802.11b/g와 IEEE 802.11a 스펙이 있다. IEEE 802.11b/g에서는 2.4 GHz의 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 주파수 대역에서 3개의 비중첩 채널을 지원하며, IEEE 802.11a에서는 5 GHz 주파수 밴드에서 12개의 비중첩 UNII(Unlicensed National Information Infrastructure) 채널을 지원한다[2].

본 논문에서는 3개의 비중첩 멀티채널을 지원하는

IEEE 802.11b/g 기반으로 구성된 WMN을 위해 [3]에서 제안된 클러스터 기반 채널 할당 알고리즘인 CB-CA의 채널 간섭 문제를 개선하는 새로운 알고리즘을 제안한다. CB-CA[3]에서 각 MR들은 물리적인 통신 거리에 존재하는 이웃 MR들과 클러스터(cluster)를 구성하고, 해당 클러스터 멤버(CM)인 MR들의 채널 정보를 채널 데이터로 유지하는 클러스터 헤드(CH)가 선출된다. CH의 선출 조건은 최대 연결성을 갖는 노드가 된다. CH들은 인접한 클러스터의 CH들과 채널 스캐닝 및 채널 스위칭을 수행하지 않고 효율적으로 통신하기 위해 동일 채널을 할당하여 통신하고, 클러스터 내의 CM들과는 CH들 간의 통신 채널과 간섭이 발생하지 않는 직교 채널을 할당한다. 또한 해당 CH는 자신의 클러스터 내의 CM들과의 통신을 위해 타임 슬롯을 할당한다. 각 CM들은 보내야 할 데이터가 존재하는 경우 자신에게 할당된 시간 동안 데이터를 전송하게 된다 [3].

그러나 이러한 모든 CH들과 에지 게이트웨이(EG)들 간의 동일 채널의 사용은 많은 노드들에서

채널 간섭을 발생시키는 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 CH들 간에는 동일 채널을 사용하는 대신 EG 노드들 간에만 동일한 디폴트 채널을 할당하고, 각 클러스터 내에서는 CH를 포함한 모든 노드가 디폴트 채널과 간섭이 발생하지 않는 나머지 채널 중에서 하나를 사용할 수 있도록 함으로써 기존 CH들과 EG들 간에 발생하는 채널 간섭을 최소화 할 수 있다.

2. 관련 연구

2.1 주요 채널할당 방법

Marina[4]는 그리드 기반의 휴리스틱 채널 할당 기법을 제안하여 연결성이 보장되고 간섭이 적은 토폴로지를 찾는 방법을 제안하였다. Marina가 제안한 CLICA라고 불리는 토폴로지 기반 채널 할당 방식은 네트워크의 모든 링크에 균등한 트래픽 부하가 발생한다는 가정을 바탕으로 하고 있지만 실제 구축되는 WMN에서는 트래픽 부하가 다르기 때문에 실제 환경에는 적합하지 않다는 문제점이 있다. 또한 토폴로지 기반의 채널 할당 방법은 노드간의 연결성과 채널 간의 간섭의 균형을 유지할 수 있어야 한다.

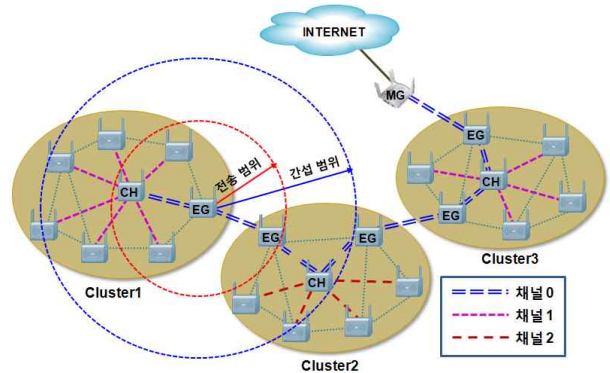
Makram[5]은 동적으로 채널을 변경할 때 발생하는 문제를 해결하기 위해서 CCA라는 클러스터링 기반의 채널 할당 알고리즘을 제안하였다. Makram의 CCA는 Highest Connectivity Cluster(HCC) 알고리즘을 적용하여 노드간의 연결성을 높였으며, 클러스터 헤드 간의 클러스터 헤드를 선출하여 채널 관리의 복잡성을 줄였다. 하지만 특정 노드의 트래픽 부하 현상이 발생한다는 문제점이 있다.

2.2 CB-CA 알고리즘

[3]에서 제안된 CB-CA 알고리즘은 두 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계에서는 통신 범위에 존재하는 노드들 간에 클러스터를 구성하고 두 번째 단계에서는 클러스터들 간의 채널 할당과 각 클러스터 내에서의 채널 할당을 수행한다.

그림 1에서 각 클러스터 내의 가는 점선은 물리적으로 통신이 가능한 링크이다. CB-CA에서 특정 클러스터 내의 모든 CM은 이웃 노드들과의 물리적인 통신 가능 링크가 존재한다고 하더라도 자신이 속한 클러스터의 CH와의 통신만 수행하게 된다. 이때, 클러스터 1번의 CH와 CM들의 통신을 위해 사용하던

채널을 1에서 2로 변경하게 되면 클러스터 1과의 간섭 범위에 있는 클러스터 2에 속한 CH와 CM들의 내부 통신 채널만 서로 간섭하지 않는 채널로 변경시켜 주면 되기 때문에 채널 의존성의 문제를 특정 클러스터로 한정할 수 있다. 즉, 채널 변경이 일어나는 클러스터인 클러스터 2에서만 현재 사용 중이던 채널 2를 채널 1이나 3으로만 변경시켜주면 되기 때문에 채널 의존성 문제를 해결할 수 있다.



[그림 1] CB-CA 개요

실제 관련 연구에서 언급한 CLICA 알고리즘과의 성능 비교를 수행한 시뮬레이션 결과 CB-CA 알고리즘의 우수성을 어느 정도 입증하였다[3].

실제 WMN에서 MR들은 2개 이상의 인터페이스를 갖는다. 그렇기 때문에 [3]에서 제안된 CB-CA 알고리즘은 멀티 라디오 환경에는 적합하지 않다. CB-CA는 IEEE 802.11b/g와 IEEE 802.11a로 구성된 멀티 라디오 멀티 채널 WMN에서는 기본적인 채널 간섭을 발생시킨다. 그림 1에서 보인 것과 같이 클러스터 1의 EG의 채널 간섭 범위에는 4개의 동일 채널이 포함된다. 따라서 클러스터 1과 클러스터 2는 서로 다른 클러스터임에도 CH들과 EG들에 할당된 동일 기본 채널에서의 간섭으로 상당한 성능의 저하가 야기된다.

3. 개선된 CB-CA 알고리즘

표 1은 본 논문에서 제안한 개선된 CB-CA를 기술하기 위한 심볼들에 대한 정의이며, 표 2는 개선된 CB-CA 알고리즘을 기술한 것이다.

개선된 CB-CA 알고리즘은 클러스터링을 수행한 후 해당 클러스터 내의 CH는 자신의 CM들과 통신을 위해 송수신 인터페이스를 결정한 후 랜덤하게 각 인터페이스의 채널을 결정한다. CH는 이렇게 결정된 송수신 인터페이스와 채널 정보를 해당 CM들

에게 알려줌으로써 클러스터 내에서의 데이터 송수신이 이루어지도록 한다. 즉 각 메쉬 노드들은 멀티라디오를 위해 2개의 인터페이스를 가지는 경우에 동시에 송수신을 가능하도록 송수신 채널을 별도로 할당한다.

[표 1] 심볼 표기

심볼	정의
CL_i	클러스터 i
CH_i	클러스터 i 의 CH
CM_i	클러스터 i 의 CM
NCL_i	클러스터 i 의 이웃 클러스터의 집합
ECL_i	클러스터 i 의 에지 노드
N_v	노드 v 의 통신 범위 내의 이웃 노드 집합
L_v	노드 v 의 이웃 노드에 대한 무선 링크 집합
c_i	C 의 하나의 채널
C_v	노드 v 에 할당된 채널 집합
$CCHD$	CH 에 할당된 디폴트 채널

[표 2] 개선된 CB-CA 알고리즘

<ol style="list-style-type: none"> 1. $\forall x[\text{node}(x).\text{role} = CH]$ 2. while $\exists Nx$ do 3. node(x) broadcast <i>hello_msg</i> 4. if $Lx > \forall Nv(Lv)$ then 5. Set v to <i>CM of node(x)</i> 6. end if 7. end while 8. while $\exists CHx$ do 9. CHx decide <i>Up/Down interface for Cx</i> 10. CHx random(<i>Tx/Rx channel</i>) for Cx 11. CHx broadcast Cx 12. if $Cx \cap CNCLy$ 13. go to line 10 14. end if 15. CHx assign a <i>time slot</i> to CMx 16. end while

따라서 CH들은 모든 CM들에게 데이터 전송을 위해 기본 채널을 제외한 공통의 채널을 할당하고, CM들로부터 데이터를 수신하기 위해서는 각 CM들에 타임 슬롯을 할당하여 각 CM은 해당 시간에만 데이터를 전송할 수 있도록 한다. 또한 CH는 모든 노드들의 이웃 노드 리스트를 검색하여 인접한 이웃 클러스터 노드를 갖는 노드를 EG 노드로 선정하고 EG들은 최초로 할당된 기본 채널 이외에 각 클러스

터 내의 채널 할당 후에 남은 채널을 하나 더 할당함으로써 각 클러스터 간에도 송수신 채널을 분리한다. 즉, 클러스터들 간에 통신 링크의 연결을 담당하는 EG들 간에 하나의 기본 채널과 하나의 일반 채널을 할당한다. 이들은 동시에 데이터 송수신을 위한 것이다. 이때 각 노드들은 자신에게 할당된 채널의 정보를 통신 범위 내의 노드들에게 알려줌으로써 랜덤하게 선택된 채널들이 간섭이 발생하지 않도록 한다. 따라서 각 클러스터 간의 채널 간섭을 최소화할 수 있음과 동시에 다중 인터페이스와 다중 채널을 모두 활용할 수 있어서 QoS를 향상시킬 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 3개의 채널을 갖는 WMN을 위한 클러스터 기반 채널할당 알고리즘은 CB-CA를 멀티라디오 멀티 채널 기반의 WMN에 맞게 최대한 idle한 채널의 수를 줄여주는 개선된 CB-CA 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 개선된 CB-CA 알고리즘의 성능 평가는 기존의 CB-CA와 CLICA 뿐만 아니라 CCA와 성능 비교를 수행하려고 한다.

참고문헌

- [1] S. Xu, T. Saadavi, "Does the IEEE 802.11 MAC protocol work well in multihop ad hoc networks?," IEEE Communications Magazine, pp.130-137, Jun. 2001.
- [2] 802.11g-WP104-R, "WHITE PAPER, IEEE 802.11g: The New Mainstream Wireless LAN Standard," Broadcom Corporation, 2003.
- [3] 차시호, 류민우, 조국현, 조민호, "IEEE 802.11b/g 무선 메쉬 네트워크를 위한 클러스터 기반 채널 할당 알고리즘," 전자공학회논문지 제46권-CI 제4호, pp.87-93, 2009년 7월.
- [4] M. Marina, S. Das, "A topology control approach for Utilizing multiple channels in multi-radio wireless mesh networks," IEEE International Conference on Broadband Networks (BroadNets), pp.381-390, Oct. 2005.
- [5] S. A. Makram, M. Gunes, "Distributed Channel Assignment for Multi-Radio Wireless Mesh Networks," IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), pp.272-277, July 2008.