

# VoIP 서비스를 위한 통합 패킷 스케줄링

## Integrated Packet Scheduling for VoIP Service

李 恩 英\* · 朴 炯 根†

(Eunjoung Lee · Hyung-Kun Park)

**Abstract** - In the wireless communication systems, the demand of multimedia services is also increased. Unlike typical data packets, realtime service such as VoIP packets have delay bound and low loss rate requirement. In this paper we propose a new scheduling algorithm that be able to allocate resources to the different kinds of services such as VoIP and data packet. The proposed algorithm considers both time delay and channel condition to determine the priority. Simulation results show that the proposed algorithm works more efficiently than the conventional algorithms.

**Key Words** : Packet scheduling, Real-time data, Scheduling algorithm, VoIP

### 1. 서 론

고속 데이터 통신 시스템을 사용하는 3세대 이동통신 서비스가 확대됨에 따라 셀룰러 네트워크에서도 다양한 형태의 데이터 서비스가 가능해지고 있으며 VoIP와 같은 QoS 제한이 있는 실시간 데이터 서비스에 대한 요구 또한 증가하고 있다. 특히 all IP기반의 차세대 통신 시스템에서는 음성과 같은 실시간 데이터도 패킷 형태로 서비스 될 것으로 예상되고 있다. 통상적으로 실시간 데이터를 전송하기 위해서는 채널을 예약하여 예약된 채널을 통해 연속적으로 패킷을 전송하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 지연에 민감한 실시간 데이터들을 패킷 스케줄링 경쟁으로 인한 지연이 없이 연속적으로 전송한다는 점에서 높은 서비스의 질을 보장하지만 채널을 효율적으로 사용하지 못한다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 예약 기반 방식의 한계를 극복하기 위해 음성 패킷을 일정한 지연제한 내에서 패킷 스케줄링을 하여 채널을 할당하고자 한다.

이제까지 패킷 형태의 데이터를 효율적으로 전송하기 위해 다중사용자 다이버시티와 공정성을 함께 고려한 비례공정 등과 같은 스케줄링 알고리즘이 사용되어 왔다.[1] 이 방법은 비실시간 데이터 패킷을 스케줄링 하는 데에는 적합한 것으로 알려져 있지만 지연을 고려하지 않으므로 VoIP 패킷과 같은 실시간 패킷 스케줄링에는 적합하지 않다. VoIP 패킷은 비실시간 데이터 패킷과는 달리 최소한의 서비스의 질의 보장을 위한 지연제한을 가지고 있으며 낮은 손실율을 필요로 하므로 이러한 특징들을 고려한 스케줄링 알고리즘

을 필요로 한다.

따라서 본 연구에서는 음성 패킷의 지연제한과 채널 상태를 동시에 고려하면서 데이터 패킷도 통합적으로 스케줄링 할 수 있는 새로운 스케줄링 알고리즘을 소개하고자 한다.

### 2. 시스템 모델

하나의 셀에 N개의 사용자를 가진 일반적인 데이터 통신 시스템에서는 기지국에서 매 시간구간 당 하나의 사용자에게 패킷을 전송한다. 기지국은 각 사용자들의 원활한 데이터 흐름을 위한 N개의 큐와 패킷이 전송될 순서를 정할 패킷 스케줄러를 가지고 있다. 사용자는 VoIP 또는 비실시간 데이터 서비스를 사용할 것이므로 각각의 큐도 음성 패킷 또는 데이터 패킷을 가지고 있다. 이 시스템을 도식하면 그림 1과 같다.

스케줄러는 매 시간구간 마다 스케줄링 알고리즘을 통해 가장 적절한 사용자 세션을 선택하게 되는데 한 시간구간에 자원을 할당받지 못한 패킷들은 스케줄링 시간만큼의 지연이 있을 것이다. 음성 패킷의 경우 이러한 지연이 특정한 지연제한을 초과하게 되면, 즉 패킷이 지연제한에 해당하는 시간 동안 채널을 할당받지 못할 경우 패킷 지연이 발생하여 서비스의 질에 영향을 미칠 것이다.[4]

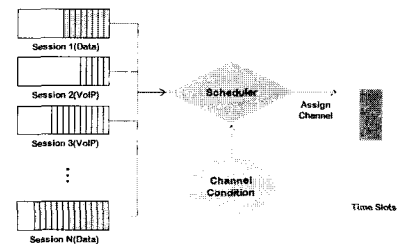


그림 1 기지국에서의 패킷 스케줄링  
Fig. 1 Packet scheduling in basestation

\* 學生會員 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부 석사과정

† 교신저자, 正會員 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부  
조교수 · 工博

E-mail : hkpark@kut.ac.kr

接受日字 : 2008年 7月 15日

最終完了 : 2008年 9月 19日

일반적으로 실시간 패킷의 서비스의 질을 보장하기 위해서는 일정 구간의 채널을 예약하여 실시간 패킷에 할당하는 예약 기반 방식을 사용하나 이는 채널을 효율적으로 활용하지 않으므로 전체 시스템의 성능은 보장할 수 없다. 반면 비실시간 패킷을 효율적으로 스케줄링 하는 비례공정 알고리즘은 지연에 민감한 실시간 패킷의 특수성을 고려하지 않으므로 실시간 패킷 스케줄링에는 적합하다고 볼 수 없다.

따라서 본 논문에서는 시스템 성능과 서비스의 질을 동시에 지원하는 새로운 스케줄링 알고리즘을 소개하고자 한다.

### 3. 스케줄링 알고리즘

한정된 자원을 여러 명의 사용자에게 효율적으로 할당하기 위해서는 적절하게 전송 순서를 결정하는 스케줄링 알고리즘을 필요로 한다. 이를 위해 현재까지 다양한 방식의 스케줄링 알고리즘이 연구되어 왔지만 본 장에서는 일반적으로 많이 사용되고 있는 비례공정 방식 및 예약 기반 방식을 먼저 소개하고 지연제한을 고려한 방식을 제안하고자 한다.

#### 3.1 비례공정(Proportional Fairness) 알고리즘

비례공정 방법은 아래와 같이 사용자의 채널상태와 지급까지 전송된 평균 데이터 전송률을 고려함으로써 시스템 전체의 성능과 각 사용자에게 대한 공정성을 함께 보장하는 알고리즘이다.

$$j = \arg \text{MAX}_i \left( \frac{C_i(t)}{R_i(t)} \right) \quad (1)$$

$C_i(t)$ 는 사용자  $i$ 의 현재 채널 상태,  $R_i(t)$ 는 사용자  $i$ 의 전송된 데이터의 평균 전송률을 뜻한다.

$R_i(t)$ 는 아래와 같이 업데이트 된다.

$$R_i(t+1) = \left(1 - \frac{1}{t_c}\right)R_i(t) + \frac{1}{t_c}C_i(t) \quad (2)$$

$t_c$ 는 low pass filter의 averaging factor이다.

비록 PF 방식이 multiuser diversity 이득과 각각의 사용자에게 대한 서비스의 공정성을 제공함으로써 비실시간 데이터 패킷 스케줄링에 있어서는 효율적이지만 패킷 지연에 대해 고려하지 않으므로써 실시간 서비스를 제공하는데 있어서 한계가 있다.

#### 3.2 예약 기반 방식(Reservation Based: RB)

예약기반 방식은 실시간 데이터와 같은 중요한 데이터의 서비스의 질을 보장하기 위해 무선랜 및 Zigbee 통신 등에서 일반적으로 사용하는 방법이다. 이 방식에서는 그림 2와 같이 채널을 Contention Access 구간과 Contention Free 구간으로 나누고 실시간 패킷을 Contention Free 구간의 채널을 예약하여 할당함으로써 패킷간의 경쟁이 없이 연속적인 전송을 가능하게 한다.

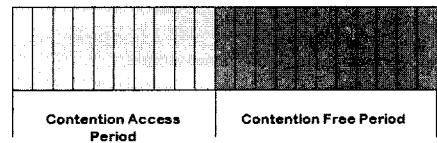


그림 2 예약 기반 방식의 프레임 구조

Fig. 2 Frame structure for reservation based scheduling

이 방법은 실시간 패킷의 연속적인 전송을 지원함으로써 서비스의 질을 보장하는 반면 채널상태를 고려하지 않기 때문에 전체 시스템의 높은 성능은 보장하지 않는다.

#### 3.3 통합 패킷 스케줄링 알고리즘

VoIP 패킷과 같은 실시간 데이터는 QoS 제공을 위한 지연제한을 가지고 있기 때문에 스케줄링에 있어서 지연에 대해 고려할 필요가 있다. 따라서 우리는 채널뿐만 아니라 지연도 함께 고려하여 음성 패킷과 data 패킷을 통합하여 스케줄링 할 수 있는 알고리즘을 다음과 같이 제안하고자 한다. 이 알고리즘은 패킷이 큐에 머무르는 시간이 증가할수록 채널에 대한 비중을 줄이고 지연에 대한 비중을 높임으로써 패킷의 지연이 커질수록 우선적으로 채널을 할당한다.

$$j = \arg \text{MAX}_i \left( \frac{(D_{bnd} + d_i)d_i + \alpha(D_{bnd} - d_i)C_i}{D_{bnd}(R_i(t) + 1)} \right) \quad (3)$$

$$d_i = 0, i \in \text{data session}$$

$$R_i = \bar{R}, \alpha = 1, i \in \text{voice session}$$

여기서  $D_{bnd}$ 는 패킷이 큐에 머무를 수 있는 최대 지연제한,  $d_i$ 는 사용자  $i$ 의 패킷이 큐에 머무른 시간,  $\alpha$ 는 데이터 세션에 가중치를 주기 위한 스케줄링 파라미터,  $\bar{R}$ 는 data 세션의 평균  $R(t)$  값을 의미한다.

best effort 방식의 데이터 패킷은 지연의 제한이 없으므로  $d_i = 0$ 으로 설정한다. 식 (3)에서 알 수 있듯이  $d_i$ 가 0일 경우 PF 방식의 알고리즘이 된다. 즉 기본적으로 PF 방식의 시스템 throughput과 공정성을 고려하되 음성 패킷의 경우 큐에 머무르는 시간이 증가함에 따라 우선적으로 할당될 확률이 높아지는 것이다.

본 알고리즘의  $R_i(t)$  파라미터의 경우 음성 패킷에 대하여 다르게 정의될 필요가 있다. 음성 패킷의 경우 데이터 패킷과는 달리 불특정한 시간에 burst 하게 전송되는 것이 아니라 일정 시간구간 동안 연속적으로 전송되어야 하는 것이므로 전송된 데이터의 평균 전송률이 크게 의미가 없다. 따라서 이 식에서는 데이터 세션과의 공평한 경쟁을 위해 데이터 세션들의 평균 전송률  $\bar{R}$  로 정의하였다.

### 4. 성능분석 및 결과

시뮬레이션을 위해 우리는 하나의 hexagonal cells 안에서 사용자가 균등하게 분포되어 있는 것을 가정하였다. 각 사용자는 일정 시간 간격으로 채널 정보를 전송한다. 채널

모델은 이동성 60km/h, path loss exponent 4의 Rayleigh fading 채널을 가정하고, 1xEV-DO 네트워크 모델과 G.729 VoIP 모델을 참조하였다.[2][3] 그 외 파라미터들은 아래 항목들과 같다.[5]

- Cell radius : 1,000m
- Simulation time : 240,000slots
- Number of sessions : 28
- Slot length : 1.667ms
- Delay bound for VoIP packets : 75ms
- Averaging factor for PF(tc): 600
- BS transmission power : 20W
- Packet length of VoIP: 40bytes
- Interval of VoIP generation : 40ms

성능분석을 위해 Throughput, Drop probability 측면에서 제안한 알고리즘을 기존의 예약기반 방식 및 PF 방식과 비교해 보았다.

그림 3는 12개의 데이터 세션을 유지한 상태에서 음성 세션을 10에서 16으로 증가시켰을 때의 평균 throughput을 다른 방식들과 비교해 본 것이다. 전반적으로 제안한 방식이 예약기반 방식에 비해 높은 throughput을 보이나, 음성 세션 수가 증가할수록 throughput이 감소하는 경향을 보이는데 이는 음성 세션수가 증가함에 따라 비트수가 적은 음성 패킷의 전송률 또한 증가하기 때문이다. 또한 throughput 그래프를 통해 볼 때 전반적으로 스케줄링 파라미터  $\alpha$ 값이 증가할수록 throughput이 증가하는 것도 알 수 있다.

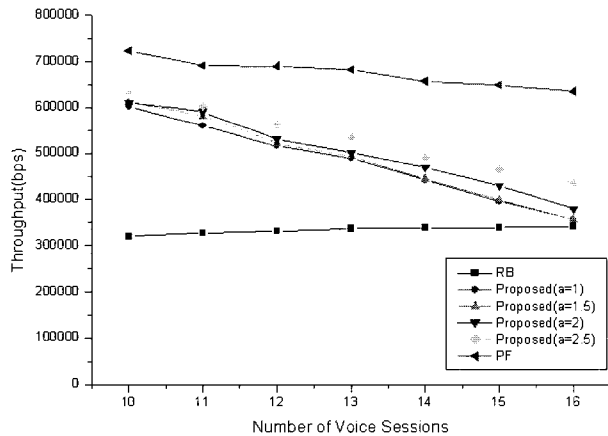


그림 3 음성 세션 수의 증가에 따른 throughput 성능  
Fig. 3 Throughput performance according to the number of voice sessions

그림 4는 음성 세션 증가에 따른 drop 확률을 각 알고리즘별로 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 제안한 방식이 지연을 고려하지 않는 PF 방식에 비해 Drop 확률에 있어서 더 나은 성능을 보이고 있다. 또한 스케줄링 파라미터  $\alpha$ 값이 증가함에 따라 Drop 확률 또한 높아지는 경향을 보이거나 전반적으로 PF 방식에 비해 낮은 확률을 나타냄을 알 수 있다.

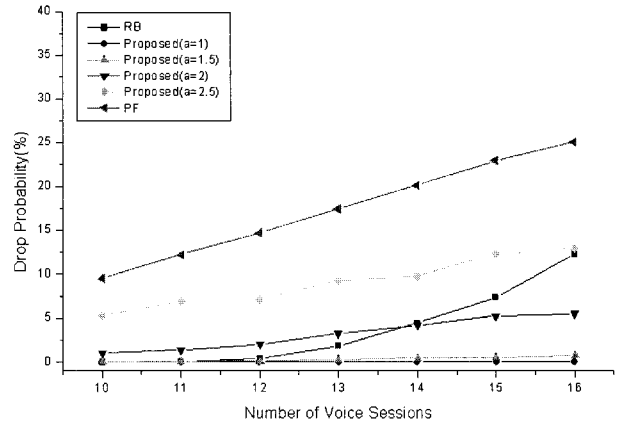


그림 4 음성 세션 수의 증가에 따른 Drop 확률  
Fig. 4 Drop probability according to the number of voice session

### 5. 결론

본 논문에서는 실시간 패킷 전송을 지원하는 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 스케줄링 시 채널 상태와 지연 시간을 함께 고려했을 때 VoIP 패킷의 QoS를 보장하면서 기존의 방식에 비해 높은 성능을 나타낼 수 있었다. 시뮬레이션 결과로 볼 때 제안한 알고리즘이 채널 상태만 고려한 PF 알고리즘에 비해 낮은 Drop 확률을 가지며 예약기반 방식에 비해 높은 수율을 얻을 수 있었다. 또한 스케줄링 파라미터  $\alpha$ 값에 따라 다른 성능을 나타내므로 이러한 파라미터 값을 결정하는 것도 중요하다.

### 참고 문헌

- [1] A. Jalai, R. Pankaj, Data Throughput of CDMR-HDR a High Efficiency-High Data Rate Personal Communication Wireless System, VTC 2000-Spring Tokyo, pp.1854-1858 vol.3
- [2] Qualcomm, "1x EV: 1x Evolution IS-856 TIA/EIA Standard Airlink Overview", May 11, 2001, Revision 7.1
- [3] P. Bender et al., "CDMA/HDR: A Bandwidth-Efficient High-Speed Wireless Data Service for Nomadic Users", IEEE Comm. Mag., July 2000.
- [4] H. Fattah and C. Leung, "An overview of scheduling algorithms in wireless multimedia networks," IEEE Wireless Commun., vol. 9, no. 5, pp. 76 - 83, Oct. 2002.
- [5] Y.-J. Choi, S. Bahk, Scheduling for VoIP service in cdma2000 1x EV-DO, in: Proceedings of the IEEE ICC '04, Paris, France, June 2004.