

가용 자원 활용 극대화를 위한 다중 인터페이스/다중 채널 기반 무선 메쉬 네트워크에서 채널 할당 기법

이정원*, 유명식**

*숭실대학교 정보통신공학과

Channel Allocation for Maximizing Available Resource In Multi Interface/Multi Channel based Wireless Mesh Network

Lee, Jung-Won, Yoo, Myung-Sik

Soongsil University

E-mail : mediajj@ssu.ac.kr, myoo@ssu.ac.kr

요 약

무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network, WMN)는 유비쿼터스 환경 및 무선 브로드밴드 액세스를 제공하기 위한 차세대 핵심기술로 떠오르고 있다. 다양한 멀티미디어 서비스가 존재하는 유비쿼터스 환경에서 실시간 서비스 제공을 위해서는 네트워크 용량 증대가 요구되며, 이를 위하여 WMN에서 네트워크 용량을 증대시키기 위한 다중 인터페이스 활용 기술이 중요한 이슈로 대두되고 있다. 하지만 WMN에서 주로 사용하는 인터페이스 기술인 IEEE 802.11 표준에서는 IEEE 802.11b/g 또는 IEEE 802.11a와 같은 스펙에 따라 간섭 없이 사용할 수 있는 채널은 3개 또는 12개로 한정되어 있기 때문에 다중 인터페이스 활용을 통해 증대된 가용 자원 효율성을 극대화하기 위해서 효율적인 채널 할당 기법의 연구가 요구되며, 이에 따라 본 논문에서는 채널 그룹 설정을 통하여 간섭 발생을 최소화하며 채널 스캐닝 과정을 수행하지 않고 채널 변경을 진행함으로써 채널 스캐닝 과정으로 발생하는 전송 지연을 최소화하여 네트워크 성능을 향상시킬 수 있는 채널 할당 기법을 제안한다.

1. 서론

무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network, WMN)는 유비쿼터스 환경 및 무선 브로드밴드 액세스를 제공하기 위한 차세대 핵심기술로 떠오르고 있다. 다양한 멀티미디어 서비스가 존재하는 유비쿼터스 환경에서 실시간 서비스 제공을 위해서는 네트워크 용량 증대가 요구되며, 이를 위하여 WMN에서 네트워크 용량을 증대시키기 위한 다중 인터페이스 활용 기술이 중요한 이슈로 대두되고 있다. 하지만 WMN에서 주로 사용하는 인터페이스 기술인 IEEE 802.11 표준에서는 IEEE 802.11b/g 또는 IEEE 802.11a와 같은 스펙에 따라 간섭 없이 사용할 수 있는 채널은 3

개 또는 12개로 한정되어 있다[1]. 이에 따라 다중 인터페이스 활용을 통해 증대된 가용 자원 효율성을 극대화하기 위해서 효율적인 채널 할당 기법의 연구가 요구되며, 이를 위하여 채널 변경 시 전송 지연을 발생시켜 네트워크 성능에 영향을 미치는 채널 스캐닝 과정으로 인한 지연 문제와 한 인터페이스의 채널 변경으로 인하여 인접 노드와 연결성이 단절되는 노드가 발생하는 문제를 해결해야 한다. 또한 한 링크의 채널 변경으로 인하여 경로 상 연쇄적 채널 변경이 발생하는 채널 의존성 문제를 해결해야 한다.[2]. 본 논문에서는 IEEE 802.11a 인터페이스 2개를 사용한 WMN에서 이러한 문제점을 해결하기 위한 채널

할당 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 채널 할당 기법은 채널 그룹 설정을 통하여 간섭 발생 최소화 및 채널 스캐닝 과정을 수행하지 않고 채널 변경을 진행함으로써 서로 다른 채널을 사용하는 노드들이 통신을 하기 위하여 채널 스캐닝 과정으로 발생하는 전송 지연을 최소화하며, 수신 인터페이스에 고정된 채널 할당을 통하여 한 인터페이스의 채널 변경으로 인하여 인접 노드와 연결성이 단절되는 노드가 발생하는 문제를 해결함으로써 네트워크 성능을 향상시킨다.

2. 본론

1) 관련 연구

IEEE 802.11에 기반한 다중 채널 할당 방안은 크게 두 가지 환경으로 부하 인지 기반 채널 할당, 토폴로지 기반 채널 할당 기법으로 분류할 수 있다[3]. 부하 인지 기반 채널 할당 기법으로 Architecture and Algorithms for an IEEE 802.11-Based Multi-Channel Wireless Mesh Network[4]는 다중 채널 WMN의 채널 할당과 라우팅을 위한 시스템 구조(Hyacinth)를 제안하였다. Hyacinth는 동적인 채널 할당과 패킷 라우팅을 위한 분산 알고리즘을 사용하는데, 노드의 트래픽 부하 정보만을 이용하여 채널 할당에 대한 결정을 한다. 또한, 한 링크의 채널 변경 시 의존 관계에 있던 주위 노드의 동일 채널들이 연쇄적으로 변경되는 채널 의존 관계 문제를 해결하기 위하여 트리 형태의 네트워크 토폴로지를 도입하고, 네트워크에 참여하는 각 노드들이 장착하고 있는 인터페이스들을 두 가지 그룹으로 구분한다. 이 중 자신의 부모 노드와 통신하는 인터페이스를 UP-NICs라고 하고, 자신의 자식 노드와 통신하는 인터페이스를 DOWN-NICs라고 정의 한다. 각 노드들은 자신의 DOWN-NICs에 대한 채널 할당만을 책임지므로, 채널 의존 관계가 하나의 부모 노드로부터 자식 노드로 전파되는 것을 효과적으로 방지한다. 따라서 각 노드는 채널 의존 문제없이 트래픽 부하에 따라 자신의 DOWN-NICs에 대한 채널을 변경할 수 있다. 하지만 트래픽 인식 기반 채널 할당 기법은 한 링크가 트래픽 부하에 따라 채널을 변경함으로써 변경된 채널과 동일 채널을 사용하던 노드

들의 트래픽이 증가되므로 해당 노드들은 다시 트래픽이 적은 채널로 변경하게 된다. 이에 따라 한 노드의 채널 변경이 전체 네트워크 토폴로지 상 노드들의 연쇄적인 채널 변경을 발생시키게 되고 채널 변경으로 인한 지연시간의 발생으로 인하여 네트워크 수율이 감소하는 문제가 발생한다. 다중 채널 할당 기법 중 토폴로지 기반 채널 할당 기법은 네트워크에 참여하는 모든 노드의 인터페이스들에 채널을 할당한 후 채널 변경 없이 라우팅 경로를 설정하기 때문에 채널 간 간섭을 최소화 하는 동시에 연결성이 보장되는 네트워크 토폴로지를 형성하는 것이 목적이다. CLICA[5]는 WMN에서 효율적이고 유연한 채널 할당을 위해 제안된 채널 할당 방식이다. CLICA에서는 채널 할당 문제를 네트워크 전체의 간섭을 최소화하고 동시에 연결성을 보장해주는 것을 목적으로 간섭을 최소화하고 동시에 연결성을 보장해주는 것을 목적으로 하는 토폴로지 최적화 문제로 공식화하였고, 이 공식이 NP-complete이라고 증명하였다. 또한, 채널 할당을 위한 Heuristic Greedy 알고리즘[6]을 제안하여 연결성이 보장되고 간섭이 적은 토폴로지를 찾는 방법을 제안한다. 하지만, 토폴로지 기반 채널 할당 방식은 네트워크의 모든 링크에 균등한 트래픽 부하가 발생한다는 가정을 바탕으로 연구가 진행되었기에 네트워크의 각 링크에 부과되는 트래픽 부하가 다른 실제 환경에서는 적합하지 않다.

2) 제안 알고리즘

본 논문에서 제안한 채널 할당 기법은 인터페이스 배치 방식, 채널 그룹 설정 방식, 인터페이스 별 채널 사용 방식, 전체 채널 할당 및 변경과정으로 나누어진다.

(1) 인터페이스 배치 방식

인터페이스 배치 방식의 목적은 채널 의존성 문제를 해결하기 위함이다. 본 논문에서 제안한 채널 할당 방식은 WMN 토폴로지 내 존재하는 모든 노드가 802.11a 2개의 인터페이스를 장착하고 있는 상황을 가정한다. 인터페이스 배치는 상위 홉 노드와 통신을 위한 인터페이스, 하위 홉 노드와 통신을 위한 인터페이스로 나누어진다. 상위 홉 노드와

통신을 위한 인터페이스와 하위 홉 노드와 통신을 위한 인터페이스로 구분한 이유는 하나의 경로가 존재할 경우 인터페이스 구분 없이 데이터 전송을 한다면 경로 상 모든 링크에서 동일 채널을 사용하게 된다. 이에 따라 한 링크의 채널 변경으로 인하여 전체 경로 상 연쇄적인 채널 변경이 발생하는 채널 의존성 문제가 발생한다. 이러한 채널 의존성 문제를 해결하기 위하여 두 개의 인터페이스를 상위 홉 노드와 통신을 위한 인터페이스, 하위 홉 노드와 통신을 위한 인터페이스로 분리함으로써 하나의 경로 상 각 링크에서 다른 채널을 사용할 수 있고, 이로 인하여 한 링크의 채널 변경으로 인한 전체 경로 상 연쇄적 채널 변경이 발생하는 채널 의존성 문제를 해결할 수 있다.

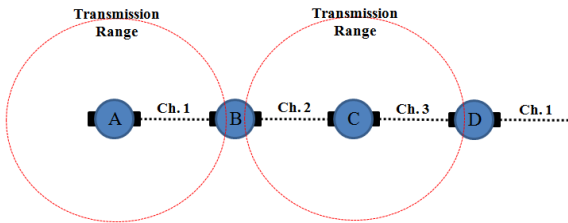


그림 1. 제안 인터페이스 배치 기법

(2) 채널 그룹 설정 방식

채널 그룹 설정의 목적은 각 채널 그룹마다 독립적으로 사용할 수 있는 채널을 할당함으로써 경로 내부 간섭 회피 및 채널 스캐닝 과정으로 인한 지연 시간 발생을 최소화하기 위함이다. 먼저 경로 내부 간섭을 피하기 위하여 각 채널 그룹은 게이트웨이 기준 홉 수에 따라 3개의 채널 그룹으로 구성된다. 일반적으로 무선 환경의 간섭 범위는 전송 범위의 약 1.8배로 알려져 있다[6]. 이에 따라 경로 내부 간섭 회피를 위하여 노드에서 게이트웨이로 데이터를 전송하는 하나의 경로 상 연속된 세 개의 링크에 다른 채널을 할당함으로써 경로 내부 간섭을 회피할 수 있기 때문이다. IEEE 802.11a에서 간섭 없이 동시에 사용할 수 있는 채널은 12개이다. 즉 1-hop 채널 그룹에서 1 ~ 4번 채널을 사용하였다면 2-hop 채널 그룹에서는 5 ~ 8번 채널, 3-hop 채널 그룹에서는 9 ~ 12번 채널, 4-hop 채널 그룹에서는 다시 1-hop 채널 그룹에서 사용한 채널을 재사용함으로써 경로 내부 간섭 문

제를 해결하고, 동일 그룹 내 채널 할당 문제만을 고려함으로써 간섭을 최소화 할 수 있다. 또한 하위 홉 노드는 채널 할당 후 초기 채널 스캐닝 과정을 통하여 자신의 테이블에 상위 홉 노드의 채널 정보를 저장해 놓음으로써 동적 채널 변경을 수행할 경우 채널 스캐닝 과정을 수행하지 않고 채널을 변경함으로써 채널 변경으로 인한 데이터 전송 지연의 발생을 막을 수 있다.

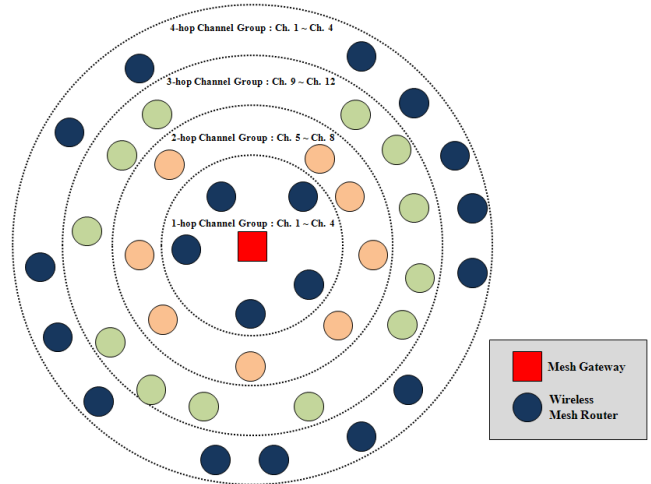


그림 2. 채널 그룹 설정 구조도

(3) 인터페이스 별 채널 할당 방식

인터페이스 별 채널 할당 방식의 목적은 한 링크의 채널 변경으로 인하여 데이터 전송이 중단되는 노드의 발생 문제를 해결하기 위함이다. 본 논문에서는 상위 홉 노드와 통신을 위한 인터페이스는 동적 채널 변경을 하며, 하위 홉 노드와 통신을 위한 인터페이스는 초기 할당된 채널을 고정으로 사용한다. 그림. 3은 노드 B와 노드 E가 데이터 전송을 위하여 노드 B의 인터페이스에 할당된 채널과 노드 E에 할당된 채널을 동시에 변경할 경우 노드 A는 노드 E와 다른 채널 사용으로 인하여 연결성이 끊어지는 문제를 나타낸 것이다. 예를 들면 기존 트래픽 인식 기반 채널 할당 기법에서 인접 노드의 채널 부하상태 정보를 토대로 채널을 변경한다. 현재 노드 E는 노드 A와 노드 B와 1번 채널을 사용하여 게이트웨이로 데이터를 전송하고 있다. 이 때 노드 E로 노드 A와 노드 B, 두 개의 노드에서 트래픽이 발생하기 때문에 1번 채널에 트래픽 부하가 증가하게 된다.

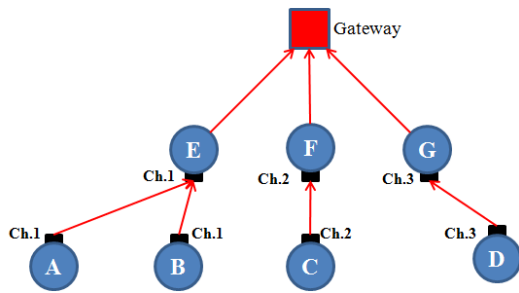


그림 3. 기존 채널 할당 방식 문제점

이 때 노드 F로부터 2번 채널의 트래픽 부하가 적다는 정보를 알게 된 노드 B는 노드 E와 트래픽 부하가 적은 채널을 사용하여 데이터를 전송하기 위하여 현재 사용하는 1번 채널을 2번 채널로 변경한다. 노드 B와 노드 E가 데이터 전송을 위한 채널을 2번으로 변경함으로써 노드 A는 데이터 전송을 위한 경로가 단절되고, 이로 인하여 데이터 전송이 중단되는 문제가 발생하게 된다. 이와 같이 두 노드가 동시에 현재 통신 중인 인터페이스의 채널을 변경할 경우 경로가 단절됨으로써 데이터 전송이 중단되는 노드가 발생하는 문제를 해결하기 위하여 하위 홉과 통신을 위한 인터페이스는 초기 할당된 채널을 변경하지 않고 고정된 채널을 사용하며, 상위 홉과 통신을 위한 인터페이스만 동적으로 채널을 변경함으로써 노드 간 연결성이 끊어지는 문제를 해결한다.

(4)전체 채널 할당 및 변경 과정

채널 할당 및 변경 과정의 목적은 간섭을 최소화함으로써 네트워크 수율을 증대시키기 위함이다. 트래픽 유입량이 많은 노드는 채널 점유 시간이 길어지게 되고, 이에 따라 간섭의 영향을 받는 시간이 증가됨으로써 네트워크 수율 감소 문제를 야기한다. 이에 따라 트래픽 유입량이 많은 노드를 우선적으로 전송률이 높은 채널을 할당해줌으로써 간섭 발생 시간을 줄이고, 이를 통하여 네트워크 수율을 증가시킨다. 먼저 하위 홉 노드와의 통신을 위한 인터페이스의 채널 할당은 채널 그룹 내 사용 채널을 순차적으로 할당한 후 채널 변경 없이 고정으로 사용한다. 초기 채널 할당 후 모든 노드는 물리적 통신 가능 범위 노드의 채널 정보를 검색하여 자신의 테이블에 저장한다. 그 후 저장된

테이블 정보를 이용하여 상위 홉 노드와 통신을 위한 인터페이스는 채널 스캐닝 과정 없이 주기적으로 채널을 변경하며 상위 홉 노드에게 제어 메시지 전송을 통하여 자신의 트래픽 유입량을 전송하고 상위 홉 노드는 자신의 전송률을 하위 홉 노드에게 전송한다. 주기적으로 전송된 정보를 토대로 상위 홉 노드는 하위 홉 노드의 트래픽 유입량을 자신의 테이블에 저장하고 하위 홉 노드는 상위 홉 노드의 전송률을 저장한다. 데이터 전송이 발생한 하위 홉 노드는 데이터 전송을 위한 채널을 결정함에 있어 자신의 테이블에 저장된 상위 홉 노드의 전송률 정보를 토대로 전송률이 가장 높은 상위 홉 노드에게 우선적으로 데이터 전송 요청 메시지를 전송한다. 데이터 전송 요청 메시지를 수신한 상위 홉 노드는 현재 데이터 전송을 위해 하위 홉 노드에게 자신의 채널이 할당되어 있지 않은 경우 전송 요청 메시지를 전송한 하위 홉 노드에게 데이터 전송 승인 메시지를 전송한다. 현재 데이터 전송을 위하여 채널이 할당된 하위 홉 노드가 있다면 자신의 테이블에 저장된 트래픽 유입량 정보를 토대로 현재 자신의 채널이 할당되어 있는 노드의 우선순위가 높다면 데이터 전송 요청 메시지를 보낸 노드에게 데이터 전송 불가 메시지를 전송하고 메시지를 수신한 하위 홉 노드는 다음 우선순위 노드에게 데이터 전송 요청 메시지를 전송한다. 데이터 전송 요청 메시지를 전송한 노드의 우선순위가 높다면 현재 자신의 채널이 할당되어 있는 하위 홉 노드에게 채널 변경 메시지를 전송하고, 데이터 전송 요청 메시지를 전송한 하위 홉 노드에게 데이터 전송 승인 메시지를 전송한다. 채널 변경 메시지를 수신한 하위 홉 노드는 자신의 테이블 정보를 토대로 다음 우선순위를 가진 상위 홉 노드에게 데이터 전송 요청 메시지를 전송한다. 이와 같은 과정을 통하여 채널 할당 및 변경 과정이 이루어진다.

3. 모의실험 결과 및 분석

1)모의실험 환경

앞서 설명한 가용 자원 극대화를 위한 채널 할당 기법의 성능 분석을 위해 C++ 기반의 시뮬레이터를 구현하였고, 제안 알고리즘과 Hyacinth 방식의 채널 할당 기법의 비교를 통해 전체 토폴로지

상 노드 수 변화에 따른 네트워크 수율에 대한 성능 분석을 수행하였다. 표 1은 본 논문에서 고려한 모의실험 환경을 정리한 것이다.

표 1. 모의실험 파라미터

파라미터	값
네트워크 크기 [m]	1000 * 1000
노드 수	100
트래픽 타입	VBR
노드 전송 범위 [m]	250
MAC	802.11a
인터페이스 수	2
패킷 크기 [byte]	500 ~ 1000
대역폭 [Mbps]	24

2) 모의 실험 결과

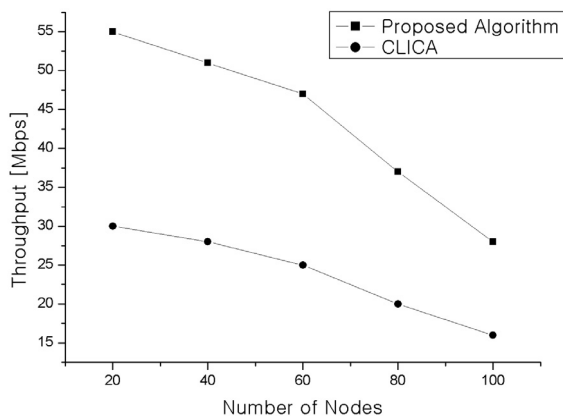


그림 4. 노드 수 증가에 따른 네트워크 수율

물리적 통신 가능 범위 내 노드의 정보를 테이블에 저장함으로써 채널 스캐닝 과정 없는 채널 변경을 수행하고, 이를 통하여 채널 스캐닝 과정으로 인한 지연 시간의 발생 문제를 해결함으로써 네트워크 수율을 증대시킨다. 또한, 트래픽 유입량이 많은 노드에게 전송률이 높은 채널을 할당함으로써 간섭 발생 시간을 줄임으로써 네트워크 수율을 증대시킨다.

3. 결론

본 논문에서는 다중 인터페이스/다중 채널 기반 무선 메쉬 네트워크에서의 채널 할당 기법을 제안하였으며, 모의실험을 통해 효율적인 채널 할당 기법을 토대로 네트워크 수율이 증대되는 것을 확인하였다.

[참고문헌]

- [1] M. Alicherry, R. Bhatia, and L. Li, "Joint Channel Assignment and Routing for Throughput Optimization in Multi-radio Wireless Mesh Networks," In *Proc. of ACM MOBICOM*, 2005.
- [2] R. Draves, J. Padhye and B. Zill, "Routing in multi-radio, multi-hop wireless mesh networks," In *Proc. of ACM MOBICOM 2004*
- [3] 이성희, 김민수, 고영배, "멀티 인터페이스 기반 무선 메쉬 네트워킹 기술 연구," 한국통신학회지 제24권 제5호, 2007.05
- [4] A. Raniwala and T. Chiueh, "Architecture and Algorithms for an IEEE 802.11-Based Multi-Channel Wireless Mesh Network," In *Proc. of IEEE INFOCOM 2005*.
- [5] M. Marina, S. Das, "A topology control approach for Utilizing multiple channels in multi-radio wireless mesh network," In *Proc. of IEEE BROADNET*, 2005.
- [6] Kaixin Xu, Mario Gerla, Sang Bae, "How Effective is the IEEE 802.11 RTS/CTS Hand-shake in Ad Hoc Networks?," In *Proc. of IEEE GLOBE COMM*, 2002.