Journal of Korea Multimedia Society Vol. 9, No. 7, July 2006(pp. 835-843)

멀티캐스트 환경에서 멀티미디어 수신노드의 QoS를 보장하는 재전송 기법

김 기 영†

요 약

멀티캐스트는 한 번의 패킷 전송으로 여러 수신노드에게 전송이 가능하다. 따라서 네트워크의 자원을 효율적으로 사용할 수 있어 일대다 환경에 적합하다. 하지만 신뢰성과 흐름제어를 기본적으로 제공하지 않아 시간제약을 갖는 멀티미디어 데이터 전송에 적합하지 않다. 본 논문에서는 멀티미디어 전송에 적합한 멀티캐스트 네트워크 모델과 네트워크 자원을 효율적으로 사용하고 멀티미디어 데이터를 수신하는 노드들의 재생품질을 보장하는 멀티캐스트 재전송 기법을 제안한다. 재전송 기법은 지역적 에러회복을 통해 송신노드에서 발생하는 응답폭주를 제거하였고 수신노드의 버퍼상태를 고려하여 시간제약을 충족할 경우 지역적 재전송을 수행하도록 하였다. 성능의 우수성을 입증하기 위해 수식과 모의실험을 수행하였다. 모의실험 결과 기존 네트워크 모델보다 낮은 네트워크 자원을 소모하며 수신노드의 QoS를 보장하는 것을 확인하였다.

Retransmission Scheme to Guarantee QoS for Multimedia Receivers in Multicast Environments

Kiyoung, Kim†

ABSTRACT

Multicast can send one copy of each packet to each member of the multicast group. Network resource is utilized effectively, consequently, it is suitable for one-to-many environments. reliability and flow control, however, are not supported basically, it is not suitable or transmission of multimedia data which have a time restriction. In this paper, we present a network model and a multicast retransmission scheme The proposed scheme remove ack-explosion from sender through local recovery and performs local retransmission when time restriction is satisfied on receiver by considering the state of receiver's buffer. Mathematical analysis and simulation are conducted to prove performance of the proposed scheme. The results are shown that the proposed scheme consumes a lower network bandwidth than the existing network model and guarantees QoS of receivers.

Key words: Multicast(멀티캐스트). Reliability(신뢰성), QoS(서비스품질)

1. 서 론

인터넷은 급격한 기술적 발전을 바탕으로 기존 통신망을 대체해 나가고 있으며 컴퓨터의 소형화와 인터넷 사용자들의 증가는 화상회의, 생방송과 같은 대용량 데이터 서비스의 대중화를 가능하게 하고 있다. 하지만 다수의 수신자가 동시에 동일한 멀티미디어 서비스에 참여하면 중복된 전송으로 인해 네트워크의 속도가 저하된다. 멀티캐스트는 한 번의 전송으로 동일한 멀티미디어 서비스에 참여하고 있는 모든 수

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김기영, 주소 : 서울시 중랑구 면목8동(608-743), 전화 : 02)490-7402, FAX : 02)490-0236, E-mail : ganet89@seoil.ac.kr

접수일 : 2005년 8월 18일, 완료일 : 2006년 4월 6일

† 준회원, 서일대학 정보통신계열 소프트웨어전공

신노드가 데이터를 수신할 수 있어 대역폭을 효율적으로 사용가능하다.

하지만 멀티캐스트는 여러 수신노드에게 확장성과 효율적인 라우팅을 제공하지만 신뢰성을 보장하지 않는다[1-3]. 따라서 멀티캐스트 환경에서 신뢰성을 보장하기 위해서 응용계층에 신뢰성을 지원하는 기능을 추가해야한다.

멀티캐스트에서 신뢰성, 확장성 제공을 위한 연구로 SRM, RMTP등이 있다[4-6]. 하지만 기존연구는 정확한 전달을 목적으로 하기 때문에 연속적인 패킷 손실이 발생하면 재생품질이 낮아진다. 다수의 수신노드가 멀티캐스트 패킷을 수신하지 못하면 재전송을 요청하여 다량의 재전송 요청 패킷이 발생한다. 그 결과 전송속도가 감소되며 수신노드의 데이터 수신율이 데이터 재생율 보다 같거나 커야 하는 멀티미디어 데이터의 시간 제약성을 만족시킬 수 없다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점의 해결을 위해 멀티캐스트 환경에서 수신노드들의 버퍼상태와 손실된 패킷의 특성을 파악하여 시간성을 만족시키지 못하는 패킷의 재전송을 시도하지 않도록 하는 멀티미디어 전송 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 신뢰성 제공을 위한 멀티캐스트 전송 기법을 살펴보고 3장에서 네트워크 모델과 제안하는 수신노드의 구조와 멀티미디어 전송기법을 제시한다. 4장에서는 제안한 기법의 성능이 기존방법보다 우수함을 기존 방법과 비교분석하고 마지막으로 5장에서는 결론과 향후연구에 대해 서술한다.

2. 관련연구

멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 네트워크 프로토콜로 신뢰성 보장을 위한 기능이 필요하다.[7,8]. 수신자기반 방식인 SRM(Scalable Reliable Multicast) [4]은 송신노드에서 발생되는 제어패킷(Ack/Nak)폭주를 제어패킷을 압축하여 재요청 패킷을 감소시켰다[11]. 하지만 많은 수의 수신노드가 존재하는 경우 병목현상이 발생될 수 있고 멀티미디어 데이터 전송에 적용하는 경우에는 재전송 시간이 길어져 적합하지 않다. 신뢰성과 함께 확장성을 지원하기 위한 지역그룹 개념은 멀티캐스트 그룹을 여러 개의 서브그룹단위로 구성하여 서브그룹단위로 재전송을 수행하여 재전송시간을 감소하고 발생되는 제어패킷을 감소시킨다[9]. 서브그룹은 물리적으로 인접한 수신노드들로 구성되며 각각의 서브그룹 내의 지역제어자(local controller)는 서브그룹을 대표하며 수신자 그룹의 상태정보를 수집하고 서브그룹을 대표해서 한번의 Ack을 전송한다. 하지만 깊이 1의 트리구조로 구성하였기 때문에 모든 서브 그룹에서 패킷을 수신하지 못하면 송신노드는 재요청 패킷으로 인한 병목현상이 발생한다. RMTP는 처리해야 하는 재전송 횟수를 감소시키고 재전송 시간을 단축시킬 수 있다.

제한된 대역폭을 통해 멀티미디어 데이터를 전송하기 위해 송신노드는 멀티미디어 데이터를 압축을 한 후 전송을 한다. 압축효율을 높이기 위한 중복성 제거는 패킷손실이 발생하면 그림 1과 같이 다음 프레임까지 영향을 미치는 에러전파가 발생한다.

에러전파 현상을 해결하기 위한 방안으로는 수신노드로부터 수신정보를 수집하지 않고 전송하는 방식과 수신노드의 상태를 수집하여 전송하는 피드백 방식이 있다[10,12]. 피드백을 사용하지 않는 방법은 인코더를 이용한 방식과 에러정정 코드를 이용한 방식으로 구분할 수 있다[14]. 인코더를 이용하는 방식은 삽입주기를 피드백 없이 송신노드에서 결정하기 때문에 동적으로 변화하는 네트워크 환경에서 네트워크 자원을 낭비할 수 있어 인터넷과 같은 최선형 환경에 적합하지 않다.

피드백을 사용하지 않는 방법인 FEC(Forward Error Correction)[14]와 인터리빙 방식이 있다. FEC 방식은 부가적인 지연이 없는 반면, 전송량이 증가하게 되며 인터리빙 방식은 부가적으로 전송량이 증가하지 않지만 지연이 발생한다.

피드백을 이용하는 방법은 송신노드가 전송하려는 실시간 데이터의 모든 정보를 알고 있어야만 손실

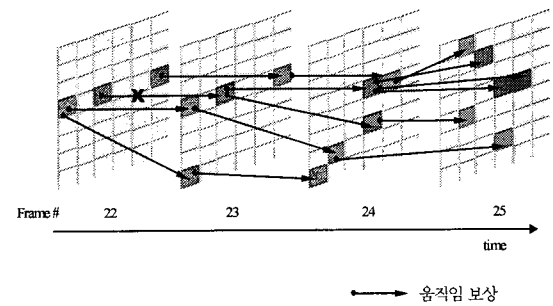

그림 1. 에러전파 현상

된 패킷과 연관된 MB(Macro Block)만을 I-모드로 부호화할 수 있다. 따라서 피드백 방식은 수신노드의 수와 인코더의 성질, 전달지연 등의 제약사항이 만족되어야 한다. 또한 멀티캐스트 환경을 고려하지 않아 일대다 환경에서의 네트워크 대역폭의 효율이 낮아진다.

앞서 살펴본 바와 같이 멀티캐스트 방식은 네트워크 자원을 효율적으로 사용하는 장점을 갖고 있으나 다수의 수신노드에서 패킷손실이 발생하면 송신노드에 많은 수의 재요청 패킷이 도착하는 응답 폭주 현상이 발생하는 문제점이 발생한다.

한편 멀티미디어 데이터 전송을 지원하는 프로토콜은 일대일 환경을 고려하여 설계되었으며, 압축으로 인한 시간 제약성으로 인해 기존의 재전송 기법을 사용하면 재생품질을 만족하지 못하는 단점이 있다.

이와 같은 문제를 해결하기위해 본 논문에서는 송신노드에서 발생될 수 있는 재요청의 폭주를 방지하고 수신노드들이 일정한 재생품질을 유지할 수 있는 멀티캐스트 재전송 기법을 제안한다. QoS보장 재전송 기법은 멀티미디어 데이터의 시간제약성을 만족할 수 있는 패킷을 결정하여 재전송을 요청하도록 하여 네트워크 대역폭을 낭비하지 않고 수신 노드에서는 일정 수준의 수신 상태를 유지할 수 있도록 한다.

3. 제안 기법

3.1 비교 모델

본 논문은 RMTP[5]를 기반으로 하며 멀티미디어 전송에 효율적인재전송 기법을 제시한다. RMTP는 트리구조를 사용하며 주기적인 Ack을 이용하여 신뢰성 있는 전송을 지원하는 네트워크 계층 프로토콜이다. 그룹대표자(GR)은 멀티캐스트 그룹에 가입한 수신노드들에서 그룹마다 동적으로 선출하며 선출방법은 그룹별로 토큰전달 방식 등을 사용한다. 지역내의 수신노드와 자식노드인 하위 GR의 패킷손실에 대해 재전송을 책임진다. GR은 트리구조로 구성되며 트리구조에 따라 상위 GR에게 재요청을 한다. 즉, 수신노드가 전송한 Nak에 해당하는 패킷이 GR의 버퍼에 없으면 GR은 상위 GR에 Nak을 전송하고 상위 GR은 자신의 버퍼 내에 해당 패킷이 존재하면 재전송을 해주고 없으면 다시 상위 GR에게 재전송 요청을 하는 방식으로 Nak의 발생을 감소시켜 확장성을 보장한다. 따라서 수신노드는 Nak에 해당하는 패킷을 송신노드에 직접 요청하지 않고 GR을 이용하여 그룹 내에서 특정 수신노드가 패킷을 손실한 경우에는 해당 GR에 캐쉬되어 있는 패킷을 재전송 받게 되어 빠른 시간 내에 패킷손실을 복구할 수 있다.

GR의 기능과 정의는 다음과 같다.

- 트리구조로 연결되며, 송신노드가 트리의 근 노드가 된다.
- 자신의 자식노드에 해당하는 GR에 신뢰적 전송을 책임진다.
- 수신노드 중에서 멀티캐스트 그룹별로 동적으로 선출한다.
- GR내의 수신노드들은 패킷을 성공적으로 수신하면 즉시 Nak을 GR에게 전송하는 수신자기반 방식을 사용한다.

Nak에 해당하는 패킷이 자신의 버퍼 내에 존재하면 송신노드에 직접 요청하지 않고 자신의 버퍼내의 패킷을 전송한다. GR이 재전송할 수 없는 경우에는 트리로 구성되어 있는 상위 GR에게 재요청을 시도하게 된다. 트리구조에 따라 재요청하게 되면 전송노드에 재요청을 하지 않더라도 빠른 시간 내에 손실된 패킷을 재 수신할 수 있다.

그림 2는 수신노드와 그룹대표자 간의 에러회복과 제어의 흐름을 보여준다. 수신노드에서 패킷손실이 발생하면 자신의 그룹대표자인 GR_b에게 재전송을 요청하고 GR_b은 재전송 요청에 해당하는 패킷을 가지고 있는 경우 지역적으로 재전송 해주고 추가적인 제어패킷(NAK)을 발생시키지 않는다. GR_b가 지역적 재전송을 할 수 없으면 상위 GR_a에게 다시 재전송을 요청하게 된다. 따라서 확장성을 보장하면서 신뢰성을 보장할 수 있다. 하지만 멀티미디어 전송에 응용하게 되면 다수의 수신노드의 재전송 요청 패킷에 의해 지연이 발생하며 QoS를 보장할 수 없다. 또한 재전송 요청 패킷에 의해 대역폭이 잠식당하게 된다. 이와 같은 문제를 개선하기위해 QoS 보장 재전송 기법은 QoS를 보장할 수 있는 버퍼와 수신단말이 자신의 버퍼상태를 검사하여 재전송을 판단할 수 있는 알고리즘을 사용한다.

3.2 수신노드의 수신버퍼 구성

제안하는 재전송 기법은 실시간 멀티미디어 데이

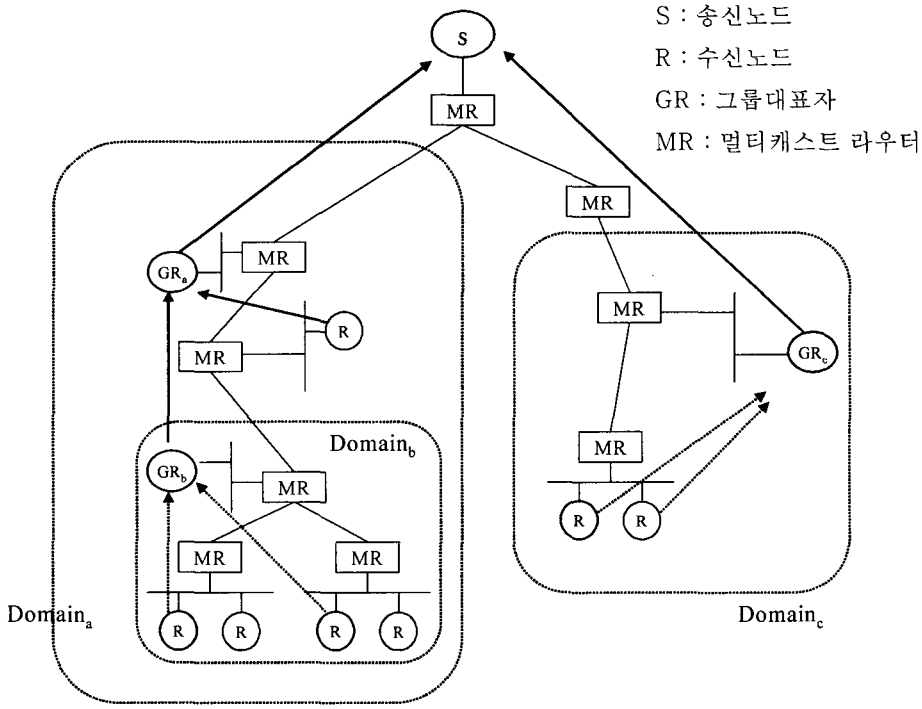

그림 2. 네트워크 모델

터는 시간성과 의존성의 특징을 고려하여 다음과 같은 수신버퍼 모델을 사용한다. 먼저 시간 제약은 수신노드의 초당 프레임 재생속도가 R, 초당 프레임의 수신 속도가 λ이고 네트워크의 지연이나 패킷손실이 없는 경우에 λ가 1/R보다 크면 시간제약을 해결할 수 있다.

$$\lambda \geq \frac{1}{R} \tag{3.1}$$

인터넷은 신뢰성을 보장하지 않고 지연이 발생할 수 있는 네트워크 환경이다. 따라서 네트워크에서 발생되는 멀티캐스트 환경에서 λ는 다음과 같이 확장된다.

$$\lambda \geq \frac{1}{R} + \theta \tag{3.2}$$

Θ는 네트워크 지연을 나타내며 네트워크 상태에 따라 동적으로 변경된다. 따라서 네트워크에서 발생하는 지연과 에러를 완충하여 실시간 멀티미디어 데이터의 재생품질을 보장하기 위해 일반적으로 스트림 버퍼를 사용한다. 네트워크의 최대지연시간을 Δ, 송신노드가 최초 패킷을 전송하기 시작한 시간을 t_0, 수신노드의 최초 버퍼의 포인터의 재생시작 시간을 $bp_0 = t_0+\Delta$라 하면, 임의의 i시간에 스트림 버퍼의 재생 포인터 bp_i와 수신포인터 s_i는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$bp_i = bp_0 + i * \frac{1}{R}, \qquad (bp_i - t_i) \leq \Delta \tag{3.3}$$

$$s_i = bp_i + \Delta, \qquad bp_i \leq s_i \leq bp_i + \Delta \tag{3.4}$$

수신노드는 Δ동안 프레임을 수신한 후에 재생을 시작한다. 따라서 재생 중에 프레임이 늦게 도착하거나 손실이 발생하여도 Δ동안의 프레임을 재생하거나 에러회복을 할 수 있어 재생품질을 보장할 수 있다.

그림 3은 송신노드의 패킷 전송시간과 수신노드의 스트림 버퍼의 시간관계를 도식화하였다.

수신노드는 Δ 동안의 패킷을 수신하지 못해도 재생할 수 있으며, 이 시간동안 패킷을 재수신하여도 재생품질에는 영향을 미치지 않는다.

3.3 재전송 기법

수신노드들은 서로 상이한 수신 상태를 갖으며 실시간 멀티미디어 데이터의 시간제약성을 만족하지 않는 에러회복은 수신노드의 재생품질에 도움이 되지 않는다. 이때 패킷 재전송을 요청하는 것은 재생

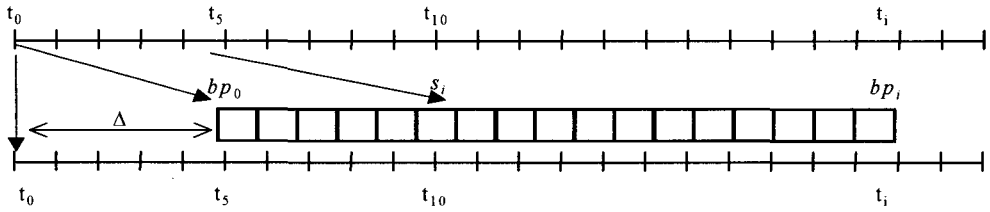

그림 3. 스트림 버퍼 구조

품질측면에서 볼 때 불필요한 에러회복에 해당한다.

재전송 요청을 수신한 그룹대표자(GR)는 자신의 버퍼에 해당 패킷이 있으면 재전송을 수행한다. 따라서 그룹대표자 버퍼에 재전송 요청에 해당하는 패킷이 저장되어 있는 경우는 기존의 지역회복 기법의 절차와 유사하다. 하지만 그룹대표자의 버퍼 내에 재전송 요청에 해당하는 패킷이 존재하지 않으면 알고리즘에 따라 재전송의 수행을 판단하게 된다. 재전송 요청 내의 플래그가 설정된 경우는 수신노드의 스트림 버퍼에 재생할 프레임이 재전송 시간동안 재생할 수 있는 데이터 보다 작다는 것을 의미한다. 그룹대표자는 플래그가 설정된 재전송 요청에 대해서는 자신의 버퍼정보를 이용하여 해당 패킷의 에러를 허용한다. 플래그의 설정만을 확인하기 때문에 GR은 단순 비교작업만을 수행한다. 음성, 영상의 경우 시간제약성을 갖기 때문에 제때에 에러회복을 할 수 없는 패킷은 재전송을 하여도 재생품질을 저하시키므로 시간제약성을 위배하는 재전송은 네트워크 자원만 소비하게 된다(미디어의 경우 일정 시점 이후에 수신하는 것은 의미가 없으며 영상보다 음성의 경우 그 정도가 더 크다).

수신노드에서 알고리즘은 그림 4와 같다. 노드로부터 재전송 요청을 수신한 그룹대표자는 해당 패킷이 자신에 버퍼에 존재하면 직접 재전송을 한다. 그룹대표자 버퍼에 없는 경우는 자신에 속한 모든 노드가 패킷을 수신하지 못한 경우이므로 그룹대표자는 재전송 패킷 내에 포함된 플래그 필드를 확인하여 설정되어 있는 경우에는 상위 그룹대표자에게 재전송 요청을 한다. 플래그가 설정되어 있지 않으면 재전송을 요청한 노드가 재전송 시간동안 재생할 프레임을 이미 스트림 버퍼에 저장했다는 의미로 에러회복을 하여도 노드의 재생품질을 저하시키지 않는다. 플래그의 설정은 패킷손실이 발생한 노드들이 자신의 스트림 버퍼의 상황을 고려하여 독립적으로 재전송요청과 함께 전송하기 때문에 그룹대표자는 추가 계

```
Algorithm:
while(recv(mi, pi,j)
  if search(pi,j) then      /* 해당 패킷이 버퍼에 존재
                               하는지 확인 */
     send(pi,j);
  else
     if(check(pi,j)) then   /* 플래그 확인 */
        discard(pi,j);
     else
        request(GRi, j);  /* 상위 GR에게 재전송 요
                             청 */
     endif
  endif
endwhile
```

그림 4. 재전송 요청 알고리즘

산 없이 단순히 재전송 요청의 플래그를 확인하고 해당루틴을 수행하여 오버헤드가 발생하지 않는다.

다음 그림 4는 GR에서의 재전송 알고리즘을 코드로 표시하였다. 사용된 변수와 함수의 의미는 다음과 같다.

- GR_i : 멀티캐스트 그룹 i의 그룹대표자
- **recv**(mi, $p_{i,j}$) : 재전송 요청 패킷을 수신한다.
- **search**($p_{i,j}$) : 재전송 패킷이 버퍼에 있는지 검사 있으면 참을 없으면 거짓(FALSE)을 반환한다.
- **send**($p_{i,j}$) : 해당 패킷을 전송
- **check**($p_{i,j}$) : 재전송을 요청한 패킷내의 플래그가 설정되어 있으면 참, 아니면 거짓을 반환
- **discard**($p_{i,j}$) : 재전송요청을 폐기
- **request**(GR_i, j) : 상위 GR에게 패킷 j를 요청

4. 실험결과 및 분석

4.1 실험환경

본 절에서는 제안한 알고리즘의 효율성을 입증하기 위해 확장성과 제어패킷의 발생에 따른 대역폭의 활용도를 수식적 분석을 기반으로 프로그램을 작성

하였다. 패킷 에러율을 변경한 결과값을 기존연구와 비교 분석하였다. 분석을 위한 네트워크 환경은 다음과 같다. 임의의 네트워크 N에서 그룹대표자의 집합을 $GR=\{GR_1, GR_2, GR_3, ..., GR_n\}$라고 정의한다. GR은 차수 d의 트리로 구성되며 근 노드는 송신노드가 된다. 전체트리 깊이가 h 일 때 임의의 i번째 GR_i의 깊이(Level)는 수식 (4.1)에서 (4.3)과 같다. N_{T_i}는 근노드에서 GR_i가 위치한 트리의 깊이까지의 GR의 수를 의미한다.

$$Level(N_{T_i}, d) = \log_d(\frac{N_{T_i}(d-1)}{d}+1) \quad (4.1)$$

$$N_{T_i}(GR_i) = ds\ s.t\ [s, ds]\ where\ s \leqq i \leqq n \quad (4.2)$$

$$s = \begin{cases} S_0, & n=0 \\ S_n, & n \geq 1 \end{cases} where\ S_0=1,\ S_n = S_{n-1} + d^n,\ n \in N \quad (4.3)$$

전체 트리의 깊이를 h라 할 때, h는 수식 (4.4)과 같으며, GR_i가 근노드가 되는 서브트리의 호스트의 수(Sub_GR)는 수식 (4.5)와 같다.

$$h(N_T,\ d) = \log_d \frac{N_T(d-1)}{d}+1 \quad (4.4)$$

$$Sub_GR(h,\ Level) = d\frac{(d^{h-Level}-1)}{d-1}+1\ where\ d>1 \quad (4.5)$$

네트워크 환경은 그림 5와 같으며 GR_6에서 그룹 내의 노드의 수를 변화시켜 발생되는 제어패킷의 크기를 분석하였으며, 확장성을 분석하기 위해 GR_4에서 서브트리의 깊이를 변화시키면서 제어패킷 크기를 측정하였다.

4.2 성능분석

기존 방법과 비교분석을 위해 제어패킷 발생량을 기준으로 성능을 비교하였다. 데이터 패킷의 비율이 에러복구를 위한 제어패킷의 비율보다 높으면 네트워크 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있다. 선별 에러회복 알고리즘은 GR_i를 근노드로하는 서브트리의 깊이가 h, 노드의 수를 m, 노드에서 에러가 발생 확률을 P_{err}이라 하면 임의의 GR_i에서 처리해야 하는 평균 제어패킷 발생량 Ts는 수식 (4.6)과 같다.

$$T_s = Sub_GR(k, Level)\sum_{i=1}^{m}\binom{m}{i}(1-P_{err})^{m-i}P_{err}{}^{i}PS_{avg} \quad (4.6)$$

PS_{avg}는 제안 기법을 적용했을 때 발생되는 평균제어패킷 크기를 나타낸다. F는 GOP의 크기이고 GOP를 구성하는 I-프레임의 수를 i, 노드에서 패킷손실이 발생했을 때 손실된 패킷이 GOP의 I-프레임에 해당할 확률을 P_{Iframe}라하면 수식 (4.7)과 같이 표현할 수 있다.

$$PS_{avg} = \sum_{i=1}^{F}\binom{F}{i}(1-P_{Iframe})^{F-i}P_{Iframe}^{i}P_{size} \quad (4.7)$$

기존 지역그룹 방식에서 발생되는 전체 평균제어패킷의 크기는 수식 (4.8)과 같다.

$$LGC = \sum_{i=1}^{m}\binom{m}{i}(1-P_{err})^{m-i}P_{err}^{i}P_{size} \quad (4.8)$$

재전송 지연시간을 평가하기 위해 실험에서 사용된 변수의 의미와 값은 표 1과 같다.

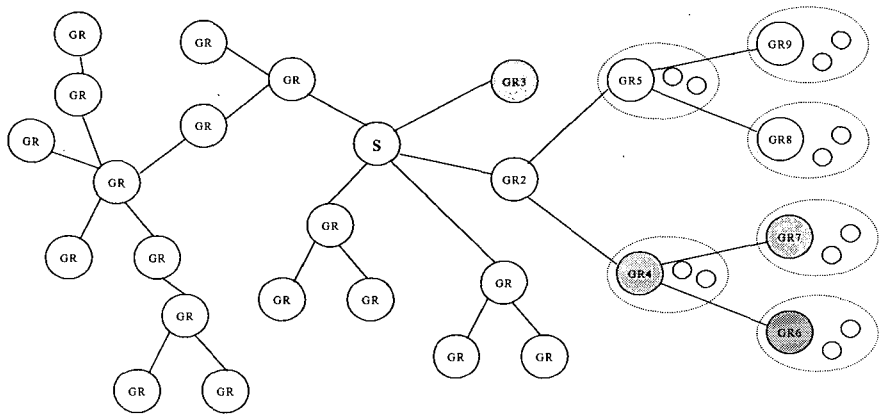

그림 5. 모의실험 네트워크 구성

표 1. 실험변수

변수	의 미	값
m	노드 수	0-100
h	트리의 깊이	1-9
d	트리의 차수	2
F	프레임의 크기	100byte
P_{size}	제어패킷의 크기	5byte
P_{err}	수신 에러율	0.01, 0.1
P_{Ifrmae}	I-프레임 확률	0.6

프레임은 패킷으로 구성되며 실험에서 5개의 패킷이 한 개의 프레임을 구성하는 인코더를 가정하였으며 트리의 깊이를 변화시키면서 발생되는 제어패킷의 크기를 측정하였다.

그림 6은 임의의 GR_6에서 처리해야 하는 제어패킷의 크기를 제안한 방법과 기존의 방법인 RMTP와 비교한 것이다. X축은 노드의 수를 의미하고 Y축은 발생되는 제어패킷의 수를 의미한다. 노드의 증가하면 제어패킷의 수는 같이 증가한다. 이는 모든 패킷 손실에 대해 에러복구를 시도하지 않고 손실된 패킷의 프레임 형식과 자신의 스트림 버퍼의 상태를 고려하여 에러복구를 하기 때문이다. 한편, 패킷손실이 높아지면 제어패킷의 발생량이 급격히 증가하지만 그룹 내의 노드가 16개 이상인 경우에는 일정수준을 유지하기 때문에 다수의 그룹이 통신에 참여하는 환경에서 보다 효율적으로 네트워크 자원을 사용할 수 있다.

패킷손실이 낮은 환경(p_{err}=0.01)에서 발생되는 평균 제어패킷은 그룹 내의 노드의 수가 증가할수록 기존 방법보다 감소한다. 송신노드와 수신노드 같다. X축은 각각의 GR에 속한 노드이며 Y축은 간의 물리적 거리에 따른 패킷손실은 그림 7과 최종 송신노드 사이의 링크에서 발생되는 제어패킷을 나타낸다.

기존 방법과 같이 GR로 구성된 트리구조의 깊이가 깊을수록 제어패킷의 발생 크기가 증가하는 결과를 확인할 수 있다. 이는 트리의 깊이가 깊을수록 GR의 수가 증가하기 때문이다. 하지만 GR을 구성하는 트리의 깊이가 h≤8 일 때 제어패킷의 증가율이 감소하는 것을 알 수 있다

트리깊이가 6이하로 구성되는 경우에는 발생되는 평균제어 패킷의 크기가 노드의 수에 관계없이 완만하게 증가한다. 한편, 멀티캐스트로 전송되는 GOP가 클수록 발생되는 제어패킷의 수가 증가하게 되는데 이는 압축비율에 따라 I, P-프레임의 비율이 결정되기 때문이며, GOP의 구성은 데이터를 인코딩할 때 결정되는 것으로 송신측에서 그룹 수, 계층 수와 같은 통신환경을 예측하여 적절한 크기를 사용할 수 있다.

그림 8은 수신노드의 버퍼용량에 따른 화면왜곡 횟수를 분석한 결과이다. 3.3절에서 정의한 버퍼 Δ의 크기가 증가할수록 제안한 기법은 화면왜곡 횟수가 감소하는 것을 확인하였다. 재전송을 하는 동안 재생할 프레임이 수신노드에 적재되어 있기 때문에 패킷손실이 발생해도 수신노드에서 화면왜곡이 발생하는 횟수가 감소한다. 기존 방법은 버퍼 Δ의 크기가 고정되어 있기 때문에 에러가 발생할 경우 일정한 횟수의 화면왜곡이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

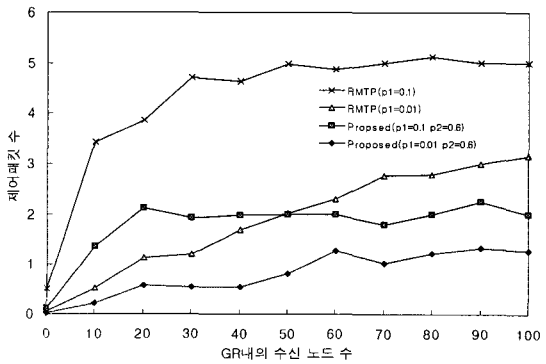

그림 6. 에러율에 의한 제어패킷 분석

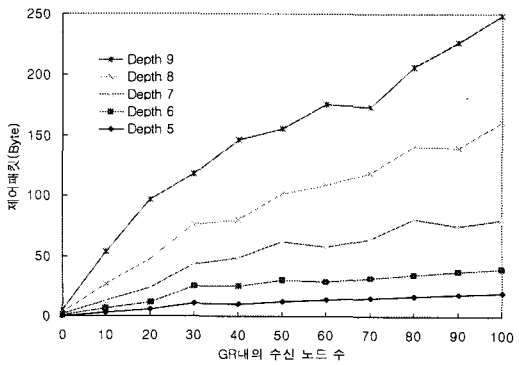

그림 7. 트리깊이에 따른 제어패킷 수

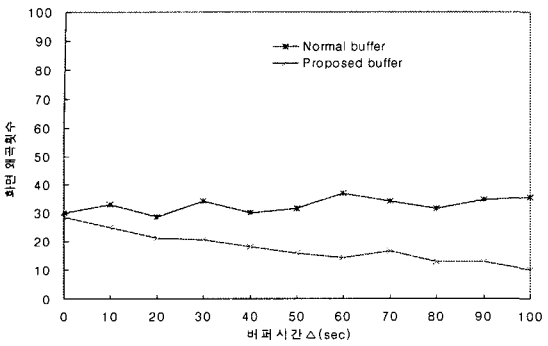

그림 8. 수신노드 버퍼에 따른 재생품질

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 일대다환경에서 멀티미디어 데이터를 수신하는 노드가 일정한 품질을 유지할 수 있는 멀티캐스트 재전송 기법을 제안하였다.

제안한 기법은 멀티캐스트에서 신뢰성을 제공하면서 송신자 측에서 발생되는 Ack/Nak 폭주를 제거하였으며 낮은 대역폭을 사용하여 보다 나은 재생품질을 수신노드에게 제공할 수 있다. 이는 수신노드마다 멀티미디어 패킷 수신에 적합한 버퍼를 구성하여 패킷손실이 발생했을 때 전송지연 시간을 고려하여 재전송을 수행하도록 하였기 때문에 가능하다. 또한 지역적인 재전송 구조를 사용하여 수신노드가 증가하여도 네트워크 오버헤드가 급격히 증가하지 않는다.

제안한 재전송 기법은 수학적 분석과 모의실험을 통해 기존 멀티캐스트 전송기법보다 낮은 지연시간을 지원하고 수신노드에서 발생하는 화면왜곡이 감소하는 것을 확인하였다. QoS를 보장하는 멀티캐스트 전송기법은 한정된 대역폭을 사용하는 인터넷 방송 서비스, PVR등에 적용할 경우 대역폭의 확장 없이 개선된 재생품질을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 목 록

[1] K. Almeroth, "The Evolution of Multicast: A Survey and Taxonomy," *IEEE Communications Magazine,* pp. 94-10, Jan. 1998.

[2] M. Hofmann, "A Generic Concept for Large-Scale Multicast," *B. Plattner, Ed., Proc. International Zuerich Seminar, LNCS 1044,* Springer Verlag, pp. 95-106, Feb. 1996.

[3] R. Yavatkar, J. Griffioen, and M. Sudan, "A reliable dissemination protocol for interactive collaborative applications," *in Proc. ACM Multimedia,* pp. 333-344, 1995.

[4] A. Striegel and G. Manimaran, "A Scalable Protocol for Member Join/Leave in DiffServe Multicast," *Proc. IEEE LCN 2001,* Tampa, FL, Nov. 2001.

[5] J. C. Lin and S. Paul, "RMTP: A reliable multicast transport protocol," *in Proc. IEEE INFOCOM,* pp. 1414-1425, Mar. 1996.

[6] J.C. Bolt, T. Turletti, and I. Wakeman, "Scalable Feedback Control for Multicast Video Distribution in the Internet," *Proc. of SIGCOMM,* pp. 58-67, Aug. 1994.

[7] A. Striegel and G. Manimaran, "A survey of QoS multicasting issues," *IEEE Comm. Magazine,* 40 pp. 82-87, Jun. 2002.

[8] K. Sanjiv and R. Strivatsan, "Improved multicast routing with delay and delay variation constraint," *GLOBECOM,* pp. 476-480, 2000.

[9] M. Hofmann, "A Generic Concept for Large-Scale Multicast," *B. Plattner, Ed., Proc. International Zuerich Seminar, LNCS 1044,* Springer Verlag, pp. 95-106, Feb. 1996.

[10] B. Girod, E. Steinbach, and N. Faerber, "Comparison of the H.263 and H.261 video compression standard," *in Standards and Common Interfaces for Video Information Systems, K.R.* Rao, editor, Critical reviews of optical science and technology, Philadelphia, Pennsylvania, Vol. 60, pp. 233-251, Oct. 1995.

[11] S. Ramakrishnan and B.N. Jain, "A Negative Acknowledgement Protocol with Periodic Polling Protocol for Multicast over Lans," *In Procedings of IEEE INFOCOMM '87,* pp. 502-511, Mar. 1987.

[12] B. Girod, K. Stuhlmuller, M. Link, and U. Horn, "Packet loss resilient internet video streaming," *in Proc. of SPIE Visual Communications and Image Processing,*" pp. 833-844, Jan. 1999.

[13] X. Li, M. Ammar and S. Paul, "Video

Multicast over the Internet," *IEEE Network*, pp. 46-60, Mar. 1999.

[14] C. Huitema, "The Case for packet Level FEC," *in Proc. 5th Workshop on Protocols for High Speed Networks*, pp. 109-120, Oct. 1996.

김 기 영

1996년 2월 상지대학교 전자계산학과
1997년 삼보정보통신 기술연구소 연구원
1999년 2월 숭실대학교 컴퓨터학부 공학석사
2003년 8월 숭실대학교 컴퓨터학부 공학박사
2004년 3월~현재 서일대학 소프트웨어전공 조교수
관심분야 : 이동통신, 멀티캐스트, ITS, 네트워크 보안