실시간 / 비실시간 트래픽의 효율적인 scheduling 방안

채희중*
*성균관대학교, 전자전기컴퓨터공학과 (zavarat@skku.edu)

An efficient scheduling method for real-time and non real-time traffic

Hee-Jung Chae*
*Sungkyunkwan University, Electrical and Computer Engineering (zavarat@skku.edu)

Abstract - 본 연구는 무선 통신 시스템에서 다수의 가입자 또는 connection이 존재할 때 트래픽 패킷의 전송 우선순위를 결정하는 방법에 관한 것으로, 특히 시스템 상에 QoS를 만족해야하는 실시간 트래픽 전송을 요구하는 connection과 비실시간 트래픽 전송을 요구하는 connection이 동시에 존재하는 경우에 대한 것이다.
패킷 기반의 시스템에서 각 frame에 할당하는 트래픽 패킷의 우선순위를 결정하는 방법이 반드시 존재해야 한다. 가입자 당 전송하는 트래픽 패킷은 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 구분할 수 있다. 실시간 트래픽 전송의 경우 허용전송지연시간 내에 전송하지 못하는 패킷이 발생할 확률을 일정 수준 이하로 유지하는 것이 중요하기 때문에, 일반적으로 비실시간 트래픽에 비해 우선순위를 가진다. 본 연구에서는 실시간 트래픽에 대해 허용전송지연시간 초과 패킷 확률을 일정 수준 이하로 유지하면서, 비례적인 방법을 통해 비실시간 트래픽 패킷에 대한 실시간 트래픽 패킷의 우선순위를 제한하여 시스템의 평균 throughput을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 시뮬레이션을 통해 분석한 결과 비례적인 방법을 통해 실시간 트래픽 패킷을 보다 효율적으로 전송할 수 있다는 것을 검증할 수 있었다.

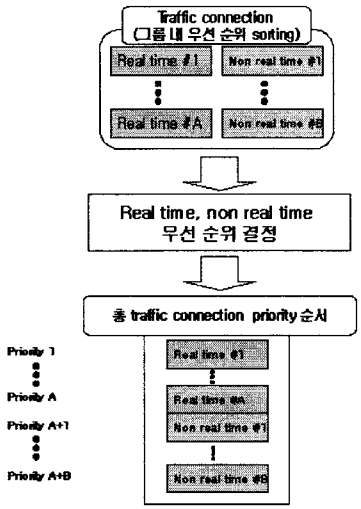
1. 서 론

무선 통신 시스템에서 다수의 가입자 또는 connection이 존재할 때 트래픽 패킷의 전송 우선순위를 결정하는 방법이 필요하다. 특히 시스템 상에 QoS를 만족해야하는 실시간 트래픽 전송을 요구하는 connection과 비실시간 트래픽 전송을 요구하는 connection이 동시에 존재하는 경우에 대해 결정하는 방법에 따라 전체적인 시스템 성능은 영향을 받을 수 있다.
패킷 기반의 시스템에서 각 frame에 할당하는 트래픽 패킷의 우선순위를 결정하는 방법이 반드시 존재해야 하며, 가입자 당 전송하는 트래픽 패킷은 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽으로 구분할 수 있다. 일반적으로 실시간 트래픽 전송의 경우 허용전송지연시간 내에 전송하지 못하는 패킷이 발생할 확률을 일정 수준 이하로 유지하는 것이 중요하기 때문에, 일반적으로 비실시간 트래픽에 비해 우선순위를 가진다. 본 연구에서는 실시간 트래픽에 대해 허용전송지연시간 초과 패킷 확률을 일정 수준 이하로 유지하면서, 비례적인 방법을 통해 비실시간 트래픽 패킷에 대한 실시간 트래픽 패킷의 우선순위를 제한하여 시스템의 평균 throughput을 향상시키는 것을 검증하고자 한다.

2. 본 론

2.1 일반적인 scheduler

일반적인 스케쥴러에서는 실시간 트래픽은 비실시간 트래픽에 비해 절대적인 우선순위를 가진다. 허용전송지연시간이 없는 비실시간 트래픽은 전송지연에 크게 제약을 받지 않기 때문에 실시간 트래픽이 모두 할당되고 남는 자원이 있을 경우에만 전송하는 방법을 사용하였다. 이를 도식화 하면 그림 1과 같다. 그림 1에서는 각 트래픽 패킷을 우선순위 순서대로 정렬한 것을 보여 주고 있다.
그러나 이러한 방식에서는 다음과 같은 문제점이 존재한다. 무선 통신 시스템의 경우 무선 channel 환경이 사용자의 이동 및 주변 환경의 변화에 따라 변한다. 효율적인 데이터 전송을 위해 각 가입자에게 무선 channel 환경이 비교적 좋을 때 데이터 전송을 할당하는 것이 필요하다. 실시간 트래픽 패킷에게 비실시간 트래픽 패킷에 비해 절대적인 우선순위를 부여해서는 실시간 트래픽 패킷은 무선 channel 환경이 좋지 않고 허용전송지연시간에 여유가 있는 경우에도 전송 우선순위를 가지게 되고, 반대로 비실시간 트래픽 패킷은 channel 환경이 좋아도 실시간 트래픽 패킷의 할당이 완료되고 여분의 자원이 남기 전까지는 데이터를 전송할 수 없다.

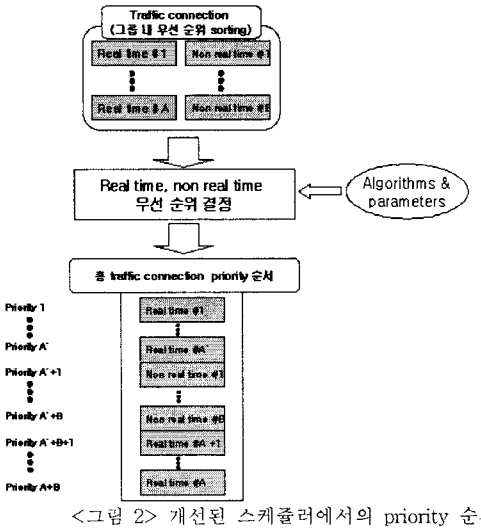


<그림 1> 일반적인 scheduler

2.2 개선된 scheduler

2.2.1 개요

본 연구에서는 실시간 트래픽 패킷의 전송지연으로 인한 손실을 어느 수준 이하로 유지하면서 시스템의 평균 throughput을 높이는 것을 목적으로 한다. 이를 위해, 실시간 트래픽이 비실시간 트래픽에 비해 절대적인 우선순위를 가지지 않는다. 실시간 트래픽의 경우 허용전송지연시간 내에만 전송이 할당된다면 문제가 발생하지 않으므로, 상황에 따라 무선 channel 환경이 좋은 비실시간 트래픽에게 우선순위를 할당함으로써 시스템 throughput을 높일 수 있다. 실시간 트래픽 패킷의 전송지연을 제어하기 위해 실시간 트래픽 패킷의 우선순위 제한을 두는 방법이 중요하며, 전체 실시간 트래픽 connection(또는 패킷)을 기준으로 정해진 비율에 대해서만 우선순위를 두는 방법과 비율을 결정하는 방법에 대해 제시한다. 본 스케쥴러를 통해 결정된 우선순위를 도식화한 것이 그림 2이다.



<그림 2> 개선된 스케쥴러에서의 priority 순서

2.2.2 동작

본 연구에서 소개하는 스케줄러는 크게 세 부분으로 구분할 수 있다.

첫 번째 구성은 다음 프레임에 할당할 실시간 트래픽 패킷을 결정하는 기준을 정하는 부분이다. 두 번째는 첫 번째에서 구한 기준을 이용하여 다음 프레임에 할당할 실시간 트래픽 패킷을 결정하는 작업이다. 세 번째는 비실시간 트래픽을 포함하여, 다음 프레임에 할당할 트래픽 패킷의 전체적인 할당 순위를 결정하는 부분이다.

우선 기지국에서는 모든 connection의 트래픽 패킷이 실시간 트래픽 패킷과 비실시간 트래픽 패킷으로 구분되어 있다고 가정하자. 그리고 실시간 트래픽 패킷 집단과 비실시간 트래픽 패킷 집단 내에서의 전송 우선순위는 결정되어 있다고 가정하자.

자세한 동작은 아래와 같다.

첫 번째 동작: 전송할 실시간 트래픽 패킷을 선정할 기준 결정

1-1) 기지국에 실시간 트래픽 패킷이 존재할 경우, 동일한 허용전송지연시간을 갖는 종류별로 connection 또는 패킷의 개수를 파악한다.

1-2) 각 트래픽 종류별로, 미리 정해져 있는 비율을 바탕으로 다음 프레임에 할당 가능한 실시간 트래픽 connection 또는 패킷 수를 결정한다. 이 때 패킹이 가능한 경우는 할당할 connection 개수를 결정하고 그렇지 않은 경우는 할당할 패킷 수를 결정한다.

할당가능 실시간 트래픽 connection(또는 패킷) 수

= ceiling(총 connection(또는 패킷) 수 / (허용전송지연시간/frame length) * 할당 비율)

실시간 트래픽의 종류에 따라 허용전송지연시간이 다르기 때문에, 허용 전송지연시간이 동일한 트래픽을 하나의 그룹으로 묶어서 그룹별로 할당가능 트래픽 connection(또는 패킷)을 결정하는 것으로 한다. 허용전송지연시간 그룹별로는 짧은 허용전송지연시간을 가진 그룹이 우선순위를 가지는 것으로 한다.

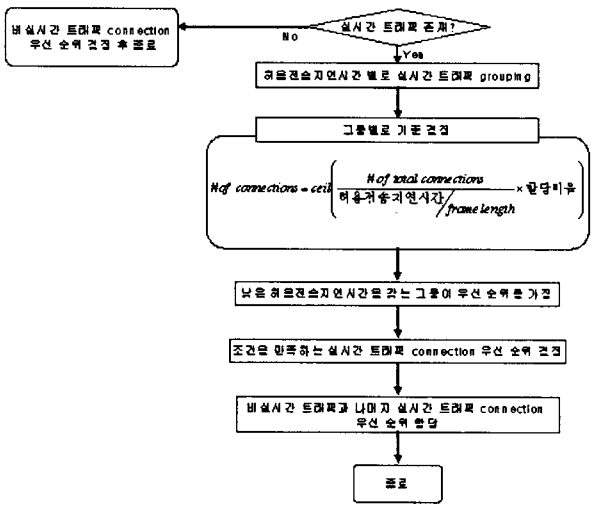
(허용전송지연시간/frame length)는 패킷이 할당 가능한 총 기회를 의미한다. 할당 비율을 1 이하로 하면 실시간 트래픽 패킷을 할당하는데 margin이 없거나(1인 경우), 할당 기회를 기준에 비해 작게 부여하는 것(1 미만인 경우)이므로 패킷이 허용전송지연시간을 초과할 확률이 커질 수 있다. 따라서 할당 비율은 1이상의 값으로 설정한다. 할당 비율이 (허용전송지연시간/frame length) 이상이 되면 종래 기술과 동일한 방법이 된다.

두 번째 동작: 다음 프레임에 할당할 실시간 트래픽 패킷 결정

2-1) 첫 번째 동작에서 도출된 수를 기준으로 다음 프레임에 할당 가능한 실시간 트래픽 connection(또는 패킷)을 결정한다. 실시간 트래픽 connection(또는 패킷) 집단에서는 결정되어 있는 우선순위에 따라 높은 우선순위부터 순차적으로 할당 가능한 패킷을 결정한다.

세 번째 동작: 전체 트래픽 우선순위 결정

3-1) 두 번째 동작에서 결정한 실시간 트래픽 패킷 이후로 할당 가능한 비실시간 트래픽 패킷의 우선순위를 결정한다. 전체적인 우선순위를 보면 실시간 트래픽 패킷의 일부 이후의 우선순위를 비실시간 트래픽 패킷이 가지게 되고 마지막으로 남은 실시간 트래픽 패킷이 우선순위를 갖는다. 위의 동작을 도식화한 것이 그림 3이다.



<그림 3> 개선된 스케줄러의 동작 순서도

2.3 성능분석

성능 분석은 2가지 측면에서 하였다. 첫 번째는 정해진 전송 지연시간을 초과하는 확률에 대한 것이며 두 번째는 동일한 양의 실시간 트래픽 패킷이 점유하는 slot의 개수이다. 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 위 두 가지 결과를 도출하였으며 시뮬레이션 주요 조건은 표 1과 같다.

<표 1> 시뮬레이션 파라미터

Parameters	Value	Unit
Carrier freq.	2.35	GHz
Channel model	PedB 10km h	
Traffic model	VoIP	
User/sector	80	명
Delay packet 조건	발생한지 140ms 안에 전송	
Backoff factor	5 dB fixed	
Drop duration	50	sec

섹터 내의 단말 수를 40개로 하고 기존 방식과 개선된 방식에 대해 시뮬레이션을 통해 도출한 결과를 표 2에 정리하였다.

<표 2> 시뮬레이션 결과

	Reference	Proportional		
	기존 방식	A	A x 2	A x 3
Slot 효율	100.00%	67.17%	75.42%	93.53%
5% delay outage	9.58%	10.37%	9.63%	9.58%
10% delay outage	7.69%	8.24%	7.69%	7.69%

결과와 같이 할당 비율을 2배로 하면 기존 방식과 비슷한 delay outage를 유지하면서 동일한 트래픽 서비스를 위해 점유하는 slot은 75.42% 수준까지 줄일 수 있는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 실시간 트래픽에 대해 허용전송지연시간 초과 패킷 확률을 일정 수준 이하로 유지하면서, 비례적인 방법을 통해 비실시간 트래픽 패킷에 대한 실시간 트래픽 패킷의 우선순위를 제한하여 시스템의 평균 throughput을 향상시킬 수 있는 것에 대해 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 트래픽 모델이나 채널 환경에 따라 위의 분석 값들은 변경될 수 있겠지만 이상의 방법을 통해 보다 효율적인 실시간 트래픽 전송을 수행할 수 있다.

[참 고 문 헌]

[1] Mark Handley, "Internet Multicast Today", Internet Protocol Journal.

[2] Vicki Johnson and Marjory Johnson, "Introduction to IP Multicast Routing ", IPMI.

[3] Bob Quinn, "Reliable IP Multicast", Stardust.com, Jan. 1999.

[4] Kevin C. Almeroth, "Evolution of multicast : From the Mbone to Intradomain Multicast to Internet2 Deployment", IEEE INFOCOM'99.

[5] Deering, S., Host Extensions for IP Multicasting, IETF RFC 1112, August 1989.

[6] Kadansky M., et. al., Tree Based Reliable Multicast, IETF Internet Draft, draft-kadansky-tram-02.txt, January 2000.