한국정보전자통신기술학회논문지(jkiiect)'16-08, Vol.9 No.4
논문 16-09-04-313 http://dx.doi.org/10.17661/jkiiect.2016.9.4.313

재전송 기능을 이용한 유무선 통합망에서의 Scalable Reliable Multicast 성능 개선

고완기*

Improving The Performance of Scalable Reliable Multicast over Wired and Wireless Networks using a Retransmission Function

Wan-Ki Koh*

요 약 본 논문에서는 멀티캐스트 패킷 재전송을 담당하는 기능을 기지국에 탑재하여 신뢰성있는 멀티캐스트 전송 프로토콜인 Scalable Multicast Protocol 성능을 개선하고자 한다. 유무선 통합망에서 Scalable Multicast Protocol 동작 시, 무선 네트워크에서의 비트 에러나 단말의 이동성으로 패킷 재전송이 많이 발생한다. 이런 재전송 때문에 Scalable Multicast Protocol의 그룹에 제어 메시지 및 재전송 메시지가 증가하게 되며, 이는 또한 Scalable Multicast Protocol 세션 전체 성능을 저하시킨다. 본 논문은 기지국에 무선 환경에 있는 단말의 복구 요구 메시지에 대한 복구 메시지 전송을 담당하는 기능을 추가하여 전체 세션의 성능을 높이고자 한다. ARENA를 이용하여 제안한 방법이 멀티캐스트 세션에의 복구 요구 및 복구 메시지의 수를 줄일 수 있고 멀티캐스트 그룹 세션 전체의 성능을 향상시킬 수 있음을 검증하였다.

Abstract This paper presents a method to improve the performance of Scalable Multicast Protocol deployed in wired and wireless network by adding retransmission function on base stations. When using Scalable Multicast Protocol over wireless and wired networks, packet drops on the wireless link produce the initiation of retransmission request packets and the implosion of retransmission packets, which deteriorate the multicast session performance. The efficient reliable multicast mechanism in wireless networks utilizing the retransmission function on the base station is addressed in this paper. We explain the design of a retransmission function which improves the performance of Scalable Multicast Protocol sessions in wireless and wirednetwork. The main idea is to cache Scalable Multicast Protocol packets at the base station and perform local retransmissions across the wireless link. ARENA has been used to simulate and to get performance for reducing signaling overhead and processing delay through the comparison of the proposed function to the Scalable Multicast Protocol.

Key Words : Multicast, IPTV, Scalable Multicast Protocol, Reliable Transport Protocol, Local Retransmission

1. 서론

최근 IPTV 네트워크에서 발생할 수 있는 과부하를 해소하고자 멀티캐스트 방식으로 실시간 컨텐츠를 전송하고 있다. 이렇게 멀티캐스트 전송방식을 사용하면 일대일로 전송할 때 발생할 수 있는 과부하를 방지 할 수 있다[1, 2].

이런 실시간 컨텐츠 전송 방식에서는 일대일 통

*Corresponding Author : Department of Broadcasting & Film, Cheju Halla University (kwk@chu.ac.kr)
Received July 07, 2016 Revised August 02, 2016 Accepted August 02, 2016

신 방식인 UDP와 같은 방식을 사용해서 전송한다. 실시간 컨텐츠에도 텍스트나 자막과 같은 내용을 전송 할 때는 전송 프로토콜에 신뢰성을 제공할 수 있어야 한다. 하지만 멀티캐스트에서의 UDP 전송 방식은 신뢰성을 보장할 수 없기 때문에 신뢰성을 제공할 수 있어야 한다. 이러한 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜을 유무선 네트워크에서 사용했을 때 무선 네트워크에서 발생하는 문제로 인하여 멀티캐스트 세션 전체에 악영향을 미치게 된다. 이런 문제점은 TCP에서도 동일한 문제가 발생하고 있다. 이렇게 무선 네트워크에서 발생하는 문제를 제어하기 위해 선택적 재전송 기능, Snoop을 이용한 오류 복구, 빠른 복구 기능을 탑재하여 TCP 성능을 개선하고자 하였다[3,4,5].

무선 네트워크에서의 TCP 문제는 신뢰성 있는 멀티캐스트에서도 동일하게 발생한다. 이런 문제는 신뢰성 있는 멀티캐스트에서 더욱 악화되어 제어 패킷 및 데이터 패킷의 폭증을 유발할 수 있다. 제어 패킷의 경우 패킷 유실 시 발생하는 메시지로 각 무선 링크에서 발생하는 오류에 대해서 제어 패킷이 전달되는 경우 제어 패킷의 폭주가 발생하고 또한 그 데이터 패킷 유실은 각 종단에서 발생하는 패킷 유실 때문에 전체 멀티캐스트 세션에 재전송이 발생한다.

본 논문에서는 재전송 기능을 기지국에 탑재하여 무선 환경에서 유실된 패킷을 전체 멀티캐스트 네트워크가 아닌 무선 링크로만 재전송하여 복구할 수 있도록 한다. 이렇게 하면 제어 메시지를 멀티캐스트 패킷 송신자에게 보내지 않게 하여 전체 멀티캐스트 세션의 제어 패킷 사이즈를 줄일 수 있다. 그리고 데이터 패킷을 재전송하지 않고 무선 링크에서만 재전송이 이루어지므로 세션 전체에서 발생할 수 있는 데이터 패킷의 사이즈를 줄이고자 한다.

그중에서 SRM 프로토콜은 여러 접속자가 동시에 화면을 볼수 있도록 하는 응용 프로그램에서 사용되며 이는 IPTV에서의 텍스트 전송에서 활용될 수 있다. SRM 프로토콜은 수신자 주도 오류제어 방식을 사용한다. SRM에서 그룹 멤버들은, 다른 수신자가 데이터 손실을 경험할 때에, 오류 복구를 위해 서로 협력한다. 또한 그룹 멤버들간의 상호협력을 통해 제어 메시지의 폭주를 방지하고자 한다. SRM 프로토콜에서 수신자는 재전송 요청을 위한 임의의 시간을 지연시킨다. 연기하는 시간은 현재 시간과 소스로의 단방향 지연 (one-way trip delay) 시간 사이에 균일 분포로 설정된다. 이것은 소스에 가까운 그룹 구성원이 보다 빨리 피드백을 보내도록 하여 멀리 떨어진 그룹 구성원은 피드백을 보내지 않도록 하는 것이다. 본 논문에서는 이러한 SRM 프로토콜에서 재전송 기능을 기지국에 탑재하여 무선 환경에서 유실된 패킷을 전체 멀티캐스트 네트워크가 아닌 무선 링크로만 재전송하여 복구 할 수 있도록 한다[6,7].

2장에서는 SRM에 대해서 살펴보고 기존에 연구된 무선 환경에서 TCP 성능향상 방안에 대해서 기술하며 3장에서는 먼저 무선 이동 단말의 멀티캐스트 데이터 송수신 방법에 대해서 설명하고 본 논문에서 제안하고 있는 기지국의 Agent의 기능에 대해서 기술한다. 4장에서 ARENA를 이용한 시뮬레이션 및 결과 분석을 하고 5장에서 결론은 맺는다.

2. SRM 전송 기법

SRM은 멀티캐스트 응용 프로그램들의 고유한 특성에 맞도록 수송계층에서 기본 ADU만 정의되고 데이터 제어, 전송 제어와 같은 부가적인 기능은 응용 계층에서 수행되도록 설계되었다. SRM은 Light-weight 세션을 위한 멀티캐스트 수송 계층 프로토콜이다. 여기서 Light-weight 세션은 명시적 가입자 정보과 회의 제어 메커니즘이 없는 멀티캐스트 그룹 관리 방법을 말한다. SRM은 응용 계층에 종속된 부분과 응용 계층과 독립된 부분으로 구분된다. 응용 계층과 독립된 구성요소는 대형 네트워크나 다수의 멀티캐스트 가입자를 수용할 수 있고 손실된 데이터에 대한 재전송 요구 패킷과 재전송 패킷에 대한 제어 기법을 제공한다. 본 절에서는 응용 계층과 독립된 구성요소에 대해서 설명한다[8].

2.1 전송 기법

SRM의 기본 제어 기법은 수신자가 손실한 데이터를 송신자로부터 받지 않고 인접한 데이터 수신자로부터 받는 것을 원칙으로 한다. 모든 데이터는 멀티캐스트 방식으로 전송되며 유니캐스트 방식은 사용되지 않는다. 그림 1은 SRM 동작 절차를 나타낸다. 멀티캐스트 그룹의 가입자인 S1/R1이 데이터 소스를 멀티캐스트 그룹 어드레스로 전송한다. 그룹에 가입된 S2/R2, S3/R3, R4는 정상적으로 수신하고 R5에서 R7까지의 수신자는 데이터를 손실했다고 가정하면 SRM에서는 하나의 수신자 R6만이 재전송 요구 패킷을 보내고 수신자 R5만이 손실된 데이터에 대해서 재전송 하도록 한다.

- 전송: 데이터는 송신자와 순차번호에 의해서 구분된다.
- 상태 전송: 손실된 데이터에 대한 재전송 요구는 수신자의 책임이며 순차번호로 식별된다.

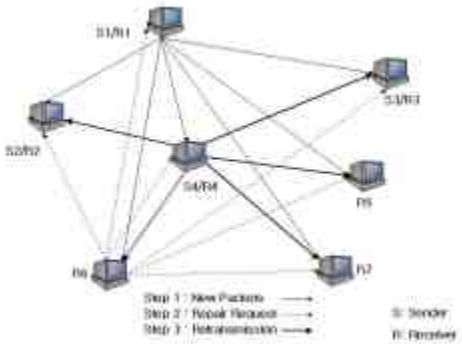

그림 1. SRM 동작 절차
Fig. 1. SRM Procedure

수신자 R_x가 손실을 감지하면 임의의 시간을 대기한 후 재전송 요구 메시지를 전송한다. 여기서 임의의 대기 시간 값은 $[a_1 \times d_{S_x,R_x}, (a_1+a_2) \times d_{S_x,R_x}]$ 간격에서 균일 분포로 임의의 값으로 선택된다. a_1과a_2는 상수이며 d_{S_x,R_x} 는 수신단R_x에서 송신자 S_x까지 단방향 지연 값이다. 만약 타이머가 종료되기 전에 다른 수신자로부터 동일한 세그먼트에 대한 재전송 요구 메시지를 수신하면 타이머 분포를 지수분포로 변경된다.

그림 2. 이상적인 재전송 요구
Fig. 2. Ideal Retransmission Request

수신자 기반 신뢰성 있는 멀티캐스트에서 하나의 수신자만이 재전송 요구 메시지를 생성하는 것이 이상적이다. 그림 2와 같이 R4에서 R7까지 데이터가 손실되었지만 R6에서만 재전송 요구 메시지를 전송하는 것이 좋다. 그러나 그림 3에서처럼 타이머 간격이 짧으면 여러 수신자는 같은 세그먼트에 대해서 동일한 재전송 요구 메시지를 멀티캐스트 할 것이며 이로 인해 멀티캐스트 그룹의 모든 가입자들에게 재전송 요구 메시지가 전송된다.

- 재전송: 멀티캐스트 그룹의 수신자가 재전송 요구를 받으면 그 세그먼트를 재전송 할 수 있다. 그러나 여러 수신자가 동일한 세그먼트에 대해서 다수의 재전송을 막기 위해 임의수를 지연한 후 재전송을 한다.

만약 R_y가 R_x의 손실된 데이터를 가지고 있다고 가정하자. R_y가 R_x로부터 재전송 요구 메시지를 받았을 때 $[b_1 \times d_{R_x,R_y}, (b_1+b_2) \times d_{R_x,R_y}]$ 사이에서 균일 분포로 재전송 타이머 변수를 취한다. b_1와b_2는 상수이며d_{R_x,R_y}는 수신자R_x에서 수신자 R_y까지의 단방향 지연 값이다. 만약 R_y가 데이터 송신자나 다른 수신자로부터 손실된 데이터를 받으면 재전송 타이머를 취소한다. 그러나 재전송 데이터를 받기 전에 타이머가 종료하면 재전송 세그먼트를 멀티캐스트 방식으로 전송한다.

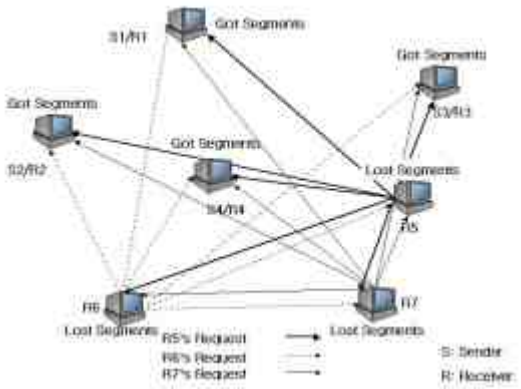

그림 3. 재전송 요구 폭주
Fig. 3. Retransmission Request Explosion

재전송 요구 메시지에 대해서 하나의 수신자나 송신자만이 재전송하는 것이 이상적이다. 그림 4에서처럼 멀티캐스트 그룹에 재전송 요구 메시지가 있을 때 S1/R1과 S2/R2가 재전송 요구에 대한 세그먼트를 가지고 있지만 S2/R2만 재전송하는 것이 이상적이다. 그러나 그림 5와 같이 재전송 타이머 간격이 짧으면 재전송 요구 메시지를 수신한 수신자들이나 송신자는 동일한 재전송 세그먼트를 그룹 전체에 전송하게 되어 재전송 세그먼트가 폭주하게 된다.

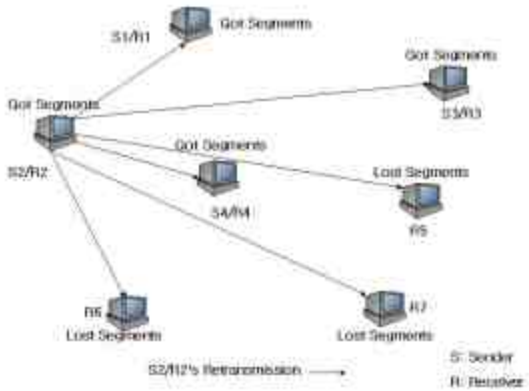

그림 4. 이상적인 재전송
Fig. 4. Ideal Retransmission

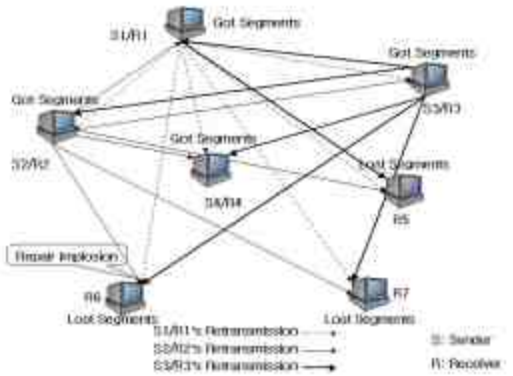

그림 5. 재전송 폭주
Fig. 5. Retransmission Explosion

수신자는 재전송 요구 타이머와 재전송 타이머를 동작시킨다. 이 타이머 값은 다른 수신자와의 단방향 지연에 의해서 산출된다. 주기적으로 세션 메시지를 전체 가입자들 간에 주고받으므로 수신자는 Round Trip Delay을 측정한다. 세션 메시지는 데이터 전송자의 최상위 순차 번호, 송신자 식별자, 타임 스탬프 값을 가지고 있으며 타임 스탬프는 수신자들간의 Round Trip Delay을 계산하는데 사용된다. 세션 메시지는 사용하는 대역폭에서 세션 전체 대역폭의 5%를 넘지 않도록 제한된다.

- 흐름 제어

SRM에서는 송신자에 의해서 정속도 기반 흐름 제어를 사용하고 있다. 송신자는 토큰-버킷을 사용하여 한계 전송 속도를 제한한다. 일반적으로 전송 속도는 64Kbps로 유지된다.

- 분할 복구

각 송신자마다 고유한 식별자와 데이터에 대한 순차 번호로 패킷 순차번호의 중복이 발생하지 않도록 한다. 그러므로 각 멀티캐스트 그룹이 분할될지라도 각 분할 영역마다 고유한 데이터 세그먼트를 생성할 수 있다. 분할이 생성되면 세션 메시지를 통해서 전체 그룹에 알려 진다.

- 적응(Adaptive) 기법

수신자 타이머를 기반으로 하는 재전송 기법은 적절한 타이머 값이 설정되어야 한다. 고정 타이머를 사용할 경우 그룹의 크기에 비례하여 타이머 값

을 결정한다. 그러나 대형 네트워크나 많은 가입자를 수용하기 위해 네트워크 상황에 따라 타이머 값을 설정한다. 이를 위해 적응제어기법이 제시되었다.

이 기법에서 a_1, a_2, b_1, b_2의 변수 값을 네트워크 상황에 따라 적절하게 변화 시켜 패킷의 폭주를 막는다. 만약 재전송 요구 메시지를 전송하는데 타이머 값이 크다면 복구 패킷이 재전송 되는데 소요되는 시간이 오래 걸리므로 재전송 요구 메시지 타이머 간격을 줄여야 한다. 반면에 동일한 데이터에 대한 재전송 요구 메지시가 많으면 재전송 요구 메시지 전송 간격을 늘려서 재전송 요구 메시지 폭주를 막아야 한다. 이 적응 타이머 기법은 멀티캐스트 그룹 가입자가 변하는 상황이나 독립된 토폴로지로 구성된 네트워크에서 성능을 증가시킨다.

SRM에서는 모든 패킷을 멀티캐스트 방식으로 전송되기 때문에 인터넷 트래픽에 불필요한 트래픽이 증가하게 된다는 단점을 가지고 있다. 멀티캐스트 라우팅 트리 중 최하단에 있는 가입자가 재전송을 요구하게 되면 이 메시지가 전체 망으로 전송되어 네트워크에 재전송 요구 메시지가 많아지게 된다. 이를 막기 위해 재전송 요구 메시지를 로컬 지역으로 한정하여 지역 복구를 실행하게 하였다.

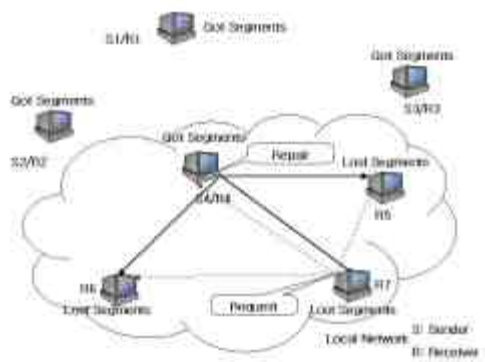

그림 6. 지역 복구
Fig. 6. Local Recovery

- 지역 복구(Local Recovery)

세션 메시지를 사용하여 인접한 수신자들의 범위를 측정한 다음 재전송을 지역 네트워크에서 수행하도록 한다. 지역 복구를 수행하기 위해 동일한 데이터에 대한 복구 요구 메시지를 전송한 가입자까지의 최소 홉 수$hl_{\min}$을 계산한 다음 그 데이터를 정상적으로 수신한 가입자까지의 최소 홉 수 $hr_{\min}$를 측정한다. 여기서 $hl_{\min}$는 동일한 패킷에 대해서 복사 재전송 요구 패킷 생성을 막기 위함이고 $hr_{\min}$는 가장 가까운 가입자로부터 복구 패킷을 수신하기 위함이다. 이 두 홉 수를 기반으로 가입자는 $h_{\max}=\max(hl_{\min},hr_{\min})$를 계산한다. 이는 재전송 요구 메시지 전송 시 사용된다. 지역 복구는 재전송 요구를 억제 할 뿐 아니라 손실된 데이터에 대해서 복구가 최소의 홉수로 이루어지게 한다. 그림 6과 같이 지역 복구는 재전송 요구 메시지를 멀티캐스트 방식으로 전송하게 되며 재전송도 지역적으로만 발생한다.

3. SRM 성능향상을 위한 재전송 기능

SRM은 대형 네트워크나 멀티캐스트 세션 가입자가 많은 환경에서 신뢰성 있는 멀티캐스트서비스를 제공한다. 유무선 통합 환경에서 무선환경의 가입자가 멀티캐스트 데이터를 송수신할 때 무선환경에서 발생할 수 있는 오류들, 예를 들면 핸드오프와 불안정한 무선 링크로 인해 비트 오류는 다른 가입자에게 재전송 요구(Repair Request) 패킷들을 발생시킬 것이며 이는 멀티캐스트를 통해서 무선환경의 호스트에게만 국한된 재전송 요구이지만 전체 멀티캐스트 그룹으로 전송되게 된다. 또한 이 재전송 요구를 받은 데이터 소스나 그룹의 다른 수신자는 재전송 패킷(Repair)을 멀티캐스트 방식으로 통해서 그룹에 전송하므로 라우터 성능을 저하시키고 무선 환경의 수신자에게 국한된 패킷이 다른 수신자에게 전송된다. 기지국에서 재전송 요구 패킷이나 재전송 패킷에 대한 처리를 통해 멀티캐스트 성능 향상 및 인터넷 백본 트래픽 감소를 유도하고자 한다.

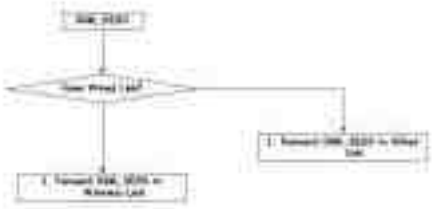

그림 7. SRM_SESS 패킷 처리 알고리즘
Fig. 7. SRM_SESS Packet Processing Algorithm

3.1. 재전송 기능의 SRM_SESS 데이터 처리

무선 네트워크 SRM 가입자가 SRM_SESS 메시지를 받으면 멀티캐스트 트래픽 소스에 대한 순차번호를 갱신하고 모든 송신자와의 거리도 계산한다. 여기서 SRM_SESS은 세션 메시지이다. 새로운 세션 메시지를 받으면 그룹 가입자에 대한 정보를 갱신하며 이전의 세션 메시지 정보는 삭제한다. 하나의 세션 패킷을 받으면 트래픽 소스 별 정보를 가지고 있다. 트래픽 소스 별 정보는 소스의 주소, 소스의 마지막 순차번호, 소스로부터 받은 마지막 세션 시간, 세션 메시지를 전송한 시간 등을 가지고 있다. 소스의 주소는 트래픽을 식별하기 위해서 사용되며 소스의 마지막 순차번호를 아려주는 이유는 마지막 순차번호 모르면 소스의 마지막을 알 수 없으므로 마지막 패킷 손실 시 재전송 요구를 수행할 수 없게 된다. 그리고 멀티캐스트 세션의 세션 메시지를 받은 시간과 전송한 시간을 알려주므로 수신자는 세션 종료를 알 수 있다. 세션 메시지는 재전송을 요구하거나 재전송이 이루어지지 않기 때문에 그림 7에서와 같이 기지국에서는 무선 링크에서 오는 세션 메시지를 유선 링크로 유선 링크에서 오는 세션 메시지를 무선 링크로 전달하기만 하면 된다. 기지국에서 세션 메시지에 대한 처리를 수행하지 않는 이유는 무선 네트워크 가입자가 SRM 세션에 대한 정보를 관리하게 하므로 데이터 송수신에 대한 책임을 무선 환경의 가입자에게 지운다. 이는 Snooping TCP에서 단말 대 단말의 원칙에 준하기 위해 ACK에 대한 처리를 데이터 송신자에게 전달했던 것과 같이 멀티캐스트 가입자 각각을 단말로 보고 단말의 원칙을 준하기 위함이다.

3.2. 재전송 기능의 SRM_DATA 데이터 처리

SRM 송신자는 멀티캐스트 주소를 이용하여 SRM_DATA를 전송한다. 여기서 SRM_DATA는 송신자가 보내는 데이터 소스이다. 무선 네트워크의 수신자가 그룹으로부터 SRM_DATA를 받으면 송신자, 메시지 번호와 같은 상태 정보를 갱신하고 만약 손실이 발생하면 재전송 요구(Request)를 전송한다. 수신한 SRM_DATA가 현재 가지고 있는 데이터면 그 패킷에 대해서 재전송을 요구했는지 조사하여 재전송을 요구한 패킷이면 패킷에 대한 재전송 요구를 취소한다.

그림 8은 기지국의 재전송 기능이 SRM_DATA 패킷을 수신했을 때의 순서도를 나타낸다. 먼저 데이터 소스가 무선 링크인지 유선 링크인지 확인한 후 유선 링크로부터의 SRM_DATA이면 순차번호를 검사한 후 해당 패킷을 이전 패킷의 순차번호와 비교하여 바로 다음 순차 번호이면 버퍼에 저장한 후 그 데이터를 무선 네트워크에게 전송한다. 저장된 패킷은 무선 환경의 단말이 재전송을 요구 할 때 재전송을 수행하기 위함이다. 순차 번호가 맞지 않으면 차이를 계산해서 SRM_RQST 패킷을 사용하여 멀티캐스트 그룹 주소로 유선 네트워크 방향으로 재전송을 요구한다.

유선 링크로부터 SRM_DATA를 수신하면 순차번호를 검사한 후 순차 번호가 맞으면 버퍼에 저장하지 않고 바로 유선 링크로 전송한다. 그리고 순차 번호가 맞지 않으면 차이를 계산해서 SRM_RQST 패킷을 사용하여 무선 링크로 전송하고 그 SRM_DATA를 유선 링크로 전송한다. SRM은 NAK 기반 재전송 방식이다. ACK 기반 방식에서 송신자가 수신자로부터 ACK을 받았을 때 버퍼에서 삭제하여 해지 시점이 명확하나 NAK 방식에서는 수신자의 데이터 수신 여부를 알 수 없으므로 버퍼해지 시점이 불명확하다. 그래서 재전송 기능에서 SRM_DATA 패킷 저장 시 큐를 이용한다.

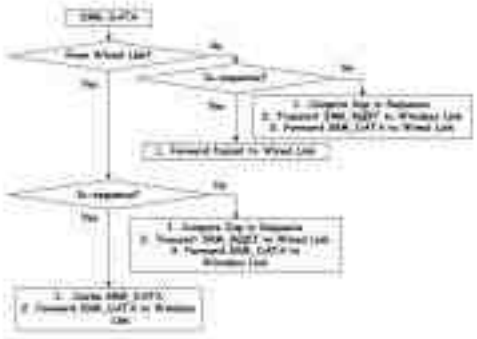

그림 8. SRM_DATA 패킷 처리 알고리즘
Fig. 8. SRM_DATA Packet Processing Algorithm

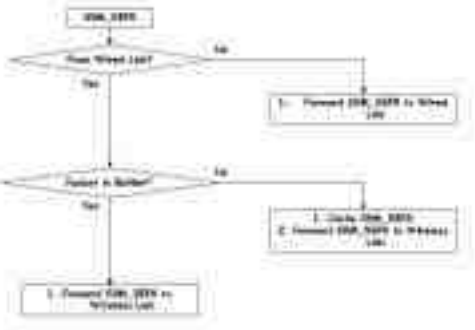

그림 9. SRM_REPR 패킷 처리 알고리즘
Fig. 9. SRM_REPR Packet Processing Algorithm

3.3. 재전송 기능의 SRM_REPR 데이터 처리

무선 네트워크 가입자가 SRM_REPR를 수신하면 손실된 패킷에 대한 재전송 요구 여부를 결정해야 한다. SRM_REPR의 순차 번호가 마지막으로 받은 패킷의 순차 번호보다 높으면 그 때 받은 패킷과 마지막 순차 번호 사이의 데이터에 대해서 손실한 것으로 간주하여 재전송을 요구한다. 그리고 SRM_REPR가 마지막으로 받은 데이터의 순차 번호 보다 작으면 다음 세 가지 상태 중에 하나이다. 첫 번째로 이 패킷을 가지고 있지 않으면 재전송 요구 타이머가 동작중이거나 다음으로 데이터를 가지고 있다면 재전송 타이머가 동작중인 경우이다. 마지막으로는 재전송을 마친 경우이다.

그림 9는 SRM_REPR 패킷이 기지국의 재전송 기능을 경유했을 때의 패킷 처리 순서도를 나타낸다. 유선 링크에서 SRM_REPR이 들어오면 먼저 버퍼에 그 순차 번호가 있는지 여부를 확인하고 만약 있으면 바로 무선 링크 쪽으로 전송한다. 이는 무선 링크에게로 동일한 패킷에 대한 오류가 일어났을 가능성이 높기 때문이다. 그리고 버퍼에 없으면 그 패킷을 버퍼에 저장한 후 무선 링크로 전송한다. 무선 링크에서 SRM_REPR 패킷이 전달되면 바로 유선 링크로 전달한다. 재전송 기능에서 유선 링크에서 오는 SRM_RQST에 대한 처리를 수행하므로 이런 경우는 발생하지 않는다.

3.4. 재전송 기능의 SRM_RQST 데이터 처리

무선 네트워크 가입자가 SRM_RQST를 받으면 손실된 패킷에 대한 재전송 요구 여부를 결정해야 한다. 만약 마지막으로 받은 패킷의 순차 번호보다 높으면 마지막 순차 번호부터 SRM_RQST 순차번호까지 재전송을 요구한다. 그리고 마지막으로 받은 데이터의 순차 번호보다 낮으면 받은 패킷이 있는 경우와 없을 경우가 있다. 있는 경우는 다른 가입자가 그 패킷에 대해서 재전송을 요구하였으므로 재전송을 수행한다. 그리고 없는 경우는 그 패킷에 대해서 재전송을 요구하기 위해 타이머를 동작 중인 경우이다.

그림 10은 SRM_RQST 패킷이 기지국의 재전송 기능을 경유했을 때의 처리 순서도를 나타낸다. 먼저 데이터가 SRM_RQST 패킷이 유선 링크이나 무선 링크로 오는지 여부를 확인하며 만약 유선 링크로부터 온다면 버퍼에 패킷이 있는지 여부를 확인한다. 버퍼에 패킷이 있으면 유선 링크로 재전송을 수행하며 없으면 SRM_RQST를 폐기한다. 그리고 무선 링크로부터 온다면 버퍼에 패킷이 있는지 여부를 확인한다. 패킷이 있으면 무선 링크로 재전송을 수행한다. 이 때 멀티캐스트를 사용하는 것이 아니라 유니캐스트를 사용하여 전송한다. 왜냐하면 이 재전송 요구 패킷은 무선환경의 가입자에게만 발생했을 가능성이 높기 때문이다. 그리고 그 SRM_RQST를

폐기한다. 이 패킷이 유선 네트워크로 전송되면 많은 량의 멀티캐스트 트래픽이 생성되기 때문이다. 그리고 버퍼에 SRM_RQST에 대한 패킷이 없으면 SRM_RQST를 유선링크로 전달한다. 이 SRM_RQST를 유선 네트워크 쪽으로 전송하여 유선 네트워크 가입자에게 재전송을 요구하게 된다.

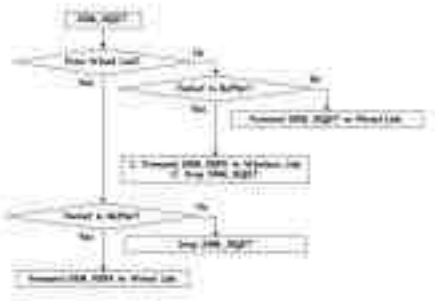

그림 10. SRM_RQST 패킷 처리 알고리즘
Fig. 10. SRM_RQST Packet Processing Algorithm

4. 재전송 기능에 의한 SRM 성능 분석

제안한 재전송 기능의 패킷 처리 알고리즘을 검증하기 위해 간략한 토폴로지를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 토폴로지는 그림 4.1에서와 같이 유선 네트워크에 1개의 송신자 노드와 3개의 수신자 노드로 구성하였다. 유선 네트워크 수신자는 SRM의 기본적인 기능을 수행하며 임의로 오류를 발생시켜 멀티캐스트 방식으로 재전송 요구 패킷 및 재전송 패킷을 전송한다. 유선 네트워크의 멀티캐스트 라우터는 유선 네트워크에서의 멀티캐스트 데이터 전송을 담당한다. 멀티캐스트 라우터는 유니캐스트 라우팅 테이블을 참조하여 트래픽 소스의 서브넷을 제외한 다른 인터페이스로 데이터를 복사하여 전송하는 Reverse Path Forwarding 방식을 사용하였다.

무선 네트워크의 가입자에게 데이터를 전송하기 위해 1개의 기지국을 구성하였으며 이 기지국에 본 논문에서 제시하고 있는 재전송 기능이 추가되어 무선 네트워크의 가입자에게 신뢰성 있는 멀티캐스트 데이터 전송 시 지역 재전송을 담당한다. 본 시뮬레이션에서 통해 무선 환경의 가입자 수의 증가에 따른 유선 네트워크 가입자의 데이터 수신량과 무선 네트워크의 트래픽을 측정하였다. 유선 네트워크의 수신자가 데이터 수신시 0.01의 확률로 에러가 발생한다고 가정하였다[9]. 그리고 무선 네트워크에서는 핸드오프나 불안정한 무선 링크를 가정하여 0.02의 확률로 에러가 발생한다고 가정하였다.

재전송 기능에서는 기본적으로 Session 메시지에 대해서는 절차도 수행하지 않는다. 이는 TCP의 Snooping 기법에서 데이터 송수신의 책임을 송수신단에 부여하는 것과 동일한 개념이다. 재전송 기능은 무선 네트워크의 가입자가 멀티캐스트 데이터 송수신을 하기 위한 보조 역할만 수행하고 간접 연결을 담당하는 대리 역할을 수행하지는 않는다. 차세대 통신망이 유무선 통합 망으로 진화될 것으로 예상되며 여러 종류의 신뢰성 있는 멀티캐스트 프로토콜이 사용 될 것이다. 신뢰성 있는 프로토콜들을 수정하기보다는 기지국에서 재전송 기능을 도입하므로 단말의 프로토콜을 변경하지 않아도 된다.

재전송 기능에서 Data 메시지를 수신하면 기본적으로 데이터를 버퍼에 저장하게 된다. SRM에서는 NAK을 기반으로 사용하기 때문에 버퍼의 해지 시점을 알지 못하므로 Queue를 이용하여 오래된 패킷에 대해서 해지해야 한다. 또한 순차 번호를 검사하여 예상했던 순차번호보다 크면 두 번호 사이의 패킷이 손실된 것으로 간주하여 재전송 요구 패킷을 전송하고 작으면 이미 받은 패킷으로 간주하여 패기 시킨다.

재전송 기능에서 Repair 패킷을 수신하면 무선 환경의 호스트가 동일한 데이터에 대한 손실 가능성이 있으므로 무선 가입자에게 전송하다. 여기서 재전송 요구 패킷은 무선 네트워크에 있는 가입자에게 전송되지 않기 때문에 무선 네트워크에서 오는 Repair 패킷이 전송될 가능성은 없다. 그리고 무선 네트워크에서 오는 Request가 왔을 때 재전송을 수행하고 유선 네트워크로부터 오는 Request에 대해서 재전송 기능에 해당 패킷이 있는 경우에 재전송을 수행하고 이 패킷을 무선 네트워크로 전

송하지 않는다. 만약 Request 패킷이 무선 네트워크의 가입자에게 전송되면 무선 자원이 낭비된다.

유선 네트워크의 송신자가 파일을 송신하였을 때 무선 네트워크의 가입자 수의 변화에 따른 무선 네트워크 가입자의 데이터 수신량과 유선 네트워크의 재전송 요구 및 재전송 패킷의 량을 측정하였다. 여기서 데이터 수신량은 가입자가 멀티캐스트 세션에 가입했을 때 해당 세션으로부터 받은 데이터 량이다. 유선 네트워크의 재전송 요구 패킷 및 재전송 패킷은 무선 링크의 오류율로 인하여 증가하게 된다.

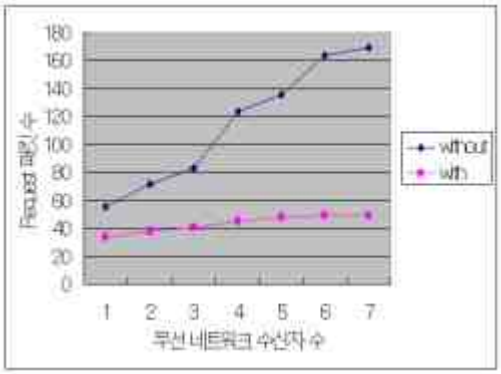

그림 11. 유선 네트워크 가입자의 Request 패킷 수
Fig. 11. The Number of Request Packets in Wired Network

그림 11는 유선 네트워크 가입자가 수신한 Request 패킷 수를 나타내고 있다. Y축 은 유선 네트워크 가입자가 수신한 Request 패킷 수를 나타내며 X축은 무선 네트워크의 가입자이며 이는 곧 수신자 수를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 기지국에 재전송 기능이 없을 때 무선 네트워크의 가입자 수가 증가함에 따라 유선 네트워크 가입자의 Request 패킷 수신량이 증가함을 알 수 있다. 무선 네트워크 가입자의 Request 패킷이 기지국의 재전송 기능에 의해서 처리됨으로 유선 네트워크 단말에 수신된 Request 메시지가 증가하지 않게 된다. 이로 인해 멀티캐스트 백본에 Request 패킷 수를 줄일 수 있고 유선 네트워크의 가입자가 Request 패킷을 수신 및 처리하지 않으므로 유선 네트워크 가입자 단말의 성능이 향상된다. 이처럼 SRM 멀티캐스트 그룹에서 불안정한 무선 링크의 영향을 받지 않고 유선 네트워크 가입자 단말의 성능을 향상시킬 뿐만 아니라 인터넷 백본 트래픽 감소의 효과도 얻을 수 있다.

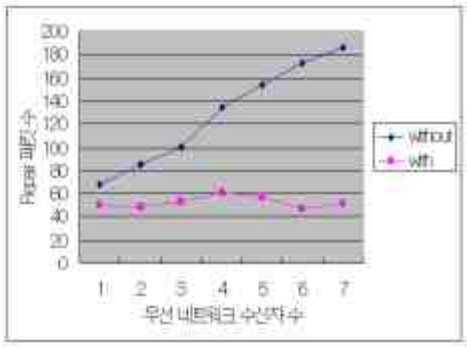

그림 12. 유선 네트워크 가입자의 Repair 패킷 수
Fig. 12. The Number of Repair Packets in Wired Network

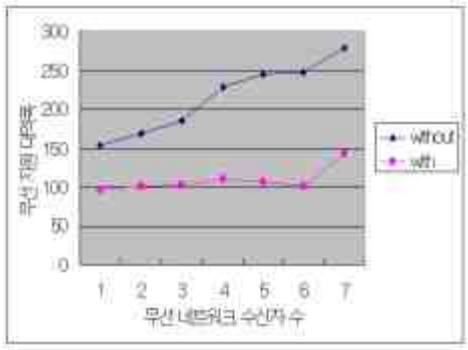

그림 13. 무선 네트워크 가입자의 수신 요구 대역폭
Fig. 13. The Bandwidth Requested in the wired network

그림 12는 멀티캐스트 망으로 전달되는 유선 네트워크 가입자가 수신한 Repair 패킷 수를 나타내는 그래프이다. Y축은 유선 네트워크 가입자의 Repair 패킷 수신량을 나타내며 X축은 무선 네트워크의 가입자 수를 나타낸다. 이 그림에서 보는 것과 같이 기지국에 재전송 기능이 추가됨으로 유선 네트워크 가입자에 수신된 Repair 패킷이 줄어든다. 기지국의 재전송 기능은 인터넷 백본의 트래픽을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 무선 네트워크의

가입자에게 국한된 Repair 패킷이 유선 네트워크 가입자에게 전달되지 않도록 한다. 그림 13는 무선 네트워크 가입자가 수신한 Data 패킷과 Repair 패킷의 합을 나타내고 있다. 재전송 기능이 기지국에 추가됨으로 Request 패킷과 무선 네트워크의 수신자가 전송하는 Repair 패킷이 유선 네트워크로 전송되지 않으므로 무선 네트워크의 부족한 자원을 효율적으로 이용하여 무선 네트워크의 가입자가 동일한 트래픽 소스를 수신할 수 있음을 나타낸다.

5. 결론

본 논문에서는 SRM 프로토콜에서 재전송 기능을 기지국에 탑재하여 무선 환경에서 유실된 패킷을 전체 멀티캐스트 네트워크가 아닌 무선 링크로만 재전송하여 복구하는 기법은 제안하였다. 기지국에 무선 환경에 있는 단말의 복구 요구 메시지에 대한 복구 메시지 전송을 담당하는 기능을 추가하여 멀티캐스트 전체 세션의 성능을 높이고자 한다. 시뮬레이션을 통해 재전송 기능이 기지국에 추가됨으로 Request 패킷과 무선 네트워크의 수신자가 전송하는 Repair 패킷이 유선 네트워크로 전송되지 않으므로 무선 네트워크의 부족한 자원을 효율적으로 이용하여 무선 네트워크의 가입자가 동일한 트래픽 소스를 수신할 수 있음을 확인하였다.

REFERENCES

[1] Y. Xiao, X. Du, J. Zhang, F. Hu, and S. Guizani, “Internet protocol television (IPTV): the killer application for the next-generation internet,” IEEE Communications Magazine, vol. 45, no. 11, pp. 126 - 134, 2007. View at Publisher · View at Google Scholar · View at Scopus

[2] J. M. Boyce, “The US digital television broadcasting transition,” IEEE Signal Processing Magazine, vol. 26, no. 3, pp. 110 - 112, 2009. View at Publisher · View at Google Scholar

[3] K. Sundaresan, V. Anantharaman, H. Hsieh and R. Sivakumar, "ATP: A Reliable Transport Protocol for Ad-Hoc Networks" Proc. MOBIHOC, 2003.

[4]L. Yang, W. Seah and Q. Yin, " Improving Fairness among TCP Flows Crossing Wireless Ad Hoc and Wired Networks" Proc. MOBIHOC, 2003.

[5] Z. Fu, B. Greenstein, X. Meng and S. Lu, "Design and Implementation of a TCP-Friendly Transport Protocol for Ad Hoc Wireless Networks" Proc. IEEE Int',l Conf. Network Protocols, 2002.

[6] S. Floyd, "A Reliable Multicast Framework for Lightweight Sessions and Application Level Framing", Proc. ACM SIGCOMM ',95, 1995

[7] A. P. Markopoulou and F. A. Tobagi, "Hierarchical Reliable Multicast: Performance Analysis and Placement of Proxies", Networked Group Commun. 2000, pp. 27-36, 2000

[8] C. Papadopoulos and E. Laliotis, "Incremental Deployment of a Router-assisted Reliable Multicast Scheme", Proc. Networked Group Commun., 2000

[9] V. Tsaoussidis and I. Matta, “Open issues on TCP for Mobile Computing”, Journal of Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC), John Wiley & Sons, 2(1):3-20, February 2002.

저자약력

고 완 기(Wan-Ki Koh) **[일반회원]**

- 1992년 3월 ~ 1994년 8월 : 조선대학교 전자계산학과(이학석사)
- 2001년 3월 ~ 2004년 2월 : 제주대학교 경영학과(박사수료)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 제주한라대학 방송영상학과 부교수

<관심분야> 멀티미디어, 데이터베이스, 소프트웨어공학