

무선 다중홉 망에서 Fountain Code를 활용한 채널 효율성 향상 방안

박소영, 조기덕, 권태경, 최양희
서울대학교

{syPark, kdcho, tk, yhchoi}@mmlab.snu.ac.kr

Enhancing Channel Efficiency using Fountain Codes in Wireless Multi-hop Networks

Soyoung Park, Kideok Cho, Ted "Taekyoung" Kwon, Yanghee Choi

School of Computer Science and Engineering

Seoul National University, Seoul, Korea

요 약

무선 다중홉 망에서는 한정된 무선 자원을 여러 노드가 동시에 사용하기 때문에 채널을 효율적으로 사용하는 것이 중요하다. 본 논문은 Fountain Codes를 이용하여 exposed terminal 문제를 해결함으로써 무선 다중홉 망의 채널 효율성을 향상시키는 방안을 제안한다. 제안하는 기법은 RTS/CTS 교환을 통해 주변의 다른 노드에게 exposed terminal 상황을 알려주고, Fountain Codes를 사용하여 ACK 프레임 전송을 제거 함으로써 무선 다중홉 망의 채널을 효율적으로 사용할 수 있도록 한다.

I. 서론

유비쿼터스 시대를 맞아 무선 망 사용자는 꾸준히 늘어가고 있으며, 그에 따른 무선 망 관련 기술의 중요도가 더욱 높아져 가고 있다. 특히 무선 다중홉 망은 다수의 무선 기기를 이용하여 무선 이용 가능한 범위를 향상시키기 때문에, 유비쿼터스 환경에서의 필수적인 기술이다.

무선 다중홉 망에서는 한정된 무선 자원을 여러 노드가 동시에 사용하기 때문에 채널의 효율성이 중요하다. 무선 다중홉 망의 채널 효율성을 높이기 위해 cognitive radio, MIMO, 스케줄링, link adaptation 등 관련 분야의 연구가 진행되어 왔다. [1, 2]

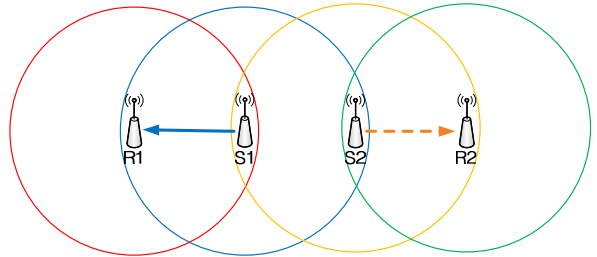
무선 다중홉 망의 매체 접근 프로토콜로서 IEEE 802.11 [3]이 널리 사용되어 왔다. ISM band에서 동작하는 IEEE 802.11 프로토콜에서 각 노드는 CSMA/CA 방식을 기반으로 하여 채널 사용 여부를 분산/자치적으로 판단한다. 이러한 802.11 프로토콜의 특징 때문에 exposed terminal, hidden terminal 등의 문제가 발생하여 채널 사용의 효율성이 떨어지게 된다. 따라서 본 논문에서는 Fountain Codes를 이용하여 exposed terminal 문제를 해결함으로써 무선 다중홉 망의 채널 효율성을 향상시키는 방안을 제안한다.

II. 무선 다중홉 채널의 비효율성

Exposed terminal 상황은 한 노드가 이웃 노드 사이의 데이터 전송을 방해하지 않는다면 자신의 데이터를 전송할 수 있어야 함에도 불구하고, IEEE 802.11 프로토콜의 문제로 데이터를 전송할 수 없는 상황을 말한다. [그림 1]의 예제 시나리오를 통해서 exposed terminal 문제를 자세히 살펴본다.

[그림 1]에서 각 원은 각 노드의 전송 범위를 나타내며, S1은 R1에게, S2는 R2에게 전송할 데이터를 가지고 있다. S1이 먼저 R1으로 데이터를 전송하고 있는 상황에서 S2가 R2로의 데이터 전송을 시도하는

상황을 가정하자. 그림에 나타난 바와 같이 S2의 데이터 전송 범위는 R1에 미치지 못하기 때문에 R1의 데이터 수신에 영향을 끼치지 않는다. 따라서 이러한 상황에서 S2가 R2로 데이터를 전송할 수 있으면 채널의 효율성을 높일 수 있다. 하지만 실제로 IEEE 802.11 MAC 프로토콜에서 S2는 carrier sense 시 S1의 전송 때문에 채널이 사용 중이라고 판단하여 데이터를 전송하지 못한다. 이러한 문제를 exposed terminal 문제라고 하고, 이 때 S2는 S1에 exposed 되었다고 한다.



[그림 1] Exposed Terminal 문제 시나리오

더불어 IEEE 802.11과 같이 데이터 전송에 대한 ACK 프레임을 받아야 하는 경우에는 exposed terminal 문제를 해결하기가 더욱 힘들어진다. [그림 1]에서 데이터 전송이 끝나서 R1이 ACK 프레임 S1에게 보낼 때, S2의 전송이 아직 끝나지 않았다면 R1의 ACK 프레임과 S2의 데이터가 S1에서 충돌을 일으켜 전송을 성공적으로 마치지 못하게 된다. 즉, ACK 프레임이 존재하는 경우에는 S1과 S2의 데이터 전송이 동기화되어 있지 않으면 exposed terminal 문제가 해결되지 않는다. RTS/CTS 교환 시의 정보를 활용하여 노드 사이의 동기화를 맞출 수는 있지만, 패킷 크기도 같아야 하기 때문에 사실상 RTS/CTS 프레임의 사용만으로는 exposed terminal 문제를 해결하기에 부족하다.

본 논문에서는 무선 다중홉 망에서 exposed terminal 문제를 해결하여 채널의 효율성을 향상시키는 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 RTS/CTS 교환을 통해 주변 노드에게 exposed terminal 상황을 알려주고,

Fountain Codes 를 사용하여 ACK 프레임 충돌 문제를 해결 한다.

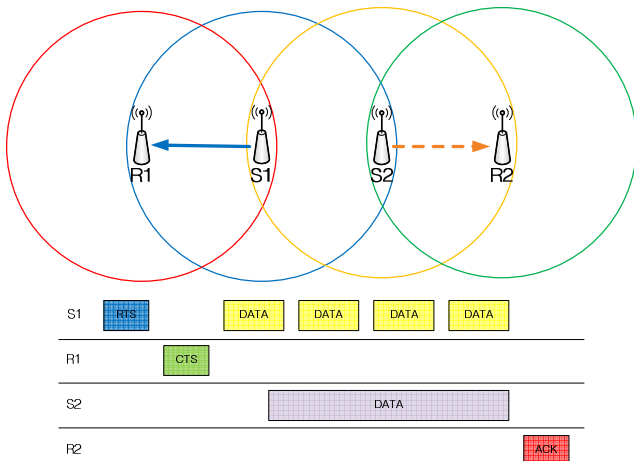
III. Fountain Codes 을 이용한 무선 다중홉 채널 효율성 향상 기법

1) Fountain Codes

Fountain Codes[4]는 수신자가 피드백을 하지 않아도 완벽한 수신 가능하도록 만드는 부호화 방식이다. 수신자가 송신자로부터 충분한 양의 정보를 받아 송신자가 보낸 원래의 정보를 얻을 수 있을 때까지, 송신자는 해당 정보를 계속 부호화하여 보낸다. 일반적으로 송신자가 k 개의 패킷을 보내고 싶을 때, 부호화된 $k(1+\alpha)$ 개의 패킷을 보내면 수신자가 원래의 정보를 복구할 수 있다. 이 때 α 는 1 보다 훨씬 작은 숫자로, Fountain Codes 를 이용한 전송 오버헤드는 적다. 그러므로 Fountain Codes 를 이용하면 양방향 전송 없이 단방향 전송만으로도 예러 없는 수신 가능한다.

2) 제안하는 기법

본 논문은 단방향 전송만으로도 예러 없는 완벽한 수신을 가능하게 하는 Fountain Codes 을 활용하여 [그림 2]와 같이 exposed terminal 문제를 해결한다.



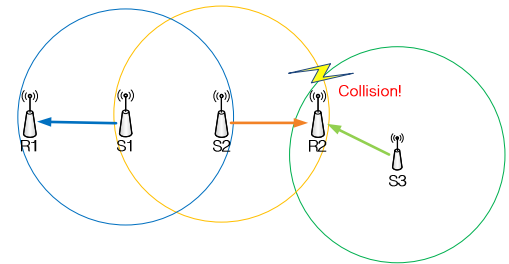
[그림 2] Fountain Codes 를 활용한 exposed terminal 해결 방안

If(channel is idle & have data to transmit)	- (1)
Send RTS to the receiver (collision prevention)	
If(RTS received)	- (2)
Send CTS	
Else if (CTS received)	- (3)
Send DATA to the receiver using Fountain codes	
Else if(RTS overheard)	
if(CTS not overheard)	
Exposed situation	- (4)
Compute tx end time	- (5)
Send data directly	- (6)
Else if (CTS overheard)	
Stay idle	
Else if(CTS overheard)	
Stay idle	

[알고리즘 1] Fountain Codes 를 활용한 MAC 프로토콜

[알고리즘 1]에 본 논문에서 제안하는 기법이 나타나 있다. (1) 채널이 비어있다고 판단한 S1 은 RTS 프레임을 보내고, (2) 수신자인 R1 은 CTS 프레임을 보낸다. (3) CTS 프레임을 받은 S1 은 Fountain Codes 를 이용하여 데이터를 보낸다. (4) S2 는 S1 의 RTS 프레임은 듣고 R1 의 CTS 프레임은 듣지 못하기 때문에 자신이 exposed 되었음을 알 수 있다. (5) S1 로부터 받은 RTS

프레임 내 duration 필드를 이용하여, S2 는 S1 의 데이터 전송이 끝나는 시점을 계산한다. (6) 그리고 자신의 데이터 전송이 S1 의 데이터 전송과 똑같이 혹은 늦게 끝나도록 데이터 전송 시작점을 맞추어 Fountain Codes 사용 없이 R2 에게 전송한다.



[그림 3] R2 에서의 collision 상황

[그림 2]의 R2 와 같이 Exposed 상황에서 데이터를 수신한 노드는 데이터 수신 후 ACK 프레임을 반드시 보내야만 한다. 즉, ACK 프레임 전송이 없는 경우, [그림 3]과 같이 hidden terminal 이 존재하는 상황에서 데이터 전송 실패 발생 시 S2 가 수신 실패 여부를 알지 못하는 문제가 발생한다. [그림 3]에서 S3 는 이웃 노드의 데이터 전송에 exposed 된 노드로 가정한다. 이 경우, 제안한 기법에서는 S2 와 S3 모두 전송 전에 RTS/CTS 프레임을 사용하지 않는다. 따라서, 이웃 노드의 전송에 대해 exposed 된 S3 가 R2 에게 이미 데이터를 전송하고 있음에도 불구하고, S2 는 이를 알지 못하고 R2 로 데이터 전송을 시작한다. 이 때 R2 에서 S2 가 보낸 데이터와 S3 가 보낸 데이터가 충돌이 일어나, 데이터 전송이 실패한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 exposed 상황에서 데이터를 수신한 노드(R2)는 수신이 성공한 경우 송신자에게 ACK 프레임을 전송함으로써 자신의 수신 여부를 알릴 필요가 있다. R2 의 ACK 프레임을 받지 못한 경우 S2 는 해당 데이터를 재전송해야 한다.

IV. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문은 Fountain Codes 를 활용하여 exposed terminal 문제를 해결함으로써 무선 다중홉 망의 채널 효율성을 향상시키는 기법을 제안하였다. 단방향 전송만으로도 예러 없는 수신을 가능하게 하는 Fountain Codes 를 이용함으로써, exposed 된 노드가 동시에 데이터를 전송할 수 있도록 하여 exposed terminal 문제로 인해 발생한 채널 사용의 비효율성을 해결하였다. 앞으로 우리는 제안한 기법을 USRP[5]를 통해 구현하여, exposed terminal 문제 시나리오 뿐만 아니라 다수의 노드가 존재할 때의 성능 측정을 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 조기덕, 이정근, 권태경, 최양희, 신재욱, 박예순, "DCMA: MIMO 애드혹 통신망을 위한 분산 비동기 MAC 프로토콜," 통신학회 추계종합학술발표회, 2004.
- [2] Basel Alawieh, Yongning Zhang, Chadi Assi, Hussein Mouftah, "Improving Spatial Reuse in Multihop Wireless Networks—A Survey", IEEE Communications surveys & tutorials, VOL. 11, NO. 3, 2009.
- [3] IEEE Standard for Information technology- Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks- Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
- [4] 박도형, 김민규, 정세영, "파운틴 코드의 개요," 한국통신학회지 제 24 권 제 4 호, 2007.
- [5] USRP, "http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Software_Radio_Peripheral"