

신뢰성 있는 멀티캐스팅 프로토콜에서 NAK 메시지의 기능분리를 통한 지역적 오류 복구

이윤희¹ 정충일 박창윤
중앙대학교 컴퓨터공학과
{yhlee,cijung,cypark}@orchid.cse.cau.ac.kr

Local Recovery in Reliable Multicasting Protocols Applying Separations of Concerns to the NAK message

Yun-Hee Lee¹ Choong-Il Jung Chang-Yun Park
Dept. of Computer Science & Engineering, Chung-Ang University

요 약

멀티캐스팅 프로토콜에서 중요하게 요구되는 사항은 신뢰성과 확장성이다. 그 중 확장성을 향상시키기 위해서 여러 지역적 오류 복구 기법이 사용되고 있다. 본 논문에서는 기존의 지역적 오류 복구 기법에서 발생하는 제한점을 설명하고, 이 문제를 해결하기 위해서 지역대표에 의한 NAK 메시지의 기능분리 방법을 제안하고 구현하였다. 그리고, 제안된 방법에 대해서 시뮬레이션을 통해 확장성에 대한 성능평가를 하였다.

1. 서론

멀티캐스팅은 데이터를 전송하는데 있어서 같은 데이터를 여러 수신자들에게 중복적으로 전송하는 것이 아니기 때문에 네트워크의 대역폭을 기준으로 보았을 때 효율적이라고 할 수 있다. 이러한 멀티캐스팅을 이용하는 어플리케이션들은 그 특성상 신뢰성 있는 전송 서비스와 확장성을 요구한다. 멀티캐스팅 프로토콜에서는 확장성을 향상시키기 위해서 여러 지역적 오류 복구 기법이 사용되고 있다. 그러나, 기존의 방법에서는 오류 복구가 지역적으로 이루어지도록 하면서, 동시에 그 범위 내에 오류를 복구해줄 수 있는 송신자나 다른 수신자가 항상 포함되도록 해야 하는 어려움이 있다.

본 논문에서는 NAK 메시지의 기능인 오류 복구 요청과 NAK-suppression을 분리하여 수행함으로써, 지역적 오류 복구 기법에서 발생하는 제한점을 해결하는 프로토콜을 제안한다. 제안된 프로토콜을 SRM의 확장 형태로 NS(NBNL Network Simulator)상에서 구현하였으며, 확장성에 대한 성능 향상을 기존의 프로토콜과 비교 실험을 통해 검증하였다.

2. 관련연구

SRM(Scalable Reliable Multicast)[1]에서는 데이터를 비롯하여 모든 메시지들을 전체 네트워크로 멀티캐스팅 함으로써, 그룹내의 모든 멤버들 사이에서 데이터나 정보를 공유한다. 각 수신자들은 오류의 발생 여부를 검사하고, 오류가 발생했을 때, NAK 메시지를 멀티캐스팅으로 전송하여 오류 복구를 요청한다. SRM은 많은 수의 수신자가 동시에 NAK 메시지를 전송함으로써 발생하는 NAK-implosion 문제를 해결하기 위해 slotting and damping 기법을 사용한다.

Adaptive SRM[1]은 SRM에서는 고정되어 있던 제어 메시지의 타이머 인자의 값을 이전의 오류복구에서의 중복된 메시지의 수나 지연정도에 따라서 동적으로 조정한다. 이로 인하여,

Adaptive SRM은 네트워크나 토폴로지의 동적인 변화뿐만 아니라 그룹 내의 멤버들의 변화나 링크의 혼잡 패턴의 변화에도 적절히 대응할 수 있다.

SRM과 Adaptive SRM의 경우, 오류 발생 시에 제어 메시지는 오류복구를 필요로 하지 않는 곳까지 전송된다. 이러한 불필요한 오버헤드를 줄이기 위해서, 실제 오류복구가 요구되는 부분에만 제어메시지가 전송되도록 하는 여러 지역적 복구 기법이 도입되었다. 대표적인 지역적 복구 기법에는 TTL-based Scoping과 Multiple Multicast Groups 등이 있다.

TTL-based Scoping은 멀티캐스팅 되는 메시지들의 TTL값을 조정하여 제어 메시지가 필요한 영역에만 전송되도록 하여 전체 네트워크로 전송되는 오버헤드를 줄이는 방법이다[1][4]. 기존의 방법에 새로운 모듈을 추가할 필요없이 전송되는 TTL값만을 조정함으로써 오류복구를 할 수 있지만, TTL값을 필요한 만큼 작게 유지하면서 그 범위 내에 복구를 해줄 수 있는 수신자 혹은 송신자가 항상 포함되도록 설정하는 것이 어렵다.

Multiple Multicast Groups는 수신자들이 오류가 발생할 때마다, 원래의 멀티캐스팅 그룹 외의 오류 복구를 목적으로 한 새로운 멀티캐스팅 그룹에 참여하여 그룹 내에서 제어 메시지를 전송함으로써, 각 수신자에서의 불필요한 제어 메시지를 처리하는데 드는 오버헤드를 줄이는 방법이다[1][3]. 그러나, 각 수신자에서의 불필요한 제어 메시지에 대한 프로세싱 오버헤드는 줄일 수 있지만, 전체 네트워크로의 불필요한 오버헤드는 줄어들지 않는다. 이 방법에서도 오류 복구를 위한 별도의 멀티캐스팅 그룹에 오류 복구를 해 줄 수 있는 송신자나 수신자가 항상 포함되어야만 한다.

3. 제안된 프로토콜의 특성 및 내부기법

1) 지역적 오류복구 기법과 문제점

지역적 오류복구는 NAK 메시지나 repair 메시지가 네트워크

전체가 아니라 실제로 오류에 의해서 영향을 받은 부분에만 전송되도록 하여 네트워크 상의 불필요한 오버헤드를 줄이는 방법이다. 지역적 오류 복구의 성능 향상을 위해서는 오류에 영향을 받는 수신자들만이 NAK 메시지를 받도록 NAK 메시지의 전송영역을 가능한 한 좁히는 것이 이상적이다. 그러나, 이렇게 영역을 제한시키다 보면, 그 오류에 대해 복구를 해줄 수 있는 수신자가 포함되지 않을 수도 있다는 것이 문제가 된다.

2) NAK 메시지의 기능분리를 통한 오류 복구 기법

멀티캐스팅 프로토콜에서의 NAK 메시지는 다음과 같은 두 가지의 기능을 수행하게 된다.

- 오류 복구를 위한 repair 메시지 요청
- NAK-suppression

이렇게 하나의 NAK 메시지가 두 가지의 서로 다른 기능을 수행하기 때문에 지역적 오류 복구를 수행하는데 있어서 융통성이 줄어들게 된다.

본 연구에서는 NAK 메시지를 그 기능에 따라 분리하여 따로 전송한다. 즉 오류 발생 시에, 오류를 검출해낸 수신자는 NAK-suppression을 위해 NAK 메시지를 필요한 부분에 지역적으로 멀티캐스팅하고, 오류 복구를 위해서는 상위 수신자에게로 NAK 메시지를 유니캐스팅한다. 이렇게 NAK 메시지를 기능에 따라 분리하여 전송하면, 유니캐스팅에 의해서 오류 복구가 시도되기 때문에 복구를 해줄 수 있는 다른 멤버에게까지 NAK 메시지가 항상 도달해야 한다는 제약을 줄일 수 있다. 따라서, 지역적 오류 복구의 범위를 실제로 복구가 필요한 부분으로만 축소시킬 수 있다.

3) 지역대표(Representative)를 통한 지역적 오류 복구

지역대표는 동일한 에러에 의해서 영향을 받은 다른 수신자들을 대표하여 오류복구를 시도하는 수신자이다. 지역대표는 동적으로 선정되며, 다른 수신자들을 대표하여 오류 복구와 NAK-suppression을 우선적으로 수행한다. 상위 수신자는 지역대표가 시도하는 오류복구 요청에 응답하는 또 다른 수신자를 의미하며, 지역대표와 마찬가지로 동적으로 선정된다. 본 논문에서는 지역대표를 사용하여 NAK 메시지의 기능 분리를 통한 지역적 오류복구를 수행한다. 지역대표가 오류 발생을 감지하면, 그림 1과 같이 다음과 같은 두 가지 동작을 수행한다.

- 상위 수신자에게 유니캐스팅으로 NAK 메시지를 전송하여 오류 복구를 요청
- 제한된 TTL값을 가지고 NAK 메시지를 즉시 멀티캐스팅하여 NAK-suppression을 수행

4) TTL값의 동적인 변경

NAK 메시지의 기능 분리로 인해, 오류 복구 영역에 복구를 해줄 수 있는 수신자나 송신자가 포함되었는지를 더 이상 고려할 필요가 없다. 그러므로, 단지 동일한 오류에 의해서 영향을 받는 모든 수신자를 TTL값의 범위 내에 포함시키는 것만 고려하면 된다. 만약, TTL값이 충분히 크지 않아서 이러한 수신자들에게 NAK 메시지가 도달하지 못했을 경우에는, 하나의 오류에 대해서 여러 개의 중복된 NAK 메시지가 발생할 수 있지

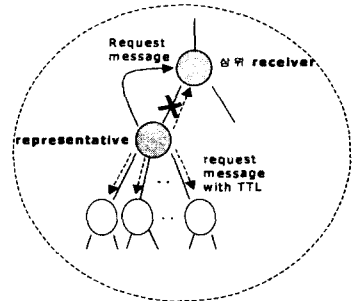


그림 1 오류 발생시 지역대표의 역할

만 오류복구는 정상적으로 이루어진다.

본 논문에서는 NAK-suppression이 성공적으로 이루어지는지를 점검하면서 TTL값을 감소시켜서, 최적의 효율을 가지는 지역복구를 실현한다. 그러므로, 여러 개의 중복된 NAK 메시지가 불필요하게 멀티캐스팅 됨으로써 전체 네트워크의 오버헤드를 증가시키는 것을 방지하고, 그룹 내의 멤버가 변경되거나 링크의 혼잡패턴이 바뀌는 등의 여러 동적인 변화를 수용한다.

4. 프로토콜의 설계 및 구현

1) 지역대표의 선정 방법

수신자들 중에서 오류 발생 시에 자주 NAK 메시지를 전송하는 수신자를 하나로 수렴시켜서 지역대표로 선정한다. NAK-suppression되는 수신자들은 NAK 메시지의 전송시점을 점차 지연시켜, 중복 NAK 메시지 발생 가능성을 줄인다.

2) 동적인 TTL값 결정 방법

초기의 TTL값은 그룹내의 모든 수신자가 받을 수 있도록 최대값을 가진다. 그 이후에는 NAK 메시지를 전송할 때마다 suppression이 성공적으로 수행되었는지를 검사하여 조건을 만족시킬 경우에만 TTL의 값을 감소시킨다.

3) NAK 메시지 전송 및 repair 메시지 전송 알고리즘

모든 수신자들은 repair 메시지를 전송 받을 때마다 자신에게 repair 메시지를 전송하는 상위 수신자의 주소를 모두 저장해둔다. 지역대표가 결정되면, 지역대표는 자신이 저장한 상위 수신자들 중에서 주로 repair 메시지를 전송한 상위 수신자와 유니캐스트로 연결한다. 이렇게 연결된 후부터 지역대표는 NAK 메시지의 기능분리를 수행하게 된다. 지역대표는 다른 수신자들과는 달리 에러를 검출한 즉시 NAK 메시지를 전송한다. 이것은 자신이 대표하는 다른 수신자들을 suppression하기 위해서, 그리고 에러 복구시간을 단축하기 위해서이다.

오류 복구는 상위 수신자에 의해서 이루어진다. 지역대표의 NAK 메시지를 유니캐스팅으로 받은 상위 수신자는 NAK-suppression된 모든 수신자들이 전송받을 수 있도록 증가시킨 TTL값으로 repair 메시지를 멀티캐스팅한다. 이 때, 지역대표와 마찬가지로 오류 복구시간을 단축시키기 위해 NAK 메시지를 받은 즉시 repair 메시지를 전송한다.

4) 프로토콜 구현

제안된 프로토콜의 성능 평가를 위해 NBNL Network Simulator(NS)상에서 실제 구현하여 동작을 실험하였다.

개발된 프로토콜의 계층 구조는 그림 2와 같다. 기존의 SRM에 지역대표에서의 유니캐스팅 연결과 TTL값의 동적인 결정 등의 여러 기능을 추가하여 IP위에서 동작하도록 하였다.

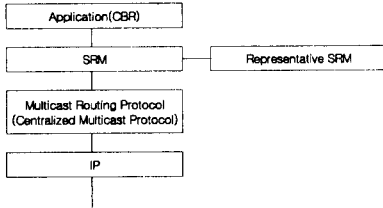


그림 2 개발된 프로토콜의 계층구조

5. 실험 및 성능 평가

1) 실험 방법

본 논문에서는 개발된 프로토콜이 확장성을 어느 정도 향상시키는지와 오류 복구에 걸리는 시간을 얼마나 감소시키는지를 기존의 다른 프로토콜과 비교하여 실험하였다. 실험은 트리 토폴로지를 사용하였고, 데이터 송신자는 트리 구조의 루트에 위치하도록 하였으며, 단 하나의 송신자만을 사용하여 일대다 관계에서의 성능을 측정하였다. 패킷 손실은 주로 같은 곳에서 자주 발생한다고 가정하였다. 또한, Mbone에 대한 패킷 손실 패턴에 대한 연구 결과에서 멀티캐스팅 트래픽에서의 패킷 손실은 백본에서가 아니라 주로 네트워크의 말단 부분에서 발생한다[4]는 것을 감안하여 혼잡 링크의 위치는 네트워크의 말단 부분에 분포되도록 하였다.

2) 확장성에 대한 성능 향상 정도 측정

멀티캐스팅 그룹의 크기를 증가시키면서 하나의 혼잡 링크에 대한 전체 네트워크상의 트래픽을 측정하였다. 네트워크상의 트래픽 중에서 데이터 패킷이나 세션 메시지의 수는 기존의 프로토콜과 동일하므로 측정 대상에서 제외시키고, NAK 메시지와 repair 메시지의 수를 측정하여 기존의 프로토콜과 비교한 결과가 그림 3의 그래프이다.

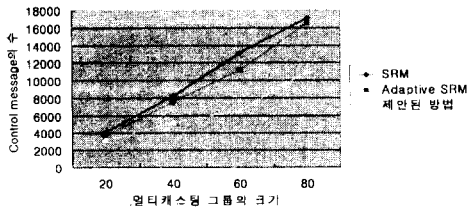


그림 3 멀티캐스팅 그룹의 크기에 따른 제어 메시지의 수

그림 3에서 보면, 멀티캐스팅 그룹의 크기가 작았을 때는 제어 메시지의 수가 거의 비슷하다. 그러나, 멀티캐스팅 그룹의 크기가 증가할수록 SRM과 Adaptive SRM은 일정하게 증가하

는데 비해, 제안된 프로토콜은 서서히 증가하는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 제안된 프로토콜에서는 TTL값이 동적으로 변화하기 때문에 처음에는 제어 메시지의 수가 비슷하지만, 시간이 지날수록 TTL값이 감소하여 제어 메시지의 수가 현저히 감소하게 된다.

3) 오류 복구시간의 감소 측정

지역대표는 오류를 검출하자마자 NAK 메시지를 전송하고 이를 수신한 상위 수신자도 즉시 repair 메시지를 전송한다. 따라서, slotting and damping기법에 의해서 request timer나 repair timer가 끝날 때까지 기다린 후에야 전송이 가능한 SRM이나 Adaptive SRM과는 달리 제안된 프로토콜에서의 오류 복구 시간에 걸리는 시간이 상당히 짧은 것을 그림 4에서 볼 수 있다.

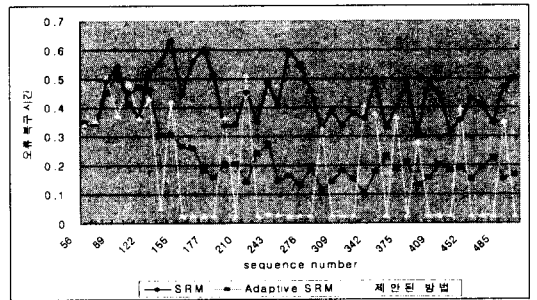


그림 4 오류 복구 시간 비교

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 멀티캐스팅 프로토콜에서 사용되는 기존의 지역적 오류 복구 기법에서의 제한점을 설명하고, 이러한 문제를 해결하여 확장성을 향상시킬 수 있는 방법을 제안하였다. 향후에는 제안된 방법의 정확한 성능 분석을 위해 다른 지역적 오류복구기법들과의 비교실험을 하고, 동적인 TTL값 결정 알고리즘을 보완하여 일정한 오류 복구 시간을 보장할 수 있도록 성능을 향상시킬 계획이다.

7. 참고문헌

[1] S. Floyd, V. Jacobson, C. Liu, S. McCanne, and L. Zhang, "A Reliable Multicast Framework for Light-weight Sessions and Application Level Framing". *IEEE/ACM Transactions on Networking*, November, 1996.
 [2] S. K. Kasera, J. Kurose, and D. Towsley, "Scalable Reliable Multicast Using Multiple Multicast Groups", *CMPSCI Technical Report TR96-73*, Oct. 1996.
 [3] C. Liu, D. Estrin, S. Shenker, and L. Zhang, "Local Error Recovery in SRM : Comparison of Two Approaches", *IEEE/ACM Transaction on Networking*, Jan., 1997
 [4] M. Yajnik, J. Kurose, and D. Towsley, "Packet loss correlation in the Mbone multicast network", *IEEE Globecom '96*, November 1996