

# 예측 재전송을 이용한 적시 오류 복구

권도한<sup>o</sup>, 정충일, 박창윤  
중앙대학교 컴퓨터공학과

## Timely Error Recovery Using Predictive Retransmission

Do-Han Kwon<sup>o</sup>, Choong-Il Jung and Chang-Yun Park  
Dept. of Computer Science and Engineering, Chung-Ang University

### 요 약

기존의 오류 제어 방법들은 실시간 특성과 신속적인 신뢰성을 갖는 멀티미디어 통신 응용에 적합하지 못하다. 본 연구에서는 실시간 데이터의 마감시간을 고려한 적시 오류 복구를 위해 오류 복구가 가능한 시점을 예측하여 재전송을 시행하는 예측 재전송을 제안한다. 예측 재전송은 오류 발생이 확인될 때까지 기다리지 않고 평균 전송시간을 고려하여 미리 재전송을 실시하는 사전 재전송 방법과, 재전송을 하여도 오류 복구가 불가능하다고 판단될 때 재전송을 실시하지 않고 데이터 전송을 계속 진행하는 재전송 포기 방법으로 적용된다.

이와 같은 예측 재전송 기법을 적용한 새로운 오류 제어 프로토콜을 x-kernel 상에서 구현하였다. 실험 결과, 새로운 프로토콜은 다양한 통신 환경에서 기존의 오류 제어 방법에 비해 종단간 오류 복구율을 높이고 무의미한 오류 처리를 줄이며, 추가되는 부하는 매우 작다는 점을 확인하였다.

### 1. 서론

데이터 통신에서 오류 제어는 정상 응답(ACK)을 통한 재전송 기반의 방식을 기본적으로 사용하고 있다. 그러나 이 방식은 초고속 통신망에서의 멀티미디어 통신에는 여러 면에서 부적합한데, 대표적으로 과도하고 때로는 불필요한 오류 제어 부하, 재전송 시간 지연에 따른 오류 복구 실패 등을 예로 들 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하는 방법으로 최근 제안되고 있는 오류 제어 방법으로는 오류가 발생하였을 때 수신 쪽에서 이를 복구할 수 있도록 데이터와 함께 부가의 정보를 보내는 오류 수정 코드(Forward Error Correction) 방법 등이 있다[3]. 또, 오류가 발생하였을 때만 오류 제어를 수행하는 부정 응답(NAK)을 기반으로 하는 오류 제어 방식이 제안되어 사용되고 있다[4]. 그러나, 이들 방법들은 멀티미디어 데이터의 실시간성, 즉, 데이터가 마감시간(deadline) 안에 도착하지 않으면 복구될 수 없다는 특성을 반영하지 않기 때문에 오류 복구의 가능성을 극대화하지 못하고 있다[1,2].

본 연구에서는 전송 시간의 측정값을 통해 재전송의 성공 여부를 예측하고, 이에 따라 재전송의 수행 여부를 오류 상황이 발생하기 전에 미리 판단하는 예측 재전송(predictive retransmission)과, 이를 이용해 마감시간 전에 오류 복구를 수행하는 적시 오류 복구(timely recovery)를 제안한다.

### 2. 예측 재전송

예측 재전송의 기본 개념은 매우 간단하다. 오류 복구는 기존의 방식과 마찬가지로 재전송을 통해 이루어지지만, 재전송은 시간적으로 복구가 가능하다고 예측될 때 수행한다는 것이다. 이와 같은 예측 재전송의 개념은 멀티미디어 데이터의 실시간 특성을 고려하여 정해진 것이다. 우선, 오류의 발생 여부를 (특히, 데이터의 상실이나 시간 오류의 경우) 최종적으로 확인하기 위해 기다리지 말고, 오류의 가능성이 있다고 판단될 때 미리 재전송을 수행하여 오류 복구가 제한 시간 안에 이루어질 수 있는 시간적 여유를 갖자는 것이다. 역으로, 시간적으로 오류 수정이 불가능하다고 판단되는 경우에는 오류 제어를 수행하지 않고, 이를 즉시 사용자 또는 응용프로그램에게 알리자는 목적도 함께 갖고 있다. 이들 정책은 멀티미디어 데이터가 갖고 있는 또 다른 특성 중의 하나인 융통성 있는 신뢰도와도 잘 부합한다. 본 논문에서는 전자의 경우를 '사전 재전송', 후자를 '재전송 포기'라고 각각 부른다.

사전 재전송은 마감시간에 늦는 시간 오류를 감소시켜서 종단간 최종 오류율을 낮출 수 있다. 재전송 포기는 불필요한 처리를 피하며, 데이터의 전송을 정지(blocking) 없이 진행할 수 있으며, 사용자가 발생한 예외 사건에 대처할 수 있는 시간적 여유를 제공할 수 있다.

오류 복구의 가능 여부에 대한 판단 기준은 재전송되는 데이터의 예상 도착시간이 사용자의 마감시간을 넘으면 불가능, 넘지 않으면 가능으로 판단하는 것이다. 이는 개념적으로는 매우 간단하지만 실제로 구현하는 데는 별도의 시간 정보 관리가 필요하다. 판단 기준이 되는 시간 정보는 평균 전송시간과 마감시간까지 남은 여유시간(laxity)이 된다.

사전 재전송을 적용하는 방법은 수신 쪽과 송신 쪽에서의 두 가지 방법이 있다. 그림 1은 송신 쪽에서의 사전 재전송을 통한 오류 복구 과정을 기존의 재전송을 이용한 오류 복구와 비교하여 나타낸 것이다. 데이터가 전송 중에 상실되는 경우, 송신 쪽은 이 사실을 수신 쪽에서 보낸 재전송 요청이나, 타임아웃을 통해서만 알 수 있다. 이 때, 기존의 방법대로 이 사실을 확인한 후에 재전송을 하면, 실시간 데이터의 경우 이미 제한 시간을 넘긴 후에 재전송된 데이터가 도착하여 오류 복구가 실패하게 된다. 그러나, 사전 재전송 방법에서는, 데이터의 상실이 의심이 되는 경우, 재전송되는 데이터가 마감시간 안에 도착할 수 있는 시간에 미리 재전송을 실시하고, 결국, 마감시간 안에 오류가 복구될 수 있다.

한편, 사전 재전송은 수신 쪽에서도 적용할 수 있다. 데이터가 정상적으로 도착하지 않는다고 의심이 가는 경우, 마감시간을 고려하여 사전에 재전송 요청을 보내서 송신 쪽이 적시에 오류 복구를 수행할 수 있도록 한다.

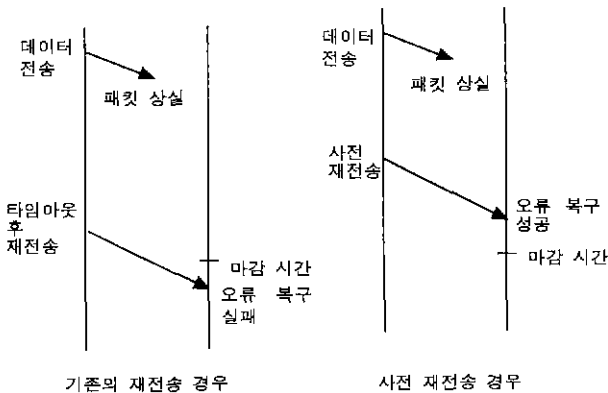


그림 1 기존의 재전송과 사전재전송을 통한 오류복구의 비교

사전 재전송은 오류 복구의 성공 가능성을 높일 수 있는 장점이 있지만, 오류가 실제로는 발생하지 않은 경우에는 중복 전송이 되므로 부하를 높이는 결과를 낳을 수 있다. 그러나, 전송 시간을 정확히 예측할 수 있다면, 데이터 및 제어 정보 전송의 시간 진행을 충분히 예측할 수 있으므로 중복 전송의 경우를 대폭적으로 줄일 수 있다. 또, 사용자 또는 응용 프로그램이 요구하는 신뢰성의 한계에 이르렀을 때만 오류 제어를 실행하는 선택적 오류 제어를 병행하여 사용한다면 전체적인 부하는 미미한 수준으로 낮출 수 있을 것이다.

재전송 포기를 적용하는 방법에도 송신 쪽과 수신 쪽, 두 가지 경우가 있다. 그림 2는 송신 쪽에서의 재전송 포기를 기

준의 재전송 방법과 비교하여 나타낸 것이다. 기존의 재전송에서는 송신 쪽은 재전송 요청이 오면 무조건 해당 데이터를 재전송하는데, 이 데이터가 수신 쪽에 마감시간이 넘은 후에 도착하여 복구에 실패하는 경우에는 이 재전송은 무의미하다. 재전송 포기를 적용하면, 송신 쪽이 재전송 요청을 받았을 때, 재전송되는 데이터가 제한 시간 안에 수신 쪽으로 도착할 수 있는 지를 먼저 확인하고, 불가능하다고 판단될 때는 재전송 요청을 무시하고 데이터 전송을 계속 진행한다. 아울러, 응용프로그램에게 오류가 발생했음을 알린다. 이와 같은 재전송 포기는 수신 쪽에서도 적용할 수 있는데, 이 때, 수신 쪽은 재전송 요청과 재전송이 제한 시간 안에 이루어지기가 어렵다고 판단되면, 재전송 요청을 포기하고 오류 발생을 응용프로그램에게 알린다.

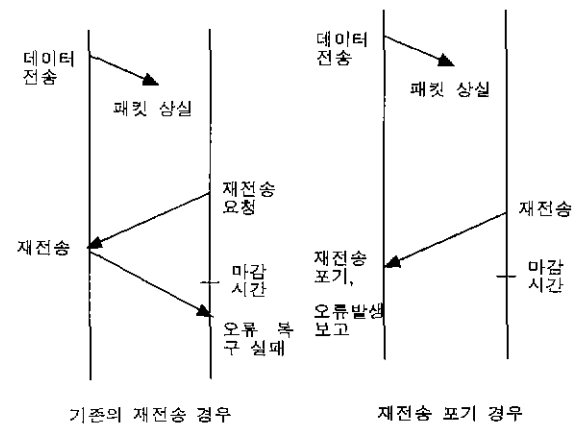


그림 2 재전송 포기와 기존 재전송 방법의 비교

재전송 포기의 잠재적 문제점은 실제로는 재전송이 가능한데, 재전송을 포기하는 경우이다. 그러나, 전송 시간의 예측 가능성이 높으면 매우 드물게 발생할 것이다. 또, 사용자의 신뢰도 요구를 감안하여 재전송 포기 시점을 비판적으로 잡는다면 오류율의 증가는 최소화할 수 있을 것이다.

결국, 예측 재전송의 실제 효과 및 수반되는 부하는 전송 시간과 마감시간과의 관계 및 전송 시간의 예측 가능성의 함수라고 할 수 있다. 뒤에서 기술할 성능 분석에서 이에 관한 실험 결과를 보이도록 한다.

한편, 전송 시간을 예측하기 위해서는 전송 시간을 측정하여야 하며, 이는 시간에 대한 제어정보의 전송이라는 부하를 가져온다. 본 연구의 오류 제어를 위해 필요한 정보는 전송 시점을 나타내는 타임스탬프(timestamp)이면 충분하다. 그리고 타임스탬프는 많은 멀티미디어 응용에서 많이 사용되므로, 오류 제어를 위한 추가 부하는 미미하다고 할 수 있다.

### 3. 성능 평가

성능평가를 위해서 프로토콜 시뮬레이터인 x-kernel에서 예측 재전송을 적용한 오류 제어 프로토콜을 구현하여 실험하였

다. 구현된 프로토콜은 Selective-Repeat ARQ를 채택한 슬라이딩 윈도우를 기반으로 하고 있다.

첫째, 예측 재전송의 적시 오류 복구 효과를 검증하기 위해 패킷 오류율을 증가시키면서 중단간의 최종 오류율의 변화를 살펴보았다. 그림 3은 슬라이딩 윈도우 프로토콜에 비해 예측 재전송 프로토콜의 오류 복구율이 높다는 것을 보여준다.

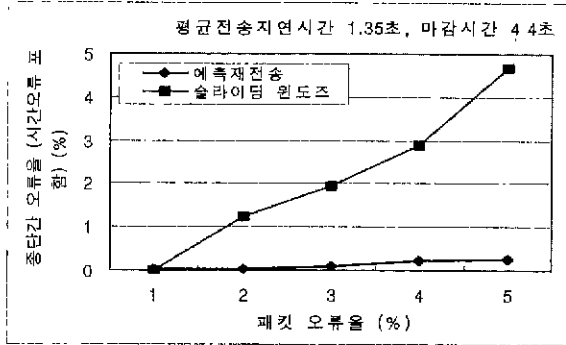


그림 3 패킷오류율에 따른 중단간 오류율

둘째, 예측 재전송 프로토콜에서 발생할 수 있는 중복 재전송에 의한 부하를 실험하였다. 그림 4는 오류가 확인된 경우에만 재전송을 하는 Selective-Repeat 슬라이딩 윈도우 프로토콜과 예측 재전송 프로토콜의 평균 패킷 전송횟수를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 예측 재전송을 적용하면 재전송의 횟수가 증가하지만, 그 양은 많지 않음을 알 수 있다.

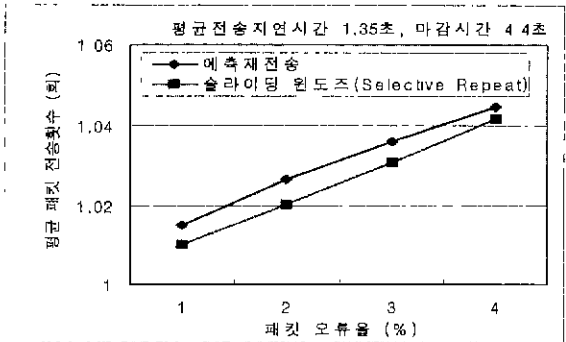


그림 4 패킷오류율에 따른 평균 패킷전송횟수

셋째, 패킷 전송시간의 변화가 예측 재전송에 미치는 영향을 살펴보았다. 그림 5는 전송시간이 비교적 일정한 경우와 전송시간의 변화가 많은 경우 각각에 대해, 전송시간의 증가가 예측 재전송의 오류 복구율에 미치는 영향을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 예측 재전송은 전송 시간의 변화에 영향을 받기는 하지만, 상대적으로 여전히 높은 오류 복구율을 제공한다. 또, 전송시간이 마감시간에 비해 극단적으로 작거나 큰 경우를 제외하고는 모두 효과적이라는 것도 알 수 있다.

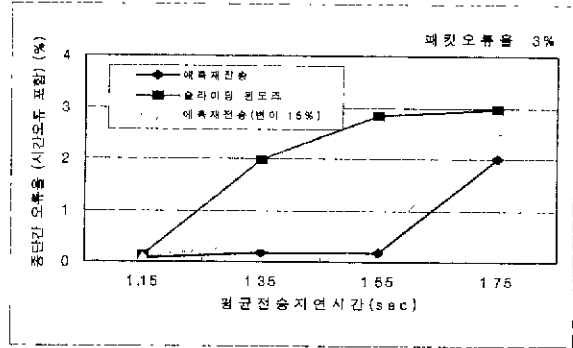


그림 5 평균전송시간의 변화에 따른 중단간 오류율

#### 4. 결론

예측 재전송은 오류 복구율을 향상시킬 수 있다.

성능평가 실험을 통해 검증된 예측 재전송 프로토콜의 특성은 다음과 같다

- 1) 마감시간을 가지는 실시간 데이터의 경우, 기존의 슬라이딩 윈도우에 비하여 마감시간 내의 오류 복구율을 향상시킨다.
- 2) 잠재적인 중복 전송에 의한 부하는 크지 않으며, 대역폭에 여유가 있는 고속망에서는 문제가 되지 않을 것으로 예상된다.
- 3) 예측 재전송 프로토콜은 전송 시간의 관점에서 다양한 통신망 환경에 걸쳐 유효하다.
- 4) 재전송 포기는 오류 복구율을 감소시키지 않으면서 처리량의 증가, 사전 오류 보고 등의 효과를 제공할 수 있다.

향후에는, 멀티미디어 데이터의 융통성 있는 신뢰도 요구를 반영하는 선택적 오류 제어 방법을 개발하고, 이를 예측 재전송과 접목시키는 연구를 수행할 예정이다.

#### 5. 참고문헌

[1] B. Depmsey, J. Liebeherr, and A. Weaver, "On Retransmission-Based Error Control for Continuous Media Traffic in Packet-Switching Networks," Tech. Report, Computer Science Dept., Univ. of Virginia, 1994.

[2] A. McAuley, "Reliable Broadband Communication Using a Burst Erase Correcting Code," Proc. ACM SIGCOMM 90, 1990, pp.297-306.

[3] S. Pejham, M. Schwartz, and D. Anastassiou, "Error Control Using Retransmission Schemes in Multicast Transport Protocols for Real-Time Media." IEEE/ACM Transactions on Networking, 4,3, June 1996, pp.413-427.

[4] W. Strayer, B. Dempsey, and A. Weaver, XTP: The Xpress Transfer Protocol (XTP), Addison-Wesley, 1992.