

통신 모델에서의 네트워크 혼잡 적응 버퍼에 관한 연구

최창범^o 이승룡

경희대학교

asurazero@hanmail.net^o, sylee@oslab.khu.ac.kr

Study of Network Adaptation Buffer for Communication Model

Changbum Choi^o Lee S.Y.

Kyunghee University

요 약

본 논문은 보다 빠른 네트워크 서비스를 제공하기 위하여 통신 모델에 적용되는 버퍼의 자료구조인 네트워크 혼잡 적응 버퍼를 소개하고 이의 성능을 분석한다.

이 버퍼는 1) 정적으로 할당된 버퍼의 용량을 입력되는 패킷의 수에 따라 동적으로 변경시킬 수 있으며, 2) 배열을 사용함으로써 빠른 메모리 접근과 최적의 용량으로 메모리를 할당할 수 있으며 3) 기존 혼잡제어 알고리즘에 쉽게 적용시킬 수 있다.

1. 서 론

지난 20년 간 컴퓨터 네트워크 환경이 급속도로 확산되고 일반화되어 새로운 네트워크 환경구축보다는 소프트웨어적인 접근을 통한 서비스의 품질 보장이 필요하게 되었다. 이에 따른 연구 중 하나가 네트워크의 패킷의 폐기를 최소화하는 것이다.

패킷의 폐기는 서버/클라이언트 모델에서 많은 수의 클라이언트들이 서버에 서비스를 요청하여 서버 컴퓨터가 이를 처리하는 과정에서 발생하는 송신 버퍼의 오버플로우 현상과, 서버가 속한 네트워크의 게이트웨이와 라우터에 패킷들이 집중되는 병목현상으로 게이트웨이와 라우터의 송신 버퍼에서 발생한다. 이와 같은 패킷의 폐기는 노드 간 패킷의 재전송을 야기하여 서비스의 품질(Quality of Service : QoS)과 실시간성을 만족시키지 못하게 한다[1].

이러한 패킷의 폐기를 줄이기 위해 제시된 방법 중 통신 모델의 개선의 방법에 Peer-to-Peer(이하 P2P) 모델이 있고, 통신 모델에 적용되는 여러 알고리즘들이 있다[2][3][4]. P2P 모델은 서버에 집중되는 부하를 해결하기 위해 컴퓨터 노드가 동시에 서비스를 제공하고 제공받을 수 있도록 하여 서버/클라이언트 모델에서 클라이언트의 요청으로 인해 서버에 연결된 네트워크에 발생하는 혼잡을 다른 피어(Peer)들로 분산시킴으로써 QoS와 실시간성을 보장하는 방법이다[5]. 하지만 이 통신모델 역시 게이트웨이와 라우터에 많은 패킷이 몰리게 되면 패킷이 폐기되게 된다.

따라서 이들 통신 모델과 혼잡제어 알고리즘들은 입력되는 패킷의 폐기를 막기 위해 트래픽의 완충 역할을 하는 버퍼를 사용하게 된다.

이들 모델과 알고리즘이 사용하는 버퍼는 용량을 너무 크게 하면 할당된 메모리 자원을 효율적으로 사용하지 못하게 되고,

반대로 용량을 작게 하면 사용 가능한 네트워크 대역폭을 모두 사용하지 못하여 네트워크 자원을 낭비하는 문제를 안고 있다. 따라서 버퍼의 용량을 할당할 시에 최적의 크기로 버퍼를 정하는 것이 필요하다[6]. 하지만 아무리 최적화된 용량으로 버퍼를 할당하고 여러 혼잡제어 알고리즘과 회피 알고리즘을 사용한다고 하더라도 네트워크의 불확실한 특성으로 인하여 네트워크 내에 혼잡이 발생하게 된다[7]. 게다가 송신 버퍼와 수신 버퍼가 동시에 있는 환경에서 어느 한 버퍼에 패킷이 집중하고 다른 버퍼에는 상대적으로 패킷이 집중하지 않을 시에는 메모리에 여유가 있음에도 불구하고 패킷이 집중하는 버퍼에 메모리를 할당하지 못하고 폐기하게 된다. 따라서 최적으로 할당된 버퍼를 사용하여 효율적으로 혼잡을 제어하기 위해서 버퍼의 용량을 동적으로 관리하는 기법이 필요하다[8]. 일반적으로 버퍼는 FIFO(First In First Out) 구조로 되어 있으며 그 구조를 이루는 자료구조에 따라 메모리의 효율과 용량, 그리고 용량을 효율적으로 관리하는 알고리즘의 복잡도를 결정하므로 어떤 자료구조를 사용하느냐가 버퍼 모델수립 시 중요한 요소 중의 하나이다. 이러한 점을 착안하여, 본 논문은 네트워크 통신 모델 및 혼잡 제어 알고리즘, 네트워크 구성요소에 적용할 수 있는 동량이 동적으로 관리되어 지는 Active Queue와, 이를 사용한 적응적인 이중 버퍼 (Adaptive Double Buffer, 이하 ADB) 모델을 소개하고 각 통신 모델과 알고리즘에 적용한 결과를 분석한다[9]. 한편, 본 논문에서 제시하려고 하는 버퍼 모델은 각 통신 모델에서 일반적으로 제공하는 TCP/IP에서 사용하는 송 수신 버퍼로 가정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 각 서비스 모델과 여러 알고리즘에서 사용하는 버퍼 모델의 특징을 비교, 분석하며, 제3장에서는 메모리의 제약과 폭주를 대처할 수 있는 Active Queue를 사용한 ADB 모델을 간략히 소개한다. 제4장에서는 소개된 각 버퍼 모델에 대한 각 통신 모델과 알고리즘에서의 시뮬레이션을 통한 결과를 비교 분석한다. 마지막으로

제5장에서는 결론을 다루며, 향후 수행되어야 할 연구방향을 제시한다.

2. 관련 연구

앞에서 소개한 통신 모델과 혼잡제어 알고리즘의 버퍼 자료 구조는 FIFO(First In First Out)형식으로 관리되어지며, 이들 버퍼의 자료구조의 특성에 따라 버퍼의 특성이 결정된다. 즉, 버퍼의 자료구조에 따라 메모리 공간과 처리속도를 희생함으로써 버퍼의 용량을 동적으로 관리하여 패킷 손실에 따른 재전송을 줄일 수 있기도 하며, 메모리 공간과 처리속도가 빠른 이점이 있는 대신 메모리 공간의 제약받아 용량을 동적으로 관리할 수 없는 버퍼가 될 수 있다.

2.1 배열

배열을 자료구조로 가지는 버퍼는 메모리 공간에 패킷만을 담을 수 있는 공간을 할당함으로써 어떠한 메모리 공간의 낭비 없이 최적의 용량으로 메모리를 사용할 수 있다. 또한 인덱스를 사용하는 배열의 특성으로 메모리에 접근 속도가 빠른 장점이 있다. 하지만 배열은 정적으로 할당되어지기 때문에 네트워크에서 혼잡이 발생하였을 때 버퍼를 동적으로 관리할 수 없고, 또한 두 개의 버퍼 중 한 쪽은 꼭주고 다른 쪽은 여유가 있을 경우 여유 공간을 활용하지 못하는 단점이 있다.

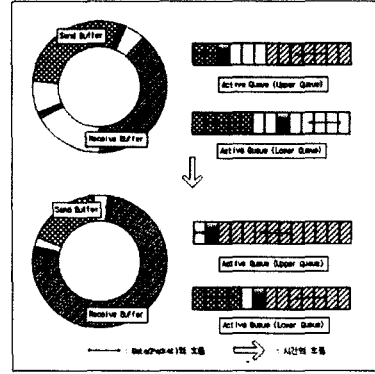
2.2 리스트

리스트를 자료구조로 사용하는 버퍼는 자유 리스트 개념을 사용하여 버퍼에 메모리가 필요할 시에 자유리스트에 있는 노드를 가져옴으로써 버퍼의 용량을 동적으로 관리할 수 있는 장점이 있다. 따라서 네트워크 상에 많은 패킷이 유입될 때 메모리 공간이 필요한 버퍼에 메모리를 할당할 수 있다. 하지만 리스트를 사용한 버퍼의 경우, 패킷의 크기가 작을 수록 노드를 관리하기 위한 메모리 공간의 용량 낭비와 각 노드의 주소를 관리하여 이를 처리할 때 발생하는 연산으로 인하여 속도에서 비효율적이다.

3. Adaptive Double Buffer Algorithm

ADB 모델은 FIFO 형식으로 버퍼를 관리하며 두 개의 메모리 공간을 두 개의 버퍼가 서로 공유하여 사용함으로써 한 쪽 버퍼에 유류 부분이 거의 없고, 다른 쪽 버퍼에 유류 부분이 많을 경우, 다른 버퍼의 여유 공간을 사용할 수 있는 방법이다. ADB 모델은 물리적 공간을 두 개의 논리적 버퍼가 공유할 수 있도록 물리적인 메모리 공간에 두 개의 논리적인 시작과 끝을 설정하고, 두 개의 영역을 구분하기 위한 경계를 포함하고 있는 Active Queue란 자료구조로 구성되어지며 이는 일반의 배열과 같이 정적으로 할당된다. ADB 모델의 경계는 논리적 버퍼의 끝을 의미하며, 이 경계를 유입되는 패킷의 양에 따라 조절함으로써 버퍼의 용량을 동적으로 제어할 수 있다<그림

1>. 따라서 ADB 모델은 어느 한 버퍼가 꼭주고 다른 버퍼에 유류 메모리가 있을 때 유류메모리를 꼭주한 버퍼에 할당할 수 있어 재전송을 막을 수 있다.

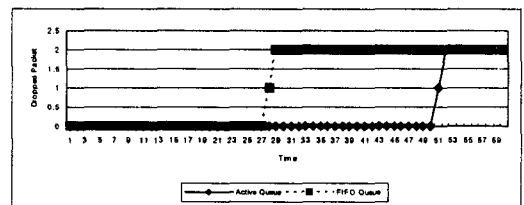


< 그림 1 버퍼의 동적 할당 >

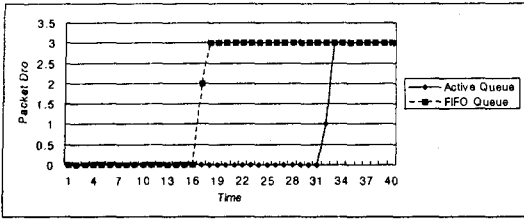
ADB 모델은 버퍼에 유입되는 패킷의 양에 따라 경계를 변화시켜 용량을 결정하기 때문에 동적으로 그 양을 변화시킬 수 있고, 메모리를 배열의 구조로 할당하였기 때문에 배열의 장점을 지니고, 리스트 구조의 단점인 포인터 변수, 포인터 연산을 사용하지 않는다. 또한 일반적인 FIFO 방법으로 관리되어지고, 경계 위치를 통해 버퍼의 용량이 결정되기 때문에 경계 위치와 버퍼의 사용률을 모니터링하면 네트워크의 혼잡을 예측하는 데 도움을 줄 수 있으며 배열로 구성되어 있으며 기본 구조는 동일하기 때문에 여러 혼잡제어 알고리즘을 쉽게 적용시킬 수 있다.

4. Adaptive Double Buffer 모델의 성능 평가

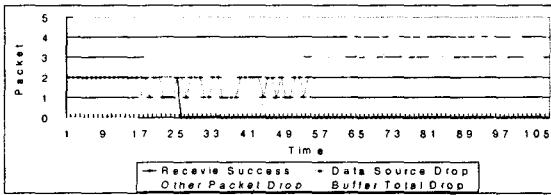
ADB 모델의 성능평가는 일반적으로 구성되어진 네트워크 환경에 각 통신 모델을 사용하여 통신할 때 발생하는 패킷의 폐기를 시뮬레이션 하였으며 일반적인 버퍼와 ADB 모델의 성능을 비교, 분석할 것이다. 이렇게 설정한 네트워크와 시나리오는 Window 2000 Server 운영체제 환경에서 MFC(Microsoft Foundation Class) 기반의 네트워크 시뮬레이터를 작성하여 시뮬레이션을 수행하여 실험하였으며 실험 결과 ADB 모델이 일반 버퍼 모델보다 훨씬 효과적으로 수용할 수 있음을 확인할 수 있다.



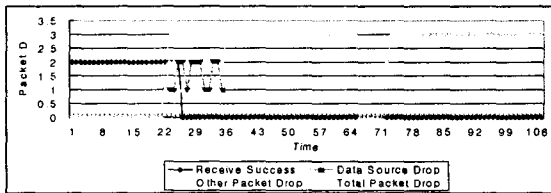
<그림 2 Gateway & Router : Queue Size 50>



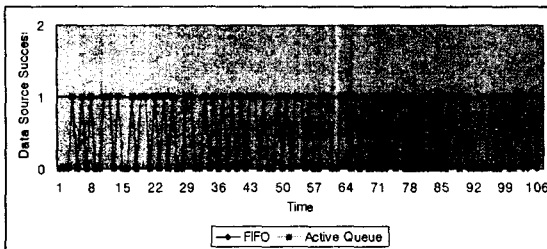
<그림 3 Server Send Buffer : Queue Size 50>



<그림 4 일반적인 버퍼의 사용하는 Peer의 버퍼 폐기>



<그림 5 ADB를 사용하는 Peer의 버퍼 폐기>



<그림 6 사용자 컴퓨터에 도착한 패킷 분석>

<그림 2,3,4,5>는 각 통신 모델에서 사용되는 버퍼의 자료구조에 따른 패킷의 폐기를 나타낸다. 그림을 참조해 보면 모든 경우에서 ADB 모델이 50% 정도 패킷을 수용함을 확인할 수 있다. 또한 <그림 6>은 서비스 패킷과 다른 응용프로그램의 패킷을 네트워크의 라우터를 통하여 사용자 컴퓨터로 전송된 패킷을 나타내며, 서비스 패킷의 경우 1로 표시하고, 다른 종류의 패킷인 경우 0으로 표시하였다. 이 자료를 분석해 보면 총 50개의 서비스 패킷을 받는 데 있어서 ADB의 경우 103초가 걸렸으며, 일반적인 FIFO 버퍼인 경우 107초가 걸렸다. 이는 ADB를 사용함으로써 일반적인 FIFO 버퍼를 사용한 것보다 패킷의 폐기를 줄임으로써 QoS를 보장하는 것을 나타낸 것이다.

5. 결론

본 논문에서 제시한 혼잡 적응 버퍼 모델은 배열로 이루어진 버퍼와 달리 어느 한 버퍼가 폭주하게 되어도 다른 버퍼의 여유 공간을 폭주한 버퍼에 할당함으로써 할당된 메모리의 효율성을 증진시키고 패킷의 폐기를 줄일 수 있음을 보여주었다. 이는 기존의 FIFO 버퍼 모델과는 달리 송수신 버퍼를 논리적으로 관리함으로써 버퍼에 할당된 메모리의 사용률을 높이며, 폭주한 버퍼에 여유가 있는 버퍼에서 여유 공간을 할당하여 패킷 손실을 최소화할 수 있도록 송신, 수신버퍼가 두 개의 큐를 공유하기 때문이다.

한편, 혼잡 적응 버퍼 모델은 버퍼의 경계를 빈 공간으로 사용하기 때문에 패킷의 크기가 클 수록 버퍼의 사용률이 감소한다. 또한 한 버퍼가 다른 버퍼의 공간을 사용하면 할 수록 다른 버퍼가 이 공간을 사용하기 위한 버퍼 회복시간이 필요하다. 그러나 이는 후에 다른 혼잡제어 기법과 ADB 모델과의 연동을 통해 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 문제점을 개선한다면 ADB 모델은 컴퓨터 통신 모델에서의 메모리 효율성 증대와 QoS를 지원하고 실시간성을 극대화할 하는 혼잡 적응 버퍼 모델이 될 것이다.

참고문헌

- [1] Serain, D., "Client/server: Why? What? How? ", IEEE International Seminar on Client/Server Computing, Seminar Proceedings, IEE Colloquium on , Volume: 1, Page(s): 1/1 -111 vol.1, 30-31 Oct. 1995
- [2] Feng W.-C., Kandlur, D.D., Saha D., Shin K.G., "A self-configuring RED gateway", INFOCOM '99. Eighteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE , Volume: 3 , Page(s): 1320 -1328 vol.3,21-25 March 1999
- [3] Ott T.J, Lakshman T.V., Wong L.H., "SRED: stabilized RED", INFOCOM '99. Eighteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE , Volume: 3, Page(s): 1346 -1355 vol.3, 21-25 March 1999
- [4] Wu-chang Feng, Shin K.G., Kandlur D.D., Saha D., "The BLUE active queue management algorithms", Networking, IEEE/ACM Transactions on , Volume: 10 Issue: 4,Page(s): 513 -528, Aug. 2002
- [5] Fox, G., "Peer-to-peer networks", IEEE, Computing in Science & Engineering , Volume: 3 Issue: 3, Page(s): 75 -77, May-June 2001
- [6] Amit Cohen , Reuven Cohen, "A Dynamic Approach for Efficient TCP Buffer Allocation", IEEE Transaction on Computers VOL.51. NO.3, March 2002
- [7] W. Leland, M. Taqqu, W. Willinger, D. Wilson, "On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version)", IEEE/ACM Transactions on Networking, 2(1), pp. 1-15, February 1994.
- [8] S. Floyd, et al, "Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet." RFC 2309, April. 1998.
- [9] 이정찬, 최창범, 이승룡, "모바일 인터넷 환경을 위한 적응형 멀티미디어 버퍼관리 기법", 한국통신학회, '2003 하계 학술 발표 초록집' p.45, 2003.