
IEEE 802.11 무선 메쉬 네트워크에서 Rate Anomaly 현상 해결을 위한 데이터 전송률 차이 최소화 채널 할당 프로토콜

박병현 · 김지인 · 권영호 · 이병호*

*한양대학교

Rate Gap Minimum Channel Assignment Protocol for Rate Anomaly Solution in IEEE 802.11 Wireless Mesh Networks

Byung-hyun Park · Ji-in Kim · YongHo Kwon · Byung Ho Rhee*

*Hanyang University

E-mail : pbh0607@hanyang.ac.kr

요 약

무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network: WMN)는 다중 데이터 전송률(multi-rate)과 다중 채널(multi-channel)을 제공하여 사용자가 좀 더 효율적으로 인터넷 서비스에 접근할 수 있도록 한다. 다중 데이터 전송률 네트워크 환경에서는 동일한 채널에서 다른 데이터 전송률을 사용하는 무선 링크들이 존재하면, 높은 데이터 전송률의 링크가 낮은 데이터 전송률의 링크에 영향을 받아 성능이 저하되는 전송속도 이상(Rate Anomaly: RA)현상이 발생하게 된다. RA현상을 완화하기 위해 본 논문에서는 주변 링크의 데이터 전송률과 새로 생성하려고 하는 링크의 데이터 전송률을 비교하여 전송률의 차이를 최소화 시키는 부모 노드를 선택하고 채널을 할당하는 데이터 전송률 차이 최소화 채널 할당 프로토콜(Rate Gap Minimum Channel Assignment: RGM-CA)을 제안한다. RGM-CA 프로토콜은 RA 현상 완화와 더불어 무선 메쉬 네트워크 상의 채널 다양성, 노드 연결성까지 고려하여 전체 효율을 높였다.

ABSTRACT

Wireless Mesh Network (WMN) provides effective Internet Service accesses to users by utilizing multi-rate and multi-channel. In multi-rate networks, the Rate Anomaly (RA) problem occurs, the problem that low-rate link degrades the performance of high-rate link. In this paper we propose Rate Gap Minimum Channel Assignment (RGM-CA) protocol that select the minimal rate gap parent node and assign the channel in order to mitigate the rate anomaly problem. RDM-CA protocol is efficient because it consider rate anomaly, channel diversity and node connectivity.

키워드

IEEE 802.11, 무선 메쉬 네트워크, 다중 채널, 다중 데이터 전송률, 전송속도 이상 현상

1. 서 론

무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network: WMN)는 사용자들이 좀 더 쉽고 편하게 인터넷에 접근할 수 있도록 한다. 이러한 WMN을 구축하는 데에 다양한 장점을 가진 IEEE 802.11이 널리

사용되며 이는 네트워크 효율을 증가시키기 위해 다중 채널(multi-channel)과 다중 데이터 전송률(multi-rate)을 제공한다.

일반적으로 데이터 전송률은 두 노드 사이의 거리에 의해서 정해진다. 이때 동일한 채널에서 다른 데이터 전송률을 사용하는 무선 링크들이 존

제하면, 높은 데이터 전송률의 링크가 낮은 데이터 전송률의 링크에 영향을 받아 성능이 저하되는 전송속도 이상(Rate Anomaly: RA)현상[1]이 발생하게 된다. 이 RA문제를 완화시키기 위해서 다양한 기법들[2]-[6]이 연구되었다.

이러한 다양한 기법들 중 RSMC[6] 프로토콜에서는 트리의 부모 노드 선택 시에 낮은 데이터 전송률 링크보다 높은 데이터 전송률 링크의 경로를 선택함으로써 RA문제를 해결하였다. 하지만 이는 주변 링크의 데이터 전송률을 고려하지 않았기 때문에 높은 데이터 전송률의 링크를 사용함에도 불구하고 오히려 효율이 떨어질 수도 있는 문제를 지니고 있었다.

본 논문에서는 RSMC 프로토콜의 이러한 문제점을 개선하기 위해 주변 링크의 데이터 전송률과 새로 생성하려고 하는 링크의 데이터 전송률을 비교하여 전송률의 차이를 최소화 시키는 부모 노드를 선택하고 채널을 할당하는 데이터 전송률 차이 최소화 채널 할당 프로토콜(Rate Gap Minimum Channel Assignment: RGM-CA)을 제안한다. RGM-CA에서 각 노드는 RG(Rate Gap) 메트릭을 사용하여 부모노드를 선택함으로써 RA현상을 완화하고, 기존의 RSMC 프로토콜에서 사용한 NC(Network Connectivity) 알고리즘을 통해 이웃 노드와의 링크를 형성한다.

논문 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 살펴보고, 3장에서 RSMC 프로토콜에서의 문제를 정의하고, 4장에서 RGM-CA 프로토콜을 제안한다. 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 내린다.

II. 관련 연구

RA문제 해결을 위해 다양한 프로토콜이 제안되었다. 이 프로토콜들은 네트워크의 홉 수에 따라서 단일 홉일 때의 프로토콜[2]-[3]과 다중 홉일 때의 프로토콜[4]-[6]로 나뉘어진다. 본 논문에서 다룰 상황은 다중 홉일 때이기 때문에 다중 홉 네트워크를 가정한 상황에서의 프로토콜만을 알아본다.

단일 홉이 아닌 다중 홉 네트워크를 가정한 프로토콜의 예로는 RB-CA[4], CoCA[5] 그리고 RSMC[6]가 있다.

RB-CA는 PTT (Prioritized Transmission Time) 메트릭을 사용하여 홉 수가 아닌 데이터 전송률에 따라 부모노드를 선택한다. 그러나 채널을 할당할 때에 트래픽 부하를 고려하기 때문에 RA문제가 존재한다.

CoCA는 EDT (Estimated Delivery Time) 메트릭을 사용하여 역시 높은 전송속도의 다중 홉 경로를 선택한다. 그러나 RB-CA의 문제점을 보완하기 위해 트래픽 부하가 아닌 RA문제를 고려하여 채널을 할당 한다.

RSMC는 CRM (Channel assignment and Routing Metric) 메트릭을 사용하여 낮은 전송속

도의 링크보다 높은 전송속도의 링크를 선호함으로써 RA문제를 완화하고, NC (Network Connectivity) 알고리즘을 통해 노드 연결성을 향상시킴으로써 전체 효율을 높였다.

그러나 이러한 프로토콜들은 주변 링크의 데이터 전송률을 고려하지 않았기 때문에 RA문제가 생길 수 있는 문제점을 안고 있으므로 주변 링크의 데이터 전송률을 고려하는 프로토콜이 필요하다.

III. 문제 정의

본 논문에서 제안하는 RGM-CA 프로토콜은 기존의 RSMC 프로토콜의 단점을 보완하는 프로토콜이기 때문에 본 절에서는 RSMC 프로토콜의 문제점에 대해서 먼저 살펴본다. RSMC 프로토콜에서는 부모 노드를 선택하기 위해 CRM 메트릭을 사용한다. 다음 식은 CRM 메트릭을 정의한 것이다.

$$CRM_p = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i \in P} LD_i + \frac{1}{2} \cdot \max LD^k \quad (1)$$

수식 (1)에서 LD_i 의 값은 전체 데이터의 크기 (bytes)를 링크 i 의 데이터 전송률(Mbps)로 나눈 값이다. 즉 얼마나 빠른 시간에 데이터를 전송하는가를 나타내는 값이다. 두 번째 항은 병목현상을 반영하는 항이다.

RSMC 프로토콜에서 부모 노드를 선택할 때에는 이 CRM 메트릭의 값이 작은 경로를 선택한다. 즉 데이터 전송률이 높은 링크를 선택한다는 뜻인데 주변 링크의 데이터 전송률을 고려하지 않기 때문에 다음과 같은 경우에 문제가 발생한다.

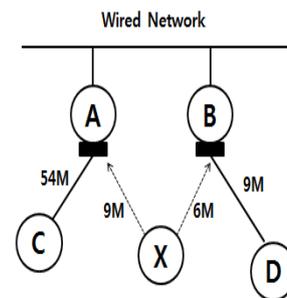


그림1. RSMC 프로토콜 문제 상황

그림 1에서 노드 A와 C, 노드 B와 D는 부모 링크를 통해서 연결되어 있고, 새로운 노드 X는 아직 트리를 형성하지 못한 상태이다. 노드 X는 부모 노드를 선택하기 위해 CRM 메트릭을 이용할 것이고 결국 데이터 전송률이 더 높은 경로 A-X를 선택할 것이다. 하지만 주변 링크의 데이터 전송률을 고려해보면 링크 A-C의 데이터 전송률은 54Mbps 이기 때문에 경로 B-X를 선택할 때 보다 오히려 RA현상이 심하다. 즉 그림 1과 같은 상황

에서는 데이터 전송률은 더 낮은 링크라도 주변 링크와의 데이터 전송률 차이가 적은 경로 B-X를 선택하는 것이 효율적이다.

IV. 제안 프로토콜

4.1 RG (Rate Gap) 메트릭

RGM-CA 프로토콜에서 부모 노드를 선택하기 위한 메트릭으로써 RG 메트릭을 정의한다. RG 메트릭을 정의하기 위해서 먼저 이웃링크의 데이터 전송률과 자신의 데이터 전송률의 차이를 나타내는 LG (Link Gap) 에 대해서 설명한다.

$$LG_i = \max |r_i - R| \quad (1)$$

여기서, r_i 는 링크 i 의 데이터 전송률이며, R 은 링크 i 의 모든 이웃링크들의 데이터 전송률이다. 데이터 전송률 차이의 최대 값을 구하는 이유는 많은 수의 이웃링크 중 가장 전송률 차이가 큰, 즉 RA문제가 가장 심하게 발생하는 최악의 경우를 고려해야 하기 때문이다. 하지만 LG 값만으로는 병목 현상 정도를 반영할 수 없기 때문에 WCETT[7]를 참고하여 RG 메트릭을 정의한다.

$$RG_P = (1-\alpha) \cdot \sum_{i \in P} LG_i + \alpha \cdot \max LG^k \quad (2)$$

이는 경로 P 의 RG 메트릭과 병목 현상 정도에 가중치를 반영한 메트릭이다. α 값에 따라서 좀 더 비중을 두는 항이 달라지게 된다. k 는 채널의 개수이고 LG^k 는 다음과 같이 정의된다.

$$LG^k = \sum_{i \in P, j=k} LG_i^j \quad (3)$$

이는 채널 j 를 사용하는 링크 i 의 LG값들의 합이다. 이처럼 RG 메트릭은 이웃링크와의 데이터 전송률의 차이를 계산하는 메트릭이므로 부모노드를 선택할 때에 RG값이 작은 경로, 즉 데이터 전송률의 차이가 적은 경로를 우선적으로 선택한다.

4.2 RGM-CA 프로토콜 동작 과정

RSMC 프로토콜과 차이점인 부모 노드 선택에 집중해서 RGM-CA 프로토콜의 동작 과정을 그림 2를 통해 알아본다. 그림 2(a)는 초기 상태를 나타내며 링크 A-C, 링크 B-D가 연결되어 있고 새로운 노드 X는 아직 트리를 형성하지 못한 상태이다.

그림 2(b)는 노드 X가 자신의 부모 노드가 될 수 있는 후보 노드들을 탐색하는 과정이다. 노드 A와 노드 B가 부모 노드가 될 수 있는 노드들이다.

그림 2(c)는 부모 노드를 선택하기 위해서 RG

메트릭의 값을 계산하는 과정이다. A노드를 부모 노드로 선택할 경우에 RG값은 $54-9 = 45\text{Mbps}$ 이며, B노드를 부모 노드로 선택할 경우에 RG값은 $9-6 = 3\text{Mbps}$ 이므로 RG값이 더 작은 B노드를 부모 노드로 선택하여 링크 B-X를 형성한다. 같은 상황에서 RSMC 프로토콜이라면 데이터 전송률이 더 높은 A노드를 부모 노드로 선택하였을 것이다. 이처럼 부모노드 선택 과정이 RSMC 프로토콜과 RDM-CA 프로토콜의 큰 차이라고 할 수 있다.

그림 2(d)는 새로 형성된 링크에 부모 노드의 채널을 할당하고 기존 RSMC 프로토콜에서 사용된 NC 알고리즘[6]을 통해 이웃링크를 형성하는 과정이다.

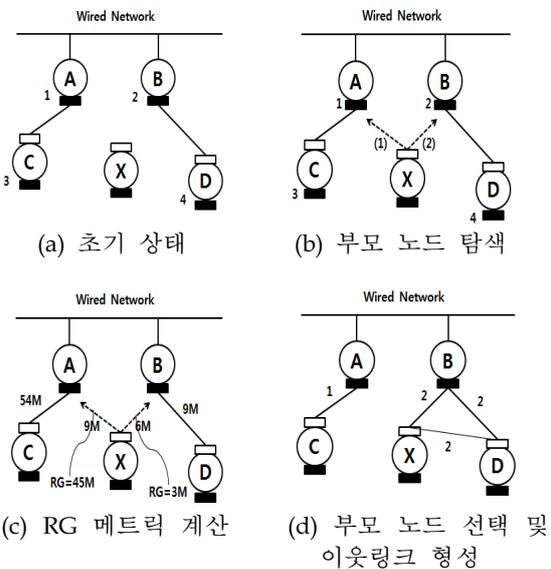


그림 2. RGM-CA 프로토콜 동작 과정

V. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11 다중 데이터 전송률 네트워크에서 발생하는 RA문제를 완화하기 위한 RGM-CA 프로토콜을 제안하였다. RGM-CA는 이웃링크와의 데이터 전송률 차를 계산하는 RG 메트릭을 통해 RA문제를 완화하였고, 기존의 RSMC 프로토콜에서 제안한 NC 알고리즘을 통해 노드 연결성을 증가시킴으로써 전체 네트워크 효율을 높였다. 향후 과제로는 본 논문에서 제안한 프로토콜을 시뮬레이션을 통해 실제 네트워크에서 적용될 수 있는 효율성을 검증하고자 한다.

참고문헌

[1] M. Heusse, F. Rousseu, G. Berger-Sabbatel, and A. Duda, "Performance Anomaly of 802.11b," in Proc. of IEEE Infocom, 2003.

- [2] T. Kuang, Q. Wu, and C. Williamson, "MRMC: A Multi-Rate Multi-Channel MAC Protocol for Multi-Radio Wireless LANs," in Proc. of WiNCS, 2005.
- [3] N. Niranjan, S. Pandey, and A. Ganz, "Design and Evaluation of Multichannel Multirate Wireless Networks," ACM/Kluwer Mobile Networking and Applications, Vol.11, No.5, pp.697-709, Oct. 2006.
- [4] S.H. Kim et al., "A Disributed Channel Assignment Protocol for Rate Separation in Wireless Mesh Networks," Computer Communications, Vol.33, No.11, pp.1281-1295, Jul. 2010.
- [5] S.H. Kim et al., "Distributing Data Rate Using Cooperative Channel Assignment for Multi-Rate Wireless Mesh Networks," in Proc. of IEEE WCNC, 2010.
- [6] S.H. Kim et al., "A Rate Separating Multi-Channel Protocol for Improving Channel Diversity and Node Connectivity in IEEE 802.11 Mesh Networks," J-KICS, Vol.35, No.12, pp.1152-1159, Dec. 2010.
- [7] R. Draves, J. Padhye, and B.Zill, "Routing in Multi-Radio, Multi-Hop Wireless Mesh Networks," in ACM mobicom, 2004.