

무선링크에서 비순서적 재전송을 이용한 성능향상 방안

김낙현, 강대욱
전남대학교 전산학과

Performance Improving scheme Using Non-Sequencing Retransmissions over Wireless Links

Nak-Hyun Kim, Dae-Wook Kang
Dept of Computer Science, Chonnam National University
e-mail:nhkiss@moiza.chonnam.ac.kr

요 약

멀티미디어 서비스를 제공하는 미래의 이동통신 시스템에서는 데이터의 신뢰성 있는 전송을 위해 데이터링크 계층에서 제공하는 프레임 에러율(FER: Frame Error Rates)을 감소시켜야 한다. 이를 위해 라디오링크 프로토콜(RLP: radio link protocol) 계층에서는 ARQ(Automatic Repeat reQuest) 기법을 사용한다. 본 논문에서는 기지국에서 이동 호스트로 전송되는 국부적인 재전송 프레임(Frame)의 순서가 연속된 에러로 인하여 순서가 뒤바뀌고, 이로 인하여 기지국 데이터 링크계층에서 잦은 재전송으로 발생하는 높은 상호지연을 줄이기 위해 개선된 비순서적 재전송 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 재전송 방법 중 선택적 거절(selective-reject) ARQ의 비순서적 재전송에 수정한 빠른 재전송 기법을 적용하였으며, 기지국과 이동호스트 사이에서 데이터그램(Datagram)의 단편화(fragment)로 인한 링크계층의 Re-Sequencing을 하지 않기 때문에, 중단간 지연된 성능을 향상시킬 수 있다.

1. 서론

오늘날 CDMA(Code Division Multiple Access) 이동 전화망에서는 무선 채널상에 신뢰성 있는 데이터 서비스를 제공하기 위해 기지국과 이동호스트간의 무선구간에서 라디오링크 프로토콜(RLP:radio link protocol)을 사용한다[3]. RLP는 전송된 데이터중 오류가 발생한 데이터에 대해 재전송을 요구하고 NACK(Negative Ack)방식을 사용하며, 신뢰성을 갖는 무선 채널을 제공한다. 미래의 이동 통신 시스템에서는 데이터의 신뢰성 있는 전송을 위해 물리계층에서 제공하는 프레임 에러율을 감소시켜야한다. 이를 위해 라디오링크 프로토콜에서는 선택적 거절 ARQ(Automatic Repeat reQuest) 기법을 사용하며, 링크계층으로 전달된 프레임의 순서를 송신자가 저장할 수도 있고 하지 않을 수도 있다[3].

기존의 순서적인 재전송을 하는 선택적 거절 ARQ

는 연속된 에러로 인하여 재전송 프레임의 순서가 뒤바뀌고, 이는 곧 기지국 데이터링크 프로토콜의 잦은 구동으로 인한 높은 상호지연을 발생하게 한다.

이러한 지연을 줄이기 위해 기존의 선택적 거절 ARQ의 순서적인 재전송보다는 비순서적 재전송에 수정한 빠른 재전송 기법을 적용한 개선된 비순서적 재전송이 기지국과 이동 호스트 사이에서 데이터그램의 단편화로 인한 링크계층의 Re-Sequencing을 하지 않기 때문에, 중단간 지연된 성능을 향상시킬 수 있음을 제안한다.

2. 관련 연구

이동성을 지원하는 메커니즘은 링크 계층, 네트워크 계층 그리고 전송 계층 등에서 구현될 수 있다.

2.1 링크 계층

링크 계층에서의 이동성 지원은 주로 무선링크의 높은 에러율과 지연을 보상하는 방법들이다. 대표적인 방법은 재전송 프로토콜을 구축하는 방법이다[1]. 그러나 전송 계층과 데이터 링크 계층이 독자적으로 에러제어 및 복구 기법을 실행할 경우 성능저하를 초래할 수 있다[2]. 가령 데이터 링크 계층에서의 잦은 재전송으로 인한 지연이 TCP의 타임아웃(Timeout) 시간을 초과하여 TCP에서도 다시 재전송이 이루어진다면, 경쟁적 중복 재전송으로 인해 심각한 성능 저하를 가져올 수 있다. 즉 데이터 링크 계층에서의 재전송은 전송 계층의 재전송 메커니즘과 밀접한 관계 속에서 이루어져야, 불필요한 경쟁적 중복 재전송을 줄일 수 있다.

2.2 네트워크 계층

네트워크 계층에서의 방법은 데이터를 이동 목적지까지 제대로 전달하며 상위 프로토콜에 이동성을 숨기는 기능을 가지게 된다. 대표적인 방법으로 Mobile IP[7]를 들 수 있다.

2.3 전송 계층

전송 계층에서는 사용자의 핸드오버와 무선링크에서의 높은 에러율에 따른 전송 프로토콜의 성능 하락을 막는 메커니즘들로 구성된다. 핸드오버 처리를 위한 방법으로 빠른 재전송(Fast Retransmission)을 예로 들 수 있다.

2.3.1 TCP의 이동성 지원 문제

TCP에서 타임아웃을 이용해 패킷의 손실을 알아내는 경우는 패킷의 손실을 감지하기까지 너무 많은 시간이 소요된다는 단점이 있다[6]. 따라서 빠른 재전송 방법을 사용할 수 있다. 즉, ACK가 도착하지 않았을 때 타임아웃이 걸릴 때까지 기다리는 대신 동일한 패킷의 재전송을 요구하는 duplicate ACK가 3번 도착하면 즉시 재전송을 하는 것이다. 이러한 빠른 재전송 방법을 사용해 패킷의 손실에 빠르게 대응할 수 있다.

2.3.2 빠른 재전송 기법

빠른 재전송(Fast Retransmission) 기법은 이동호스트의 핸드오프 (Handoff)로 인한 지연과 패킷 손실을 TCP는 혼잡으로 인한 것으로 해석한다. 이러한 핸드오프로 인한 지연을 줄임으로써 TCP의 성

능 향상을 높이는 방법으로 제시된 것이 빠른 재전송이다.

최근 TCP 버전들은 세 개의 동일 ACK(triplicate acknowledgement)를 받았을 경우, 빠른 재전송 프로시저를 호출하도록 구현되어 있다. 즉 세 개의 동일 ACK를 받았을 경우 패킷 손실이 일어났다고 간주를 하고, 타임아웃을 기다리지 않고 바로 ACK를 받지 못한 패킷을 재전송하게 된다. 무선 환경에서 이동 호스트의 핸드오프를 다루는 빠른 재전송 역시 이와 비슷한 메커니즘을 따른다. 빠른 재전송은 메커니즘은 이동 호스트와 고정 호스트의 TCP 코드를 약간 수정함으로써 만들 수 있다.

그러나 빠른 재전송은 핸드오프에만 관심을 두었고, 연속된 비트 에러에 의한 패킷 손실등 그 외의 요소에 대해서는 해결책을 제시하지 못하고 있다는 단점이 있다[6].

3. 링크계층 프로토콜

일반적으로 널리 사용되는 링크 계층 프로토콜 중 ARQ기법에는 selective repeat(SR) 기법과 go-back-N 기법이 있다. 무선통신에서는 전송매체인 전파(radio)가 매우 희소한 자원이므로 채널의 효율적 사용을 무엇보다도 중요시한다. SR 기법은 go-back-N에 비해 복잡한 대신 좀더 높은 채널 이용율을 '제공하므로, 무선통신의 ARQ 기법으로는 SR기법을 주로 사용한다[3].

한편, 무선통신의 ARQ 기법을 설계할 때는 데이터 채널뿐 아니라 feedback 채널도 매우 높은 에러율을 가진다는 점을 고려해야 한다.

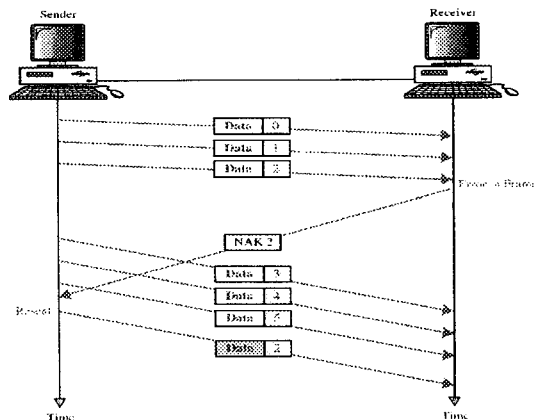


그림 1. 선택적 거절 ARQ에서 프레임 손실

즉, ACK(Acknowledgement)나 NAK(Negative ACK) 프레임 또한 손상될 가능성이 매우 높다. 이런 상황에서, 성공적으로 수신된 모든 정보 프레임에 대해 ACK를 사용한다면, ACK 프레임에서 빈번히 전송에러가 발생함으로써 불필요한 정보 프레임 재전송을 많이 초래한다.

따라서 에러 없는 정보 프레임에 대해 ACK를 전송하는 대신, 그림 1.에서처럼 에러가 발생한 프레임에 대해서만 NAK를 전송하는 방법이 사용된다.

3.1 순서적 재전송 기법

그림 2.의 순서적인 프레임을 전달하는 링크계층은 IP fragment의 더 빠른 fragment 회복 지연을 위해 시간 주기를 확장하고 프레임 순서화에 재저장하기 위해 링크계층 재순서화 buffer에 저장하여 segment를 지연시키고 ACK를 piggyback 하므로써, 지연된 ACK를 받은 TCP 송신자의 전송윈도우가 커지는 것을 느리게 한다[3]. 그러나, ACK가 너무 오래 지연되어, TCP 송신자의 timeout을 유발하여, 혼잡윈도우(congestion window)를 줄이고, throughput을 감소시킬수 있다.

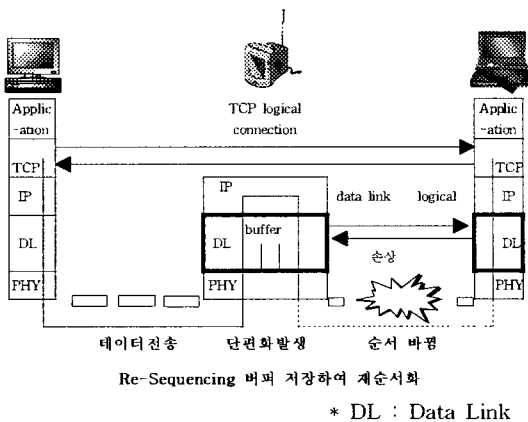


그림 2. 순서적 재전송 사용 예

3.2 비순서적 재전송 기법

비순서적인 프레임을 전달하는 링크계층은 지연 없이 IP계층에서 IP 단편화를 forward 할 것이다. 목적지 호스트에서, out-of-order로 인한 IP 단편화가 발생한다면, TCP는 잘못된 segment를 받을 것이다 [3]. 이는 TCP가 하위 계층이 신뢰성이 없음을 인식하기 때문에, 다시 순서적인 segment를 받을 수 있

다. 이러한 비순서적인 Segment를 받은 상태에서 TCP는 중복된 ACK를 되돌려 보낸다. TCP 송신자로부터 연속된 중복 ACK를 3번 받아서 Fast Recovery를 하게 되고, 혼잡윈도우가 줄어들어 TCP Throughput이 감소하게 된다[6].

이는 송신측인 고정 호스트가 데이터그램의 손실로 오인하여 재전송을 수행하게 되며 결국 불필요한 재전송으로 인한 중단간 성능을 저하시키는 요인이 된다.

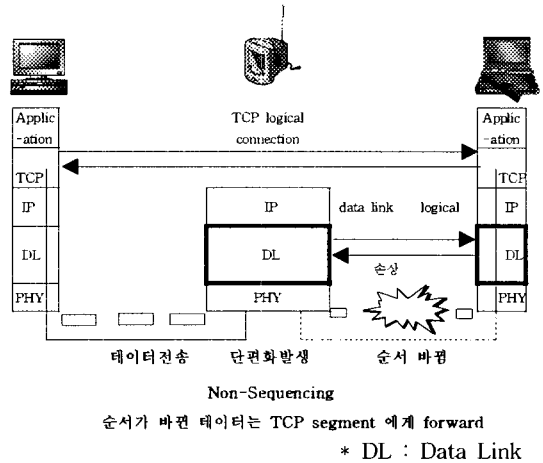


그림 3. 비순서적 재전송 사용 예

3.3 개선된 비순서적 재전송

위에서 제기한 문제점을 해결하기 위해 무선 구간에서 non-congestion loss 발생시 고정 호스트로부터 송신되어 오는 데이터그램을 수신하고 초기에 손실된 프레임과 그 이후에 재전송된 프레임이 손실되면 송신기에서 타임아웃에 의해서만 이를 감지할 수 있으므로 재전송이 지연되고 그 이후 slow start 절차를 수행함으로써 순간적으로 링크의 단절 현상이 발생할 수 있다. 특히, 무선링크에서는 이러한 제한이 데이터 전송 지연을 증가시키는 요인으로 작용할 뿐이다. 따라서, 재전송된 프레임의 손실에 대해서도 빠른 재전송 기능을 적용할 경우, 선택적 저절 ARQ의 슬라이딩 윈도우 내의 다중 프레임 오류에 대한 대처 능력과 함께 연속적인 오류의 가능성이 높은 무선 구간의 성능을 높이는 중요한 수단이 된다.

특히, 무선 구간이 전체망의 중단부분이고 1-hop으로 구성되어 있기 때문에 무선 구간내에서는

out-of-order의 결과로 발생하는 duplicate Ack의 발생확률이 극히 낮다는 점을 고려해야 한다[5]. 따라서, duplicate Ack의 수신은 즉시 패킷손실의 결과로 판단할 수 있다. 그러므로, 패킷 손실의 판단 기준이 되는 duplicate Ack의 임계치를 3에서 1로 줄여, 하나의 duplicate Ack가 수신되면 이전 패킷이 손실된 것으로 판단하고 해당 패킷을 높은 우선순위로 재전송함으로써 패킷손실에 대한 송신기의 빠른 반응을 얻을 수 있다.

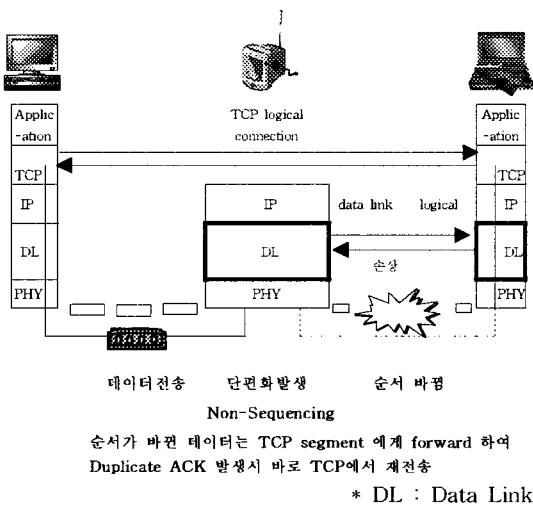


그림 3. 비순서적 재전송 사용 예

4. 결론

현재 링크계층 재전송에 관한 연구는 무선구간의 데이터 링크 계층에서 자체적으로 재전송하는 프로토콜을 이용하는 것으로 TCP는 종단간의 연결을 보장 받을 수 있게 된다[4].

그러므로, 손실율이 높은 무선구간에서 어떠한 프로토콜을 사용하느냐가 가장 중요하다. 손실률이 높은 무선구간내에서 non-congestion loss로 인한 다수의 패킷 손실시 out-of-order로 인한 불필요한 재전송에 잘 대처하는 선택적 거절 ARQ를 사용함으로써 다른 프로토콜에 비해 전체망의 성능을 향상시킬 수 있다.

이와 함께 유선망에 적합 하도록 구성되어 있는 기존의 선택적 거절 ARQ의 비순서적인 재전송에서 빠른 재전송의 기준을 한 개의 Duplicate Ack로 줄이고, 재전송된 패킷이 손실되었을 때에도 빠른 회복이 가능하도록 함으로써 더욱 향상된 성능을 얻을

수 있다.

그리고 비순서 링크계층 재전송은 re-sequencing 버퍼를 요구하지 않기 때문에, 데이터링크 프로토콜의 구현을 간단하게 수행하게 한다.

향후 연구로는 논문에서 제시한 내용을 근거로 데이터링크 계층의 재전송을 구현하여 TCP의 종단간 성능을 향상시킬수 있도록 IP fragment로 인한 종단간 지연을 줄이는 연구가 앞으로 필요할 것이다.

[참고문헌]

- [1] E. Ayanoglu, S. Paul, T. F. LaPorta, K.K.Sabani, and R. D. Gitlin. AIRMAIL: A Link-Layer Protocol for Wireless Network. ACM Wireless Networks, 1:47-60, February 1995.
- [2] A. DeSimone, M. C. Chuah and O. C. Yue, "Throughput Performance of Transport-Layer Protocols over Wireless LANs," Proc. IEEE GLOBECOM, pp. 542-549, Nov. 1993.
- [3] Jackson W, K. Wong and Victor C. M. Leung "Improving End-to-End Performance of TCP Using Link-Layer Retransmission over Mobile Internetworks," IEEE, 1999.
- [4] H. Blalckrishman, Venkat Padmanabhan, Srinivasan Seshan, and Randy H. Katz., "A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links," IEEE/ M Transactions on Networking, December 1997.
- [5] M. Mathis, J. Mahdavi, S. Floyd, and A. Romanow, "TCP Selective Acknowledgment Options," Internet draft, 2018.txt, October 1996.
- [6] W. R. Stevens, "TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms," IETF FRC 2001, Jan, 1997.
- [7] C. Perkins, "IP Mobility Support," Internet RFC 2002.