

Blocking Probability Fairness 보장을 위한 MBAC 메커니즘

진 민숙^o, 김 기일, 김 상하
충남대학교 컴퓨터학과
e-mail : shkim@cclab.cnu.ac.kr

MBAC Mechanism for blocking probability fairness guarantee

Min-Sook Jin^o, Ki-Il Kim and Sang-Ha Kim
Dept. of Computer Science, Chungnam National University

요 약

IP 망에서 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위하여 요구되는 것이 수락 제어이다. 기존의 수락 제어 메커니즘은 크게 RSVP(Resource Reservation Protocol) 시그널링 방법과 MBAC(Measurement Based Admission Control)로 분류된다. 첫번째 방법의 경우 코어 망에서 각 플로우마다 상태를 유지해야 하는 확장성 문제때문에 적용이 쉽지 않고, 두 번째 방법의 경우 긴 경로를 가진 플로우의 경우 짧은 경로를 가진 플로우에 비해 블로킹 확률이 높아지는 문제점이 있다. 본 논문에서는 IP 코어 망에서 사용자의 QoS 요구사항과 서로 다른 경로상의 플로우간 블로킹 확률의 공평성을 위한 TPED MBAC(Two-Phase Edge-to-Edge Distributed Measurement Based Admission Control) 메커니즘을 제안한다. 이 MBAC 메커니즘은 수락 제어를 Quantitative Provisioning 단계와 Qualitative Provisioning 단계로 나누어 수행하며 프로빙 패킷 전송을 위해 홉 카운터에 기반 한 WRR(Weighted Round-Robin) 스케줄링을 적용함으로써 각 플로우간의 블로킹 확률의 공평성을 제어할 수 있는 메커니즘이다.

1. 서론*

기존의 IP망은 사용자의 QoS를 고려하지 않는 최선형(best effort) 서비스와 같은 데이터 전송 서비스를 주로 제공하였으며 차별은 가격 구조나 연결형태에 따라 구분되었다. 그러나, 최근 IP망은 증가하는 인터넷 서비스 사용자들과 ISP(Internet Service Provider)들에 의해 멀티미디어와 같은 새로운 서비스를 제공하게 되었으며 이를 위해 IP망에서도 QoS 보장 기술이 요구되고 있다[1].

이에, IP망에서의 QoS보장을 위해서 수락 제어가 요구되고 있다. 수락 제어는 사용자가 요구하는 패킷의 손실 확률을 보장해 줄 수 있는 신뢰성 있는 경로를 망에서 제공할 수 있도록 망 자원을 할당하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해, 기존 공중망에서는 사용자

가 연결 설정 요구 시 제시한 파라미터(최대비율, CDV 등)들을 기준으로 수락 제어를 수행하는 파라미터를 기본으로 하는 CAC(Call Admission Control) 방법을 주로 사용하였다. 그러나, 이는 망내 각 노드에서 설정 요구된 각 연결에 대한 파라미터 및 상태를 관리해야 하므로 이를 IP망에 적용할 경우 확장성 문제가 발생한다. 따라서, 실제로 통합서비스 망에서 RSVP를 이용한 수락 제어는 확장성 문제로 인하여 IP 코어 망인 차별화 서비스 망에 적용하기가 쉽지 않다.

위의 문제점 해결을 위해, 실제 대역 사용량을 측정하여 수락 제어를 수행할 수 있는 MBAC 메커니즘이 연구되고 있다. 이는 연결 설정 단계에서 프로빙 패킷을 이용하여 경로상의 각 노드에 충분한 대역이 있는지를 측정하여 그 결과에 따른 수락 제어를 수행함으로써 각 연결상태나 파라미터 등을 관리할 필요가 없다. 따라서, 파라미터를 기본으로 하는 CAC의 문제점인 확장성을 해결할 수 있다.

* 본 논문은 BK21 대전.충남 정보통신 인력양성사업단 RA 에 의해 지원되었습니다.

그러나, MBAC 메커니즘은 근본적으로 측정에 기반을 둬으로써 많은 노드를 경유하는 경로의 플로우에는 적은 노드를 경유하는 경로의 플로우보다 블로킹 확률이 높은 단점이 있다[2].

2장에서는 현재 IP망에서 연구되고 있는 MBAC 메커니즘에 대한 개념과 기존 MBAC 메커니즘의 문제점을 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 MBAC 메커니즘을 기술하였다. 4장에서는 제안된 메커니즘에 대한 성능 평가를 위한 시뮬레이션 모델과 파라미터 및 결과를 제시한다. 결론과 함께 향후 연구 방향은 5장에서 제시한다.

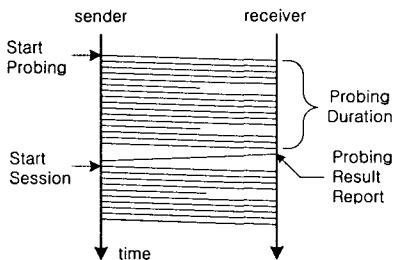
2. MBAC 메커니즘

MBAC 메커니즘은 IP코어 망의 노드에서 각 플로우의 상태나 파라미터 값들을 저장하지 않고 수락 제어를 수행할 수 있는 방법으로 IP망의 확장성과 QoS 요구 사항을 보장할 수 있는 방법이다[3][4].

2.1 MBAC 절차 및 각 노드의 기능

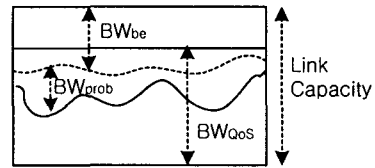
MBAC의 절차는 [그림 1]과 같이 프로빙 패킷 전송 단계와 세션 패킷 전송 단계로 나누어 진다. 프로빙 패킷 전송 단계에서는 송신자가 세션 패킷 전송 단계에서 전송할 데이터의 최대 비율로 프로빙 패킷을 전송하게 된다. 수신자측에서는 첫번째 프로빙 패킷을 수신하면 프로빙 지속시간 동안 수신되는 프로빙 패킷들을 측정한다. 프로빙 패킷들에 대한 측정이 끝나면 수신자는 측정된 프로빙 패킷들을 분석하고 전송 경로상에 충분한 대역이 보장되는지 CAC 알고리즘을 수행하여 설정 요구에 대한 결과를 송신자로 보낸다. 설정 요구에 대한 판단은 일반적으로 프로빙 패킷의 손실 확률이 사용자가 요구한 대상의 손실 확률에 대한 임계치보다 작을 때 새로운 플로우를 받아들이는 알고리즘들을 사용한다.

프로빙 패킷을 데이터 비율의 최대 비율로 전송함으로써 사용자가 요구하는 QoS의 상위경계로 망에 부하를 주어 경로상의 망 상태를 측정할 수 있다. 한편, 측정시간이 끝난 후에 전송되는 프로빙 패킷들은 수신측에서 모두 드랍시키며 한번 시도하여 망의 폭주로 인해 플로우가 절단되거나 설정이 실패하면 새로운 프로빙 패킷 전송은 임의의 시간 후에 다시 시도한다.

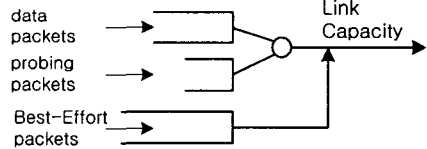


[그림 1] MBAC 메커니즘 절차

위와 같은 MBAC 메커니즘을 지원하기 위하여 각 노드에서는 [그림 2(a)]와 같은 전송 대역 관리 및 버퍼 관리 방법을 지원하여야 한다. 먼저 망내 전송 대역을 QoS 보장 서비스와 최선형 서비스로 나누어 사용하는데 최선형 서비스는 이 서비스에 할당된 전송 대역과 QoS 보장 서비스가 사용하고 남은 대역까지 사용할 수 있다. 그리고, QoS 보장 서비스 대역내에서도 실제 세션 데이터가 사용하고 남은 대역은 프로빙 패킷을 전송하는데 사용한다. 이와 같은 전송 대역 관리 방법을 지원하기 위해 각 노드에서의 버퍼 관리 방법은 [그림 2(b)]와 같이 QoS 보장 서비스 대역은 이미 설정된 세션 데이터 트래픽에 최상의 우선순위를 주어 서비스하는데 non-work conserving scheduling을 이용하여 할당된 대역 이상으로 서비스되지 않도록 한다. 또한, 세션 데이터 교환을 서비스하고 남은 대역은 새로운 연결 요구를 위한 프로빙 패킷을 낮은 우선순위로 서비스되도록 스케줄링한다.



(a) 전송 대역 관리 방법

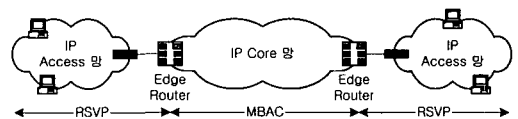


(b) 버퍼 관리 방법

[그림 2] MBAC를 위한 노드 기능

2.2 단대단(Edge-to-Edge) MBAC

현재, MBAC 메커니즘은 주로 사용자 단말간에 수락 제어를 수행하는 단대단 MBAC 메커니즘이 연구되고 있다[3][4]. 본 논문에서는 IP망을 [그림 3]과 같이 RSVP를 사용하는 IP액세스 망과 단대단 MBAC 메커니즘을 사용하는 IP코어 망으로 구분한다. IP코어 망에서는 기존의 차별화 서비스망 개념과 같이 복잡한 기능을 수행하여야 하는 RSVP와 MBAC 메커니즘은 예지 라우터에 구현하고 코어 라우터에서는 QoS 보장을 위한 서비스 등급에 따른 버퍼 관리 기능만을 수행하는 망 구조를 제안한다.



[그림 3] 제안된 MBAC를 이용한 망 구조

3. 제안 메커니즘

본 논문에서 제안하는 TPED MBAC는 수락 제어를 단순한 시그널링 패킷을 사용하여 사전에 미리 대역을 점검하는 Quantitative provisioning 단계와 프로빙 패킷을 보내어 실질적인 QoS 규정을 수행하는 Qualitative provisioning 단계로 나누어 수행한다.

- Quantitative Provisioning 단계

- 1) 새로운 플로우의 설정이 요구되면 시작 단 노드에서 끝 단 노드로 BWreq(BandWidth Request) 메시지를 보내어 요구한 대역이 도메인의 경로상에서 수용 가능한지를 점검한다.
- 2) 새로운 플로우의 수용 여부는 경로상의 각 노드에서 요구 대역의 프로빙 대역과 현재 노드에서 사용 중인 대역의 합과 전체 대역폭의 비교로 결정한다. 이때, 현재 사용량과 새로운 플로우에서 요구한 대역폭을 더하여 현재 시점에서 수용 가능한지만 통보한다.

$$BW_{\text{session data}} + (BW_{\text{prob}} + BW_{\text{new prob}}) \leq BW_{\text{QoS}}$$

- 3) 경로상의 각 노드에서 새로운 플로우를 수용할 수 없을 경우, 바로 BWrep(BandWidth Reply) 메시지를 시작 단 노드로 전송한다.
- 4) BWrep 메시지에 는 홉 카운터와 새로운 플로우의 수용 여부를 파라미터로 지정한다.
- 5) Quantitative Provisioning 단계에서 새로운 플로우의 수용이 거절될 경우, 시작 단 노드에서는 프로빙 패킷을 보낼 필요가 없다.

이는 경로상의 중간 링크에서 폭주가 발생되어 있을 경우, 기존의 메커니즘에서는 그대로 프로빙 패킷을 전송하여 폭주 노드에서 전부 손실되지만 제안된 메커니즘에서는 Quantitative Provisioning 단계에서 사전에 이를 검출할 수 있기 때문이다.

- Qualitative Provisioning 단계

- 1) Quantitative Provisioning 단계에서 새로운 플로우의 수용이 가능할 경우, 시작 단 노드에서는 새로운 플로우에 대한 사용자의 QoS를 보장할 수 있는지를 점검하기 위해 프로빙 패킷을 끝 단 노드로 전송한다.
- 2) 이때, 제안 메커니즘에서는 기존의 MBAC 메커니즘이 갖고 있는 경로 길이에 따른 블록킹 확률의 비공평성을 보상해 줄 수 있는 방안으로서 긴 경로를 점유하는 프로빙 패킷과 단 거리의 프로빙 패킷을 구분하여 BWrep 메시지의 홉 카운터를 기반으로 WRR 스케줄링을 적용시킨다.
- 3) 이에 대해 끝 단 노드에서는 프로빙 지속시간 동안 프로빙 패킷을 측정하여 대상이 손실되는 확률에

대한 임계치와 비교하여 수용 여부를 결정하고 시작 단 노드로 결과를 통보한다. 이때, 프로빙 패킷은 경로상의 각 노드에서 세션 데이터 패킷보다 낮은 순위로 송신됨으로 프로빙 패킷의 손실 확률은 사용자가 요구하는 대상이 손실되는 확률보다 10¹ 정도 높게 임계치를 정한다. 한편, 프로빙 시간은 대상이 손실되는 확률에 따라 임의로 정해질 수 있다. 또한, 새로운 세션 데이터 플로우를 추가한 MLP(Measured Loss Probability)는 다음과 같이 계산한다.

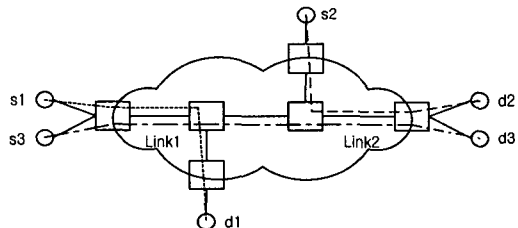
$$MPL = \frac{\text{측정된 균집 트래픽} - \text{총대역폭}}{\text{측정된 균집 트래픽}}$$

여기서, 측정된 균집 트래픽 = 세션 데이터 트래픽 + 새로운 세션 데이터 트래픽이고 총 대역폭은 전송 링크 용량 중 QoS 보장 서비스를 위해 할당된 대역을 의미한다. 또한, (.)⁺ = max(0, .)를 나타낸다.

4. 성능 평가

4.1 시뮬레이션 모델 및 파라미터

본 논문에서 제안하는 TPED MBAC 메커니즘의 성능 평가를 위한 시뮬레이션 모델은 [그림4]와 같이 구성된다. 이 시뮬레이션 모델에서 프로빙 패킷은 단 노드간에 전송되며 파킹 랫(parking lot) 모델로 구성되어 s3와 d3사이에 link1과 link2를 경유하는 스트림3과 link1만 경유하는 스트림1 및 link2만 경유하는 스트림2간의 path 길이에 따른 블록킹 확률의 비공평성에 대한 성능 평가를 수행할 수 있다.



[그림 4] 시뮬레이션 모델

성능 평가를 위한 시뮬레이션에는 ns-2(Network Simulation)를 사용하였으며 파라미터들은 다음 [표 1]과 같다. 또한, 각 스트림에 부여되는 로드(load)는 다음과 (식 1)과 같이 정의한다.

$$\text{Load} = \frac{\text{Mean holding time}}{\text{Call attempt time interval}} \quad (\text{식 1})$$

[표 1]은 시뮬레이션에 사용된 각 파라미터와 값을 나타낸다.

Link Capacity	45 Mbps
Queue Size	Data : 10, Probe : 10
Scheduling Algorithm	우선순위 스케줄링 WRR 스케줄링

Buffer Management	FIFO
Session Data	Traffic : Exponential On-Off model Mean rate : 1.8 Mbps Peak rate : 5 Mbps Mean holding time : 30 sec Packet size : 100 byte
Probe Data	Traffic : CBR(Constant Bit Rate) Peak rate : 5 Mbps 측정 간격 : 1 sec

[표 1] 시뮬레이션 파라미터

4.2 시뮬레이션 결과

[표2]는 Link2에 스트림2와 스트림3의 로드를 각각 6.66으로 병목이 발생하는 상황에서 스트림1의 로드가 3.33에서 5, 6.66으로 증가될 때 짧은 경로를 경유하는 스트림2와 긴 경로를 경유하는 스트림3의 블로킹 확률의 공정성이 유지되는 것을 보여주는 결과로 먼저 기존의 MBAC 메커니즘은 [표2(a)]와 같이 스트림1의 로드가 높아짐에 따라 긴 경로를 경유하는 스트림3의 블로킹 확률이 급속도로 증가하는데 반하여 제안된 TPED MBAC 메커니즘은 경유하는 홉 카운터에 기반한 프로빙 패킷의 우선순위에 따라 WRR 스케줄링을 사용함으로써 [표2(b)]와 같이 스트림1의 로드가 증가해도 각 스트림의 손실 확률이 비슷하게 유지됨을 알 수 있다.

스트림 1의 로드	기존 MBAC의 블로킹 확률 (%)		
	스트림 1	스트림 2	스트림 3
3.33	0.8	16.1	24.6
5	4.1	11.6	26.9
6.66	9.4	8.0	37.2

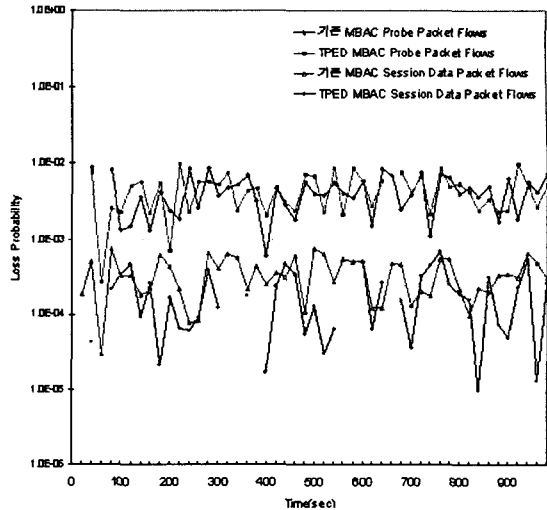
(a) 기존 MBAC에서의 블로킹 확률

스트림 1의 로드	제안된 TPED MBAC의 블로킹 확률 (%)		
	스트림 1	스트림 2	스트림 3
3.33	2.6	22.4	12.1
5	7.1	20.1	15.6
6.66	18.8	18.3	16.1

(b) 제안된 TPED MBAC에서의 블로킹 확률

[표 2] 스트림 1의 로드변화에 따른 블로킹 확률

[그림5]는 대상이 손실되는 확률이 10^{-3} 일 때 제안된 TPED MBAC 메커니즘이 [표2]와 같이 블로킹 확률의 공정성을 유지하면서 세션 데이터 패킷에 대해 대상이 손실되는 확률 10^{-3} 을 만족시켜 주는 결과를 보여 주고 있다. 여기서, 프로빙 패킷에 대한 손실 확률은 대상이 손실되는 확률보다 10배 정도 높게 임계치를 두어 수락 제어를 수행한 결과이다.



[그림 5] probe와 세션 패킷 손실 확률

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 사용자의 QoS 요구 사항 및 경로 길이에 따른 플로우간 블로킹 확률의 공정성을 보장해 줄 수 있는 TPED MBAC 메커니즘을 제안하였다. 또한, 제안한 메커니즘에 대한 성능 평가를 위해 ns-2시뮬레이터를 이용하여 블로킹 확률 및 손실 확률에 대한 시뮬레이션 결과를 제시하였다.

또한, 이러한 MBAC 메커니즘을 이용하여 앞으로 대형화되는 IP망에서 사용자의 QoS를 보장해 줄 수 있는 망 구조를 제시하였다. 제안된 메커니즘에서 추후 고려할 사항으로는 다양한 요구사항 트래픽을 적용하여 다양한 트래픽 클래스에 대해 TPED MBAC 메커니즘을 적용할 수 있는 방법을 제시할 예정이다.

참고문헌

[1] L. Mathy, C. Edwards and D. Hutchison, "The Internet: A Global Telecommunications Solution.," IEEE Network Magazine, pp.46-57, July/August 2000.
 [2] L. Breslau, S. Jamin and S. Shenker, "Measurement-Based Admission Control: What is the Research Agenda?," IEEE IWQoS'99, pp.3-5, 1999.
 [3] G. Bianchi, A. Capone and C. Petrioli, "Throughput Analysis of End-to-End Measurement-Based Admission Control in IP," IEEE INFOCOM 2000, pp.1461-1470, 2000.
 [4] V. Elek, G. Karlsson and R. Ronngren, "Admission Control Based on End-to-End Measurements," IEEE INFOCOM 2000, pp.1471-1480, 2000.