

멀티 홉 네트워크에서의 ARQ 성능 분석

김보성, 현도원, 장주욱
서강대학교 전자공학과

e-mail : snujness@eecal.sogang.ac.kr

Performance Analysis of ARQ in Wireless Multi-hop Networks

Bo-Sung Kim, Do-Won Hyun, Ju-Wook Jang
Dept of Electronic Engineering, Sogang University

요 약

기존 무선 네트워크의 전송 거리 및 전송률의 단점을 극복하기 위한 방법으로 멀티 홉 네트워크에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만 멀티 홉 네트워크 연구의 초점이 라우팅 프로토콜에 편중되어 있어 정작 ARQ와 같은 데이터 전송의 효율과 신뢰성에 영향을 미치는 부분의 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 멀티 홉 환경에서의 가능한 2가지 ARQ 방식인 End-to-End ARQ와 Hop-by-Hop ARQ의 환경 및 거리에 따른 성능을 시뮬레이션을 통해 비교 분석하여 멀티 홉 환경에 적절한 ARQ 방법을 찾고자 한다. 성능 분석 결과 모든 경우에 대해서 Hop-by-Hop ARQ가 더 좋은 성능을 보임을 확인하였다.

1. 서론

멀티 홉(multi-hop) 네트워크는 싱글 홉(single-hop) 네트워크에 비해서 전송 거리와 전송률의 향상을 기대할 수 있다. 이러한 이유로 현재 멀티 홉 네트워크에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 멀티 홉 네트워크에 관한 연구의 대부분이 라우팅 프로토콜(routing protocol)을 위주로 하고 있어 ARQ에 관한 연구가 부족하다.

현재 멀티 홉 네트워크에서는 기존의 싱글 홉 네트워크의 ARQ방식을 그대로 확장해서 최종단간에서 ARQ를 하는 방식을 사용하고 있다. 또한 ARQ에 관한 연구 역시 최종단간의 ARQ에 기본을 두고 진행되고 있다.

본 논문에서는 최종단간에서 ARQ를 하는 End-to-End ARQ와 1 홉 단위로 ARQ를 하는 Hop-by-Hop ARQ를 시뮬레이션을 통하여 성능을 비교해 보고자 한다.

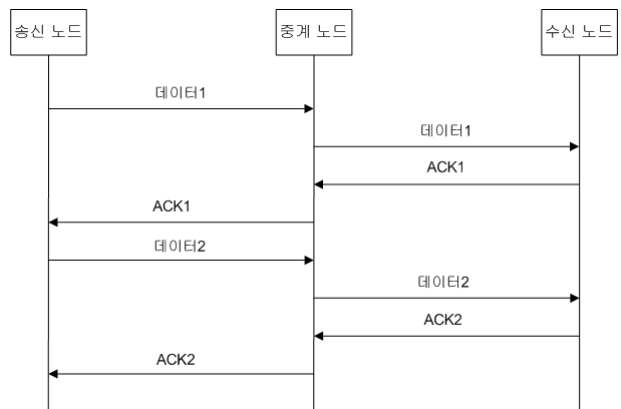
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 End-to-End ARQ와 Hop-by-Hop ARQ의 기본 개념에 대해서 간단히 설명하고, 3절에서는 이러한 설명을 바탕으로 패킷(packet) 손실률에 따른 데이터의 평균 전송시간 분석을 통해 End-to-End ARQ와 Hop-by-Hop ARQ의 성능을 비교하여 어떤 방식의 ARQ가 멀티 홉에 더 유용한지를

알아보고자 한다.

2. End-to-End ARQ와 Hop-by-Hop ARQ

2.1 End-to-End ARQ

End-to-End ARQ는 송신 노드와 수신 노드만이 ARQ에 관여한다. 즉, 최종단간에서만 ARQ가 이루어지고, 중계노드는 단순히 데이터와 ACK 메시지의 전달만을 담당한다.



(그림 1) End-to-End ARQ의 메시지 전달 과정

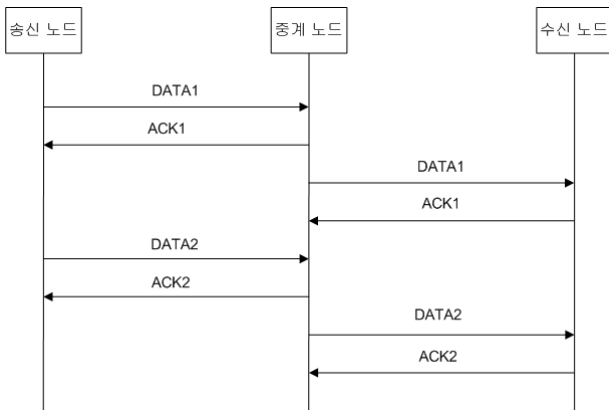
(그림 1)은 End-to-End ARQ의 데이터와 ACK 메시지의 전달 과정이다. 메시지의 전달 과정에서 중계 노드는

"본 논문은 서울시가 시행하고 서울시립대학교 지능형 도시 사업단이 주관하는 서울시 산학연 협력 사업에서 지원을 받았습니다."

ARQ에 관여하지 않고, 단순히 데이터와 ACK의 중계 역할만을 수행한다. 이러한 방식은 중계 노드가 복잡하지 않다는 장점이 있지만, 데이터의 전송이 성공적으로 이루어졌는지 확인하기 까지 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

2.2 Hop-by-Hop ARQ

Hop-by-Hop ARQ는 싱글 홉 네트워크에서의 ARQ와 마찬가지로 1홉 단위로 ARQ가 이루어지게 된다. 즉, 최종 단간에서만 ARQ가 이루어지는 것이 아니라 중계 노드도 ARQ에 참여하게 된다.



(그림 2) Hop-by-Hop ARQ의 메시지 전달 과정

(그림 2)에서 보듯이 송신 노드에서 데이터를 전송하면 중계 노드에서 ACK 메시지를 전송하게 된다. ACK 메시지를 받게 되면 송신 노드는 더 이상 같은 데이터를 전송하지 않게 된다. 중계 노드는 송신 노드로부터 받은 데이터를 수신 노드에게 전달하고, 수신 노드로부터 ACK 메시지를 받게 된다. 이러한 방식은 데이터의 성공적인 전송을 확인하기 빠르다라는 것과 송신 노드에서 중계 노드까지의 전송이 성공했을 경우에는 송신 노드에서 중계 노드로 데이터를 다시 전송하지 않아도 된다는 장점이 있다. 하지만 중계 노드의 기능이 복잡해지고, 송신 노드가 수신 노드의 데이터 수신 상황을 확인할 수 없다는 단점이 있다.

3. 시뮬레이션 및 결과 분석

3.1 시뮬레이션

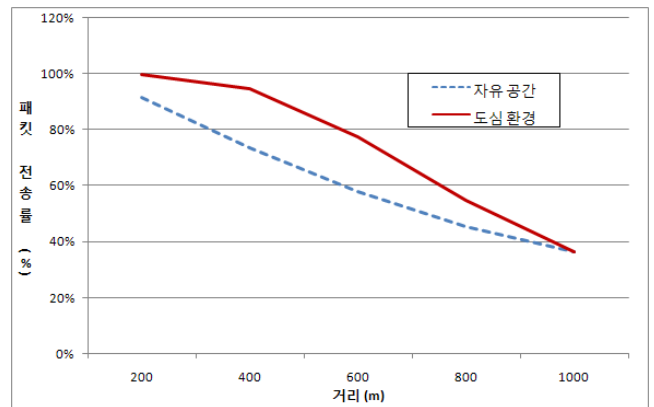
End-to-End ARQ와 Hop-by-Hop ARQ의 성능을 비교하기 위해 NS-2 를 사용하여 실험을 진행하였다. 자유 공간과 도심환경에서 각기 다른 패킷 손실률을 갖게 하기 위해 300 m 에서 1000 m 까지 100 m 단위로 거리를 늘리면서 실험을 진행하였다. 본 논문에서는 2 홉 네트워크

만을 고려하였다.

NS-2 에서의 자유공간과 도심 환경에서의 패킷 손실 지수와 표준 편차는 <표 1>과 같고 거리에 따른 패킷 전송률은 (그림 3)과 같다. (그림 3)과 같은 패킷 전송률을 가지는 환경에서 한 프레임당 최대 100개의 패킷을 전송하고, 총 10000개의 패킷을 전송하였다. 이 때 송신 노드에서 전송한 모든 패킷이 수신 노드에 도착할 때까지의 지연시간을 측정하고, 모든 패킷 전송에 필요한 프레임 수를 두 가지 방식에 따라 비교하였다.

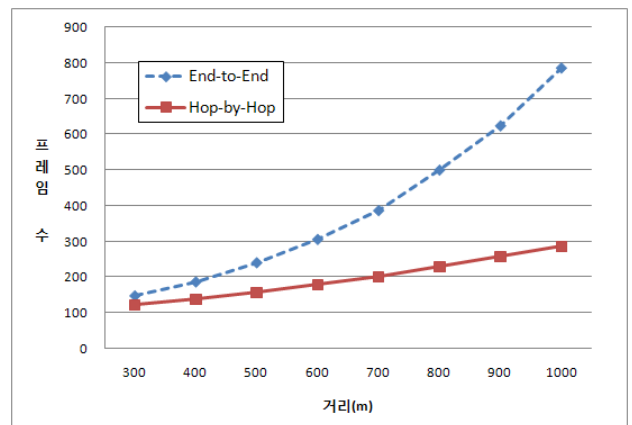
<표 1> 환경에 따른 패킷 손실 지수와 표준 편차

	패킷 손실 지수	표준 편차 (dB)
자유 공간	2.0	8.0
도심 환경	4.0	8.0



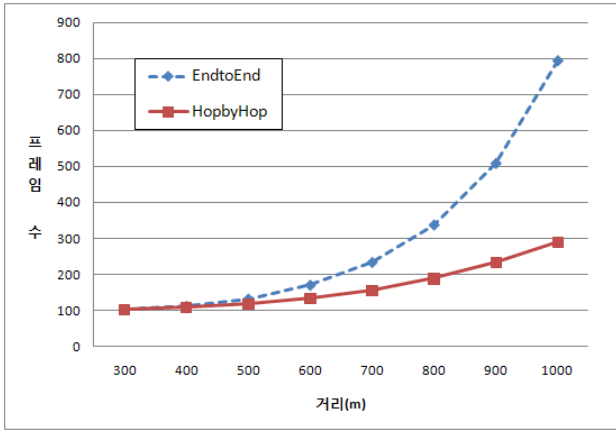
(그림 3) 거리에 따른 패킷 전송률

3.2 결과 분석



(그림 4) 자유 공간에서 전송 완료에 필요한 프레임 수

(그림 4)와 (그림 5)는 각각 자유 공간과 도심 환경에서 송신 노드에서 전송한 데이터가 수신 노드에 모두 도착할 때 까지의 프레임 수를 거리에 따라 나타낸 것이다.



(그림 5) 도심 환경에서 전송 완료에 필요한 프레임 수

(그림 3)과 같이 거리가 멀어짐에 따라 패킷 전송률이 떨어지는데, (그림 4)와 (그림 5)에서 거리가 멀어짐에 따라 패킷 전송에 필요한 프레임 수가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 두가지 환경 모두에서 Hop-by-Hop ARQ가 End-to-End ARQ에 비해 전송 완료에 필요한 프레임 수가 적은 것을 확인할 수 있다. Hop-by-Hop ARQ의 End-to-End ARQ 대비 전송 완료에 필요한 프레임 수의 감소율을 <표 2>에서 확인할 수 있다.

<표 2> Hop-by-Hop ARQ의 End-to-End ARQ 대비 전송 완료에 필요한 프레임 감소율

거리(m)	프레임 감소율(%)	
	자유 공간	도심 환경
300	16.85	1.02
400	25.95	4.50
500	34.38	12.13
600	41.37	22.36
700	47.70	33.62
800	53.83	44.30
900	58.43	54.30
1000	63.47	63.56

End-to-End ARQ는 송신 노드에서 중계 노드까지 데이터가 성공적으로 전송되더라도 중계 노드와 수신 노드 사이에서 데이터가 손실될 경우, 송신 노드가 중계 노드로 같은 데이터를 재전송하게 된다. 반면에 Hop-by-Hop ARQ는 송신 노드에서 중계 노드로 데이터가 성공적으로 전송될 경우, 중계 노드가 이 데이터를 버퍼에 저장하고 있기 때문에 중계 노드와 수신 노드 사이에서 데이터가 손실 되더라도 송신 노드로부터 데이터를 전송 받는 것이 아니라 자신의 버퍼에 저장한 데이터를 재전송하기 때문에 송신 노드는 같은 데이터를 중계 노드에게 불필요하게 전송할 필요가 없다. 불필요한 재전송이 필요 없는 만큼 송신 노드는 새로운 데이터를 계속 전송할 수 있다. 이러한 차이 때문에 Hop-by-Hop ARQ가 End-to-End ARQ에 비해서 전송 완료에 필요한 프레임 수가 적어지게 되는 것이다.

거리가 멀어짐에 따라 Hop-by-Hop ARQ와 End-to-End ARQ의 전송 완료에 필요한 프레임 수의 차이는 점점 커진다. 즉, 패킷 손실률이 높을 수록 Hop-by-Hop ARQ가 더 좋은 성능을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

실험을 통하여 Hop-by-Hop ARQ가 End-to-End ARQ에 비해서 멀티 홉 네트워크에 더 적합하다는 것을 확인할 수 있다. 또한 자유 공간과 도심 환경 등 환경을 달리 할 경우에도 Hop-by-Hop ARQ의 성능이 우수한 것을 전제로 실제 환경에서도 이 같은 성능을 보일 것을 기대할 수 있다. 즉, Hop-by-Hop ARQ가 중계 노드가 복잡해진다는 단점이 있지만, 멀티 홉 네트워크에서 End-to-End ARQ보다 우수하다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 2 홉 네트워크만을 고려하고 실험을 진행하였지만, 노드 수가 늘어 3 홉 이상의 네트워크에서도 비슷한 결과를 얻을 것이라고 기대된다.

5. 추후 과제

본 논문에서는 기본적인 멀티 홉 네트워크의 프레임 구조를 따라서 실험을 진행하였다. 이를 실제 환경에 더욱 적합하게 적용하기 위해 대표적인 멀티 홉 네트워크인 802.16j의 프레임 구조에 맞추어서 실험을 진행하고, 802.16j 환경에 적합한 ARQ 방법을 연구할 예정이다.

6. 참고 문헌

[1] Network Working Group, "Advice to link designers on link Automatic Repeat reQuest (ARQ)", RFC3366, August 2002

[2] Jon W.Mark, Weihua Zhuang, "Wireless Communications and Networking" Prentice Hall

[3] James F.Kurose, Keith W.Ross, "Computer networking" 3rd Ed. Addison Wesley

[4] A. Bruce Carlson "Communication Systems" 4th Ed. McGrawHill

[5] Matthias Lott "ARQ for Multi-hop Networks", VTC-2005-FALL IEEE, Sep 2005

[6] Henning Wiemann "A Novel Mulri-hop ARQ Concept", VETECS.2005