

멀티캐스트 그룹에서 다중 응답자를 이용한 손실 복구

정옥조⁰, 안상현
서울시립대학교 전산통계학과
{okjo, ahn}@venus.uos.ac.kr

Loss Recovery using Multiple Repliers in a Multicast Group

Okjo Jeong⁰, Sanghyun Ahn
Dept. of Computer Science & Statistics, Univ. of Seoul

요 약

망을 통해 동일한 데이터를 다수의 고객에게 전송하는 파일 전송 서비스, 뉴스 서비스, 인터넷 방송 서비스들이 증가함에 따라 멀티캐스트를 이용한 효율적인 데이터 전송에 대한 요구가 증가하고 있다. 신뢰적인 멀티캐스트 프로토콜은 송신자로부터 손실된 패킷을 복구하거나 이웃한 지역의 응답자에게 복구 패킷을 요청함으로써 손실 복구를 수행한다.

본 논문에서는 신뢰적 멀티캐스트를 제공하기 위해 손실이 발생하였을 경우 손실 회복에 사용할 수 있는 다중 응답자를 이용한 손실 복구 기법을 제안한다. 이 기법은 LSM[1] 모델을 기반으로, 다수의 요청 패킷에 대해 동적으로 응답자의 수를 증가시켜 다중 응답자들이 손실 복구를 수행하도록 함으로써 손실 복구 시간을 감소시킨다. 제안한 방식의 성능은 시뮬레이션을 통해 증명한다.

1. 서론

IP 멀티캐스트[2]는 최선의(best effort) 방식으로 전송하기 때문에 망의 상태로 인해 전송 패킷이 손실될 수 있으며 이러한 손실을 복구해 주는 신뢰적인 멀티캐스트 프로토콜에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다.

라우터를 이용하여 손실 복구 방법을 제안한 LSM[1]은 지역 그룹내의 응답자를 사용하여 손실 복구를 수행하므로 효율성과 확장성을 제공하나 지역 그룹에서 응답자(replier)가 손실 복구를 수행할 때 버퍼 크기의 제한으로 인해 버퍼 크기를 초과하는 요청 패킷은 버리게 된다. 버려진 요청 패킷을 전송한 수신자는 일정 시간이 경과할 때까지 재전송 패킷을 수신하지 못하기 때문에 요청 패킷을 다시 전송하게 되며, 이로 인해 재전송 패킷을 수신할 때까지 소요되는 손실 복구 시간(loss recovery time)이 증가하게 된다.

본 논문에서는 LSM 모델을 기반으로 데이터 전송 중에 발생하는 손실에 대하여 지역 그룹의 응답자가 다수의 요청 패킷을 수신하면 새로운 응답자를 추가하여 처리하는 식으로 다중 응답자를 이용한 손실 복구 기법을 제안한다. 재전송 요청이 적어서 단일 응답자로 재전송을 수행할 수 있는 경우는 단일 응답자를 사용하지만 요청 패킷 수가 상위 임계치(upper threshold) 이상이면 응답자가 라우터에게 새로운 응답자를 추가하도록 요청한다. 이 메시지를 수신한 라우터는 현재 동작중인 응답자의 인터페이스를 제외 한 나머

지 하위 인터페이스 중에서 비용이 작은 응답자가 존재하면 이 응답자로서의 인터페이스를 응답자 리스트에 추가함으로써 다중 응답자를 지원한다.

논문은 2장에서 관련 연구를, 3장에서 LSM 모델을 기반으로 다중 응답자를 이용한 손실 복구 기법을 설명하고, 4장에서 성능 평가 결과를, 마지막으로 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

송신자가 ACK 패킷을 수신하고 이를 바탕으로 오류 복구 패킷을 전송하는 방법은 ACK 폭주(ACK implosion) 문제 [3]를 발생시키기 때문에 수신자가 NACK 패킷을 전송하여 오류 복구를 수행하는 SRM[4]이 제안되었다. 그룹의 구성원이 패킷 손실을 감지하면 NACK 폭주(NACK implosion)를 억제하기 위해 랜덤 타이머(random timer)를 사용하며 타이머가 만료되면 요청 패킷을 그룹에 멀티캐스트로 전송한다. SRM은 모든 구성원이 재전송에 참여하므로 확장성을 제공하지만 노출(exposure) 문제가 발생하고 랜덤 타이머를 사용하기 때문에 손실 복구 시간이 증가하게 된다.

다른 오류 회복 방법으로 수신자들을 그룹화 하여 논리적 트리를 구성함으로써 지역적으로 오류를 복구하는 방법인 RMTP[5], TMTP[6]가 제안되었다. RMTP는 지역 그룹에 속한 DR(Designated Receiver)이 재전송 기능을 수행하며 지

역 그룹의 멤버들은 이러한 DR 에게 재전송을 요청한다. 그러나 RMTP 는 지역 그룹을 적절하게 그룹화 하는 방법과 동적인 구성원의 변화에 적응하는 방법은 제시하지 않았다.

TMTP 는 수신자들을 동적인 계층 트리로 구성한다. 지역 그룹의 오류 복구를 담당하는 DM(Domain Manager)이 그룹에 참여할 때 ERS(Expanding Ring Search)를 사용하여 가장 가까운 DM 을 선정함으로써 계층 제어 트리를 구성하지만 노출(exposure) 문제가 존재한다.

논리적 트리는 물리적인 망과 다르기 때문에 지식, 부모의 관계가 바뀔 수 있으며 이 경우 오히려 지역 오류 복구가 오히려 동작하지 않게 되는 단점이 있어 최근들어 물리적인 망을 이용한 손실 복구 방법에 대한 연구가 이루어졌다 [1][7][8].

LSM[1]은 라우터에 전달 기능을 추가하고 라우터를 이용한 트리를 구성하여 응답자가 손실 복구를 수행하도록 하였다. 그러나 이 방법은 응답자에게 문제가 발생하였을 경우에 관련된 수신자들이 모두 영향을 받게 된다.

Search-party[7]는 이러한 점을 개선하기 위해 응답자를 지정하지 않고 확률적으로 계산하여 하나의 수신자에게 재전송을 요청한다. Search-party 는 응답자를 지정하지 않음으로써 견고성(Robustness)을 제공하지만 오류 회복 시간이 LSM 에 비해 증가하는 단점이 있다.

PGM[8]에서는 라우터가 NACK 패킷을 수신하면 손실된 패킷의 번호와 해당 인터페이스를 라우터에 저장하고 송신자 또는 DR 에게 요청 패킷을 전달한다. PGM 은 라우터가 전송 계층(transport layer)에서 패킷의 일련 번호를 확인하기 때문에 라우터의 부담을 증가시킨다.

3. 다중 응답자를 이용한 오류 회복 기법

3.1 개요

다중 응답자를 이용한 손실 복구 방법은 라우터에 패킷 전달 기능을 추가한 LSM을 기반으로 하여 계층적인 지역 복구 방법을 사용한다. LSM은 멀티캐스트 트리상의 모든 라우터에서 응답자를 유지한다. 이를 위해 수신자들이 응답자 역할을 요청하면 라우터는 최소 비용의 수신자를 응답자로 선정하며 응답자의 IP 주소를 유지하는 대신에 응답자로 향하는 링크 정보를 유지한다. 상위 링크로 진행하는 요청 패킷이 하위 링크로 향하는 지점에 있는 라우터를 TP(Turning point)라고 하는데 요청 패킷이 TP를 통과할 때 라우터는 자신의 IP 주소와 링크 ID를 요청 패킷에 기록하고 응답자에게 전달한다. 응답자가 재전송을 수행할 수 있으면 요청 패킷에 기록된 링크 ID를 포함한 재전송 패킷을 생성하고 TP의 IP 주소로 캡슐화하여 TP로 전송한다. 라우터는 캡슐화된 패킷을 수신하면 해당 링크ID로 추출한 데이터를 멀티캐스트함으로써 지역 복구를 수행한다. LSM은 망 계층을 이용하여 손실 복구를 수행하지만 계층화 원리(layering principles)는 위반하지 않는다.

본 논문에서는 LSM을 확장하여 지역 그룹에서 다수의 요청 패킷 수에 따라 응답자의 수를 증가 또는 감소하여 동적으로 적응함으로써 손실 복구 시간을 감소시키는 방법을 제시한다.

3.2 응답자 증가 및 감소

요청 패킷의 복구는 특정한 서버나 지역 그룹의 수신자

들로부터 수행되는데 특정 서버인 경우 요청 패킷이 많아지면 지연 시간이 증가하게 되어 신속한 복구를 요구하는 서비스에는 적절하지 않을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 지역 그룹의 수신자가 손실 복구를 수행하는 것으로만 한정하였다.

요청 패킷이 응답자에게 전달되면 응답자는 자신의 버퍼에 요청 패킷을 유지함으로써 재전송을 수행한다. 버퍼 용량을 초과하는 요청 패킷이 수신되면 응답자는 초과된 패킷을 버리게 되며, 이 요청 패킷을 전송한 수신자는 일정 시간이 경과해도 복구 패킷을 수신하지 못하기 때문에 요청 패킷을 재전송한다. 응답자는 수신된 요청 패킷이 증가하여 버퍼의 크기가 상위 임계치 이상이면 자신의 처리율을 고려하여 응답자의 증가를 요청하는 메시지를 라우터에 전송한다. WANT_TO_ADD_REPLIER 메시지를 수신한 라우터는 수신자들 중에서 응답자를 제외한 최소 비용을 가진 수신자가 있으면 이 수신자로 향하는 링크를 응답자 리스트에 추가한다.

동작중인 응답자의 버퍼가 상위 임계치 이하이면 응답자는 RETURN_REPLIER 메시지를 라우터에게 전송한다. 라우터가 RETURN_REPLIER 메시지를 수신하면 주응답자(main replier) 링크로부터 수신된 메시지인지 확인한다. 만일 주응답자가 위치한 링크에서 RETURN_REPLIER 메시지를 수신하면 이 메시지를 무시한다. 주응답자는 지역 그룹에서 가장 비용이 낮기 때문에 이 응답자가 그룹에서 탈퇴하는 경우를 제외하고는 주응답자로 동작하게 된다. 여러 개의 응답자를 가지고 있고 RETURN_REPLIER 메시지가 주응답자 이외로부터 수신되었으면 메시지가 수신된 링크를 응답자 리스트에서 삭제한다.

3.3 요청 패킷의 분배 방법

라우터는 응답자 리스트에 속하지 않는 링크에서 요청 패킷을 수신하면 응답자들에게 요청 패킷을 순차적으로 분배한다. 응답자 리스트 중의 한 링크로부터 요청 패킷을 수신하면 주응답자의 링크인지 확인하고 주응답자에서 수신된 요청 패킷이라면 상위 응답자에게 전달하여 재전송을 요청한다. 주응답자가 아닌 응답자의 요청 패킷은 주응답자에게 전달한다.

3.4 NACK 폭주 억제

다중 응답자인 경우에 오직 하나의 요청 패킷만이 지역 그룹을 벗어나 상위 링크로 전송된다. 라우터는 주응답자로부터 요청 패킷을 수신하는 경우에만 상위 응답자에게 재전송을 요청하기 위해 상위 링크로 전달한다. 따라서 주응답자 이외의 요청 패킷은 상위 응답자로 전달되지 않게 함으로써 요청 패킷의 수를 억제한다.

4. 성능 평가

다중 응답자를 이용함으로써 손실 복구 시간 시간이 감소함을 증명하기 위해 NS[9] 시뮬레이터를 사용하였다. 지역 그룹은 그림 1 과 같이 10 개의 수신자들로 구성하였으며 링크 지연값은 10ms, 대역폭은 1.5Mbps, 데이터 패킷은 1024KB을 사용하였고, 링크 손실 상황은 10초 동안 발생시켰다. 송신자는 10ms 마다 CBR(Constant Bit Rate)로 전송하며 링크 손실률은 각각의 링크에 동일하게

적용하였고 손실은 임의로 발생시켰다. 응답자가 요청 패킷을 수신한 후 처리시간은 시뮬레이션을 위해 20ms로 하였으며 버퍼 크기는 10, 상위 임계치는 7, 하위 임계치는 3으로 각각 설정하였다. 실험의 용이성을 위해 데이터 패킷만이 손실에 영향을 받고 제어 패킷과 재전송 패킷은 손실에 영향을 받지 않도록 실험했다.

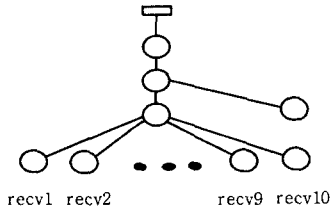


그림 1. 실험을 위한 네트워크 구조

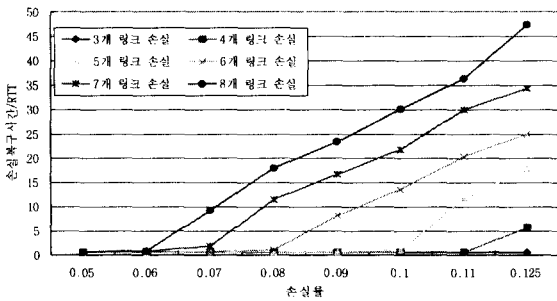


그림 2. 단일 응답자에서 손실률과 복구 시간과의 관계

그림 2에서 단일 응답자를 사용하는 경우 손실률이 증가함에 따라 복구시간이 증가함을 볼 수 있고, 특히 각각의 그래프마다 일정한 손실률을 넘게 되면 손실 복구 시간이 급증함을 알 수 있는데 이것은 응답자에서 버퍼 오버플로우가 발생했기 때문이다. 그림에서 세로축은 수신자들이 요청 패킷을 전송하고 응답자로부터 복구 패킷을 수신할 때까지 소요된 패킷당 평균 복구 시간을 RTT(Round Trip Time)로 나눈 값이다.

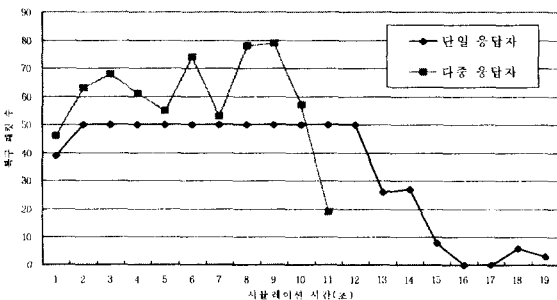


그림 3. 단일 응답자와 다중 응답자의 복구 패킷 수 (손실률 0.08, 손실 링크수 8)

그림 3은 버스트(burst)한 손실을 실험하여 단일 응답

자와 다중 응답자를 사용한 복구 패킷 수를 나타낸 것이다. 손실이 발생하는 경우는 3개의 패킷이 연속적으로 손실되도록 실험하였다. 단일 응답자의 경우는 다수의 요청 패킷이 수신되어도 버퍼 용량의 한계로 인해 일정한 수의 재전송을 수행하는데 비해 다중 응답자는 요청 패킷에 동적으로 응답자를 증가시킴으로써 요청 패킷의 수신수와 재전송 패킷의 전송수가 단일 응답자에 비해 증가하게 된다. 그림 3에서 10초 이후에 나타나는 복구 패킷수는 10초간의 시뮬레이션 동안 복구 패킷을 수신하지 못한 수신자들이 요청 패킷을 재전송한 결과로써 송신자가 전송을 완료한 이후에도 단일 응답자를 사용한 경우에는 상당한 시간이 소요됨을 알 수 있다. 시뮬레이션동안 응답자의 수는 요청 패킷의 수에 따라 1~4개(평균 1.3개)로 변화하였다.

실험을 통해서 단일 응답자인 경우 버퍼 오버플로우가 발생하면 복구 시간이 급격히 증가하는데 비해 다중 응답자를 사용하는 경우의 복구 시간은 완만히 증가함을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서 제안한 다중 응답자를 이용한 손실 복구 기법은 멀티캐스트 서비스의 손실 복구 시간을 감소시키고 응답자의 부하를 분산하여 망의 효율성을 향상시키는 것을 목표로 했다. 즉, 손실 복구 시간을 다중 응답자를 사용하여 감소시킴으로써 손실 복구 요청 패킷의 재전송 요청 수를 감소시켜 망의 효율성을 높일 수 있다. 본 논문은 LSM 모델을 기반으로 단일 응답자와 다중 응답자간의 손실 회복 시간을 비교하였으며 실험에서 나타난 것처럼 다량의 요청 패킷이 응답자의 제한된 버퍼를 초과하게 되면 복구 시간이 증가하게 되는 문제를 다중 응답자를 사용함으로써 해결하였다.

6. 참고 논문

- [1] C. Papadopoulos and G. Parulkar, "An Error Control Scheme for Large-Scale Multicast Applications", Proc. INFOCOM'98.
- [2] S. E. Deering and D. R. Cheriton, "Multicast routing in datagram internetworks and extended LANs," ACM Transactions on Computer Systems, pp 85-110, May 1990.
- [3] S. Pingali, D. Towsley and J. Kurose, "A Comparison of Sender-initiated and receiver-initiated Reliable Multicast Protocols," SIGMETRICS '94.
- [4] S. Floyd, et al., "A Reliable Multicast Framework for Lightweight Sessions and Application Level Framing," Proc. of ACM Sigcomm '95, pp. 342-356, September 1995.
- [5] S. Paul, et al., "RMTP: A Reliable Multicast Transport Protocol for High-Speed Network," Proceedings of the Tenth Annual IEEE Workshop on Computer Communications, September 1995.
- [6] R. Yavatkar, J. Griffioen and M. Sudan, "A Reliable Dissemination Protocol for Interactive Collaborative Applications," Proceedings of ACM Multimedia 96, 1996.
- [7] A. Costello and S. McCanne, "Search party: Using randomcast for reliable multicast with local recovery", Proceedings of IEEE INFOCOM '99, March 1999.
- [8] T. Speakman, et al., "Pragmatic General Multicast Transport Protocol Specification", draft-speakman-pgm-spec-00.txt
- [9] S. McCanne, S. Floyd, "NS (Network simulator)," [http://www-nrg.ee.lbl.gov/ns](http://www.nrg.ee.lbl.gov/ns), 1995.