

멀티캐스트 전송을 위한 FEC 기반의 혼잡제어 기술에 관한 연구

목진철^{*}, 김광현^{**}, 이동호^{*}
^{*}광운대학교 컴퓨터과학과
^{**}광주대학교 컴퓨터학과

A Study on Congestion Control based on FEC for the Reliable Multicast Transmission

Jin-Chul Mok^{*}, Kwang-Hyun Kim^{**}, Dong-Ho Lee^{*}
^{*}Dept of Computer Science, Kwangwoon University
^{**}Dept of Computer Engineering, Kwangju University

요약

본 논문은 멀티캐스트 멀티미디어 데이터 전송과정에서 발생하는 혼잡에 관한 문제를 해결하기 위하여 원래의 데이터를 encoding하여 전송함으로써 수신자 측에서 오류가 발생하더라도 자체적으로 복구될 수 있도록 하는 FEC를 기반으로 ARQ의 적절히 조합함으로써 다양한 계층모델들을 구성하여 각각의 혼잡 상황에 맞는 방법들을 제안하고 시뮬레이션을 통해 이를 검증하도록 한다. 시뮬레이션 결과 FEC를 상황에 맞게 적용한 구조가 효율적인 전송 결과를 보여줌을 알 수 있었다.

1. 서론

최근 각종 멀티미디어 데이터와 같은 다양하고 복잡한 데이터들을 많은 수신자들에게 효율적으로 전송하기 위하여 멀티캐스트를 이용함으로써 인터넷에 멀티캐스트 트래픽이 급증하고 있다. 대역폭이 높고 양이 많은 멀티캐스트 트래픽은 흐름제어가 없으므로 그와 같은 다양한 데이터의 특성을 제대로 살리기가 힘들며 수신자 측까지의 전송 과정에서 발생할 수 있는 오류에 대해 고려해 주어야 하며 그러기 위해서는 혼잡제어가 필수적이라고 할 수 있다. 혼잡은 전송되는 트래픽에 비해 라우터의 버퍼나 패킷 처리 속도가 부족하거나 링크의 낮은 대역폭 등으로 인해 패킷이 손상되는 상태를 말하며 그러한 문제를 해결하기 위해 여러 가지 연구가 이루어지고 있다.

혼잡제어는 수신자가 수신한 데이터에 오류가 있는지를 감지하고 손실이 발생되었을 경우에는 손실을 보고하여 수신자가 전송되는 방법을 적절히 조정해줌으로써 수행이 되며, 이 과정에서 많은 수신자가 존재하는 멀티캐스트의 특성상 수신자들로부터의 피드백이 제어할 수 없을 만큼 들어오는 피드백 폭주가 문제가 된다.

FEC(Forward Error Correction)는 원래의 데이터를 encoding을 통해 여분의 데이터를 생성하는 방법으로써 FEC기법을 이용하여 전송함으로써 수신자 측에서 오류가 발생하였을 경우 그 여분의 데이터를 가지고 자체적으로 에러를 복구할 수 있도록 하는 방법이며 FEC를 적용한 방법이 연구가 되고 있다. 그러나 FEC 기법만 적용하였을 경우 네트워크 환경에서 오류가 적게 발생된다면 그만큼의 여분의 데이터가 부담으로 작용하게 된다는 문제점이

생기게 된다.

IRNA의 Bolot, Turletti와 런던대학의 Wakeman은 모든 수신자가 아닌 일부의 수신자에게만 피드백을 받는 확장성 있는 피드백 기법을 연구하였고, 독일 GMD의 Busses는 피드백을 수신자들이 시간차를 두고 전송하는 전송률 조정기법을 연구하였다. Hybrid ARQ는 encoding 정도를 조정하여 생성된 데이터를 전송함으로써 오류가 발생하였을 때 수신 측에서 복구를 시도하고 정정에 실패했을 때는 다시 재 전송해 주는 방법이며, 미국 Massachusetts 대학의 Don Towsley는 encoding방법을 FEC로 적용[3]했으며, Rizzo는 FEC encoding/decoding이 송수신자의 성능에 무리를 주지 않음[4]을 보여주었으며, Rizzo와 Vicisano는 다양한 환경에서 FEC기법을 수행[6]하였다.

본 연구에서는 다양한 변화의 가능성을 내재하고 있는 네트워크 환경에 유연하게 대처하기 위해 FEC와 ARQ를 계층적으로 차등을 두어 적용하여 자칫 부담이 될 수도 있는 FEC의 단점을 보완하여, 실시간 전송이 중요시되는 multicast환경에서 재전송 요구의 수를 감소시키면서 적절한 전송률을 보장하도록 하는 방법을 취한다.

2. FEC(Forward Error Correction)를 이용한 전송

원래의 데이터를 일정한 비트수 k개로 구성되는 데이터의 블록으로 나누어서 부호화를 수행하면 각 블록은 2^k 개의 블록 x가 된다. encoder는 블록 x를 패리티검사비트를 첨가하여 길이가 n인 블록 y로 생성해 낸다. 이때의 생성된 결과 y는 전송 중에 발생하는 에러를 검출, 정정

할 수 있게 하며, (n,k) 로 표시한다.

패리티 검사 비트는 $n-k$ 개이며, $n > k$ 가 성립한다.

$$y = Gx$$

(y : encoded data, x : source data, G : nk matrix)

수신 측에서는 오류가 발생한 경우엔 decoding과정을 통해 원래의 데이터를 복구할 수 있다

이러한 과정은 오류가 발생하였을 경우 수신 측에서 복구하게 함으로써 피드백요구와 재전송율을 낮출 수 있게 해 준다.

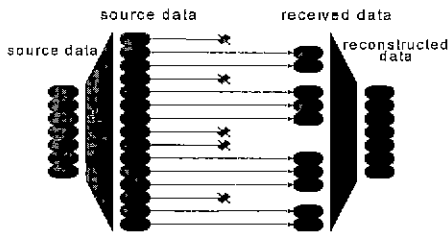


그림 1. Software FEC in communications

오류가 발생하였더라도 decoding을 통하여 원래의 데이터를 복구해 내도록 하는 FEC의 encoding의 정도를 조정해 줌으로써, 전송된 데이터가 손상되었다라도 수신자측에서 오류복구를 시도하고 decoding으로도 복원해 낼 수 없는 경우 다시 상위 수신자에게 재전송을 요구하는 방법을 이용하여 retransmission의 수를 감소시킴으로써 피드백 폭주 문제를 완화시킬 수 있으며 FEC 기법의 적용 범위를 설정하기 위해 계층구조를 이용하여 FEC 기법만의 단점을 극복하도록 한다.

3. 계층적 FEC를 이용한 혼잡제어

본 연구에서 몇가지 모델을 제안하게 되며, 각 모델들은 FEC와 ARQ를 차등적으로 전송하기 위한 적용영역을 제공하게 된다. 각 영역별로 오류가 적은 곳은 ARQ기법이 적용이 되고, 상대적으로 오류가 빈번하게 일어나는 곳은 FEC를 적용하여 전송함으로써 전체 오류상황을 모두 재전송에 의지하거나 FEC를 이용하는 방법보다는 재전송요구의 수를 적절히 조절하면서도 원하는 만큼의 전송률을 보장할 수 있도록 한다

3.1 상위 FEC-하위 ARQ 모델

상대적으로 여러 발생률이 적은 지역을 대상으로 하고 있는 경우에는 최하위 바로 상위 계층까지 데이터를 인전하게 전송해야 할 필요가 있다

최하위 바로 상위 계층까지 FEC기법을 이용하여 데이터가 안전하게 전송된 경우 최하위 계층을 관리하고 있는 상위계층에서 decoding을 수행하여 원래의 데이터를 하위계층으로 전송해 주게 된다.

이 경우 모든 수신자가 decoding을 수행할 필요는 없다. 최하위 계층은 항상 원래의 데이터를 받는다고 가정하고 동작하면 되며, 재전송을 받는 경우에도 바로 상위계층으로부터 응답 받을 수 있기 때문에 FEC를 처리하지 않아도 되는 처리시간과 응답시간의 단축을 얻어낼 수 있다.

상위계층은 자체적으로 오류복구를 시도한 후 실패하였을 경우에는 상위계층에게 재전송 요구를 통하여 FEC 데이터를 받게 된다.

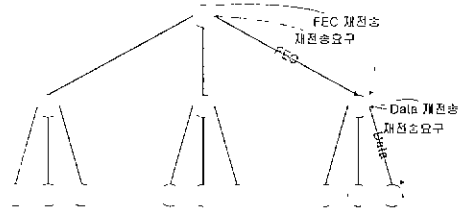


그림 2. 상위 FEC - 하위 ARQ

3.2 상위 ARQ-하위 FEC 모델

멀티캐스트데이터의 특성상 bulk data가 들어오거나 특정지역에서의 오류 발생률이 갑자기 높아지는 경우에는 전반적으로 피드백요구가 폭주하거나 재전송이 지나치게 높아질 수 있다.

상위계층까지는 원래의 데이터를 전송함으로써 빠른 전송과 상위계층의 상대적인 과부하를 방지하고 오류가 발생하였을 경우에는 ARQ를 통해서 복구하도록 함으로써 오류가 많지 않은 경우에 효율적으로 동작하도록 한다.

최하위 계층의 상위계층에서 FEC encoding을 통하여 하위계층으로 전달하고 하위계층에서는, 오류가 발생하였을 경우 자체적으로 복구할 수 있도록 하고 복구가 불가능한 경우에는 FEC 재전송을 요구함으로써 특정지역 내에서 발생하는 문제에 효율적으로 대처할 수 있도록 한다.

이 경우 수신자수가 많아질수록, 상위수신자가 하위수신자를 더 많이 거느리고 있을 경우 FEC가 좀더 효율적으로 적용된다.

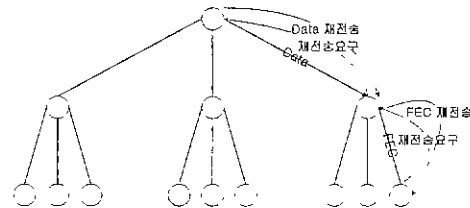


그림 3. 상위 ARQ - 하위 FEC

3.3 적응 ARQ-FEC 모델

일반적으로 네트워크 상황이 좋아서 오류발생빈도가 적은 경우에는 ARQ가, 오류발생비율이 높은 경우에는 자체로 오류를 정정할 수 있는 코드가 높은 효율을 나타내며[5], 수신자 수가 적은 경우에는 ARQ가, 수신자 수가 많은 경우에는 FEC가 더 높은 성능을 보인다[3].

상위수신자와 하위수신자들은 각각의 쌍으로서 독립적인 개념으로 작용하게 된다. 하위수신자들은 상위수신자에게서 전송 받은 일반적인 데이터가 오류가 발생하였을 경우 상위수신자에게 재전송을 요구하게 되고 상위계층은 이런 하위수신자들의 오류발생빈도를 분석하여 그것이 전반적 성능에 영향을 미친다고 판단될 경우 하위수신자들에게 알리고 FEC전송으로 전환하게 된다.

FEC전송으로 전환한 후부터는 재전송을 하는 경우에

도 FEC를 이용하여 전송함으로써 bulk data가 갑자기 폭주한 경우나 오류가 지속적으로 발생하는 경우에 적응성 있게 대처하도록 한다.

상위 수신자는 FEC로 전송을 하면서 그 상황이 좋아졌다고 판단될 경우에는 하위 수신자들에게 변경을 고지하고 다시 일반 데이터전송으로 전환하게 된다.

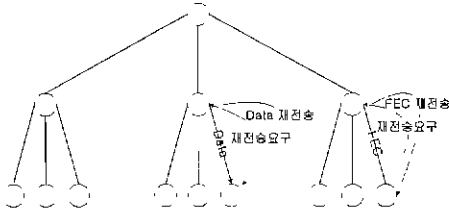


그림 4. 적응 ARQ - FEC

4. 모의실험

본 연구에서 제안한 모델기법을 검증하기 위하여 MS Windows NT 상에서 가상의 멀티캐스트 트리를 프로세스 로 구성하여 시뮬레이션을 수행하였다.

20개의 수신자들을 대상으로 랜덤하게 구성된 샘플 데이터를 전송하며, 각 계층은 각각의 모델에 맞는 해당 방법으로 데이터를 송수신하는 방식으로 수행된다.

[그림 5]는 제안된 모델들이 적용되었을 경우 일만큼의 성능향상을 기대할 수 있는지를 알아보기 위한 모의실험의 결과이다. 2%단위의 오류 발생률을 갖도록 설정한 후에 수행된 결과, 오류 발생률은 전송상황에 큰 영향을 미치며, 일반적인 재전송 방식에서는 오류 발생률이 증가할수록 폭발적으로 재전송요구가 증가함을 알 수 있다.

또한, 단순히 ARQ만을 사용해서 수행하는 방법보다 FEC기법을 적용하였을 경우 재전송요구가 상당한 수준 이하로 감소한다는 것은 Nonnenmacher, Towsley[3]의 연구에서 충분히 보여주고 있으며, FEC를 일부 적용한 ARQ-FEC, FEC-ARQ 모델에서도 그런 FEC의 장점을 반영한다는 것을 보여 주고 있다.

[그림 5]에서는 ARQ-FEC기법이 FEC-ARQ기법보다 비교적 적은 재전송 요구를 보여주고 있는데, 이는 수신자들을 계층적으로 구성하는 경우 수신자수가 많아질수록 FEC기법이 적용되는 수신자가 많기 때문에 오류 발생률이 더 적어짐으로써 재전송요구가 덜 증가하기 때문이다. 이는 하위 지역을 넓게 설정할수록 ARQ-FEC와 FEC-ARQ 기법의 차이가 더 커질 것으로 보이며, 수신자수가 많이 될수록, 상위수신자가 하위수신자를 더 많이 거느리고 있는 경우에도 그와 같은 차이가 나타날 것이다. 이와 같은 상황은 수신자 측에서의 오류 발생률이 높거나 수신자 측에서의 연속적인 오류발생이 일어거나 또는 bulk data가 들어오는 경우에도 좀더 효율적으로 대처할 수 있도록 한다

피드백 폭주 문제를 완화시킴으로써 retransmission의 수를 감소시킬 수 있으며, 각 계층의 환경에 따라 오류 발생률에 맞는 적절한 방법을 취하도록 함으로써 각 계층 내에서는 적정수준의 전송만으로도 원하는 만큼의 전송이 이루어질 수 있도록 하며 각 계층단위로 관리가 이루어지므로 급작스럽게 네트워크 상황이 나빠지는 경우에도 적절하게 수행될 수 있도록 할 수 있다.

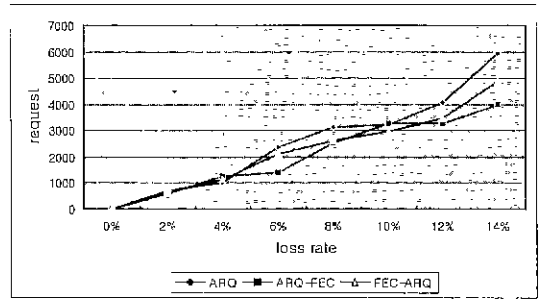


그림 5 모의실험 결과

5. 결론

본 연구에서는 멀티미디어 데이터가 다양한 수신자에게 전송이 되는 멀티캐스트 환경에서의 피드백 발생의 빈도와 재전송 횟수를 줄이기 위한 방법으로 FEC를 사용함으로써 혼잡과 재전송을 효율적으로 줄일 수는 있지만, FEC encoding과정과 encoding 된 데이터가 네트워크에 부담으로 작용될 수도 있는 상황을 해결하기 위해 네트워크를 계층적인 구조로 구성하고 ARQ와 FEC를 적절히 조절하여 적용하는 방법을 제안하였으며, 모두 FEC를 사용하지 않더라도 적절한 수준으로 재전송 수를 감소시킬 수 있음을 보여 주었다. 단, 모델을 어떻게 구성하는가가 성능에 영향을 미칠 수 있기 때문에 모델 구성을 적절하게 하는 것이 중요하다.

수신자수가 크지 않았기 때문에 ARQ-FEC 모델이 FEC-ARQ 모델보다 더 유연하게 대처할 수 있는 문제에 대한 검증이 이루어지지 않았으며, 제안한 방법이 실제 네트워크 상에서 유용하게 동작할 수 있기 위해서는 좀더 다양한 경우를 고려한 적절한 대처를 위한 알고리즘 개선과 다양한 환경에서의 실험이 필요하며, 적응 FEC기법에 대해서도 세부적인 모델링이 필요하다.

5. 참고문헌

- [1] Jean-Chrysostome Bolot, Thierry Turletti and Ian Wakeman, "Scalable Feedback Control for Multicast, Video Distribution in the Internet", *ACM SIGCOMM '94*, August 1994, pp58-67
- [2] Ingo Busse, Bernd Deffner and Henning Schulzrinne, "Dynamic Qos Control of Multimedia Appliation based on RTP", *Computer Communications*, January 1996
- [3] J. Nonnenmacher, Don Towsley, "Parity-Based Loss Recovery for Reliable Multicast Transmission", *Tech. Rep. 97-17*, March 1997
- [4] L. Rizzo, "Effective erasure codes for reliable computer communication protocols", *ACM Computer Communication Review*, April 1997
- [5] S. Lin, D. J. Costello, and M. J. Miller, "Automatic-repeat- request error-control schemes.", *IEEE Commun. Magazine*, 22(12):5-17, 1984
- [6] L. Rizzo, Lorenzo Vicisano, "A Reliable Multicast data Distribution Protocol based on software FEC techniques", *IEEE HPCS'97 Workshop*, June 1997