

WWAN/WLAN 2-홉 무선 네트워크를 위한 적응형 Proportional Fair 스케줄링 기법

구영대⁰ 박준상 한승재

연세대학교 컴퓨터과학과 모바일네트워킹연구실

ydkoo@cs.yonsei.ac.kr, joonsang@cs.yonsei.ac.kr, sihan@cs.yonsei.ac.kr

Adaptive Proportional Fair Scheduling for WWAN/WLAN Two-Hop Wireless Relay Networks

Youngdae Koo⁰ Joonsang Park Seungjae Han

Mobile Networking laboratory, Dept. of Computer Science, Yonsei University

이질적 무선 셀들의 계층적인 오버레이는 차세대 무선망을 위해서 예상되는 구조로 여겨지고 있다. 본 논문은 그러한 특별한 형식의 구조로서 WWAN/WLAN 2-홉 무선 네트워크를 고려하였다. 이러한 망들의 내부에서 몇몇 사용자들은 WWAN에 직접적으로 연결이 되고, 또 다른 사용자들은 WLAN을 거쳐서 WWAN에 간접적으로 연결이 되며, 이러한 경우에 WLAN은 중계 노드로서의 영역을 차지하게 된다. 우리는 가장 먼저 이러한 망의 내부에서 기존의 Proportional Fair (PF) 스케줄링 기법이 일으킬 수 있는 문제점을 구성하였다. 그리고 이 문제점을 해결하기 위해서 향상된 PF 스케줄링 기법을 제시하였다.

즉, 우리가 WWAN/WLAN 2-홉 무선 네트워크에서 기존의 PF 스케줄러를 그대로 사용할 경우에는 Base Station (BS)이 Access Point (AP)에 연결된 Mobile Node (MN)들의 개수를 알지 못하기 때문에, AP를 거쳐서 BS에 연결되는 MN들은 불충분한 대역폭으로 인하여 제대로 서비스를 받지 못하게 된다. 이러한 경우에 BS는 자신에게 직접적으로 연결된 다른 MN들과 같은 방식으로 AP를 취급할 것이다. AP에 연결된 모든 노드들도 BS에 직접적으로 연결된 다른 노드들과 같은 대역폭을 사용하기 위해서는 AP가 더 많이 스케줄링 되어야만 한다. 이러한 이유 때문에 우리는 기존의 PF 스케줄러를 수정한 것이다. 본질적으로, 이에 대한 수정 사항을 최소화하였으며, AP의 비중 요소인 K_{GW} 을 PF 스케줄링 함수에 다음과 같이 삽입하였다.

$$M_i^{(PF-relay)}(n) = K_{GW} \frac{R_i(n)}{T_i(n-1)} \quad (1)$$

위의 식 (1)에서, $M_i^{(PF-relay)}(n)$ 은 향상된 PF 스케줄러의 함수를 나타낸다. AP가 실제의 채널 상태를 나타내는 수치보다 K_{GW} 의 배수만큼 더 크게 알린다고 보면 된다. 이와 같이 새로운 함수를 통해서 BS는 AP의 채널 상태를 더 좋게 계산할 것이고, AP가 K_{GW} 의 배수만큼 더 자주 스케줄링 되도록 할 것이다.

모든 MN들이 계속적으로 Backlog를 남기게 되고 전송되는 트래픽이 균일하게 지속된다고 가정하였을 때, K_{GW} 는 AP에 실제로 연결된 MN들의 개수를 나타낼 수 있다. 그러나 이것은 비현실적인 가정이다. 효율적이고 균등한 자원 할당을 위해서 AP는 BS에게 실제로 전송중인 노드들의 개수를 알려주어야 한다. 그것은 결과적으로 본 논문에서 AP에 연결된 MN들의 Equivalent Number로 언급하려는 것이다.

즉, AP는 각각의 MN들이 전송중인지 아닌지를 판별하고, 전송중인 MN들의 Equivalent Number를 계산한다. 이를 계산하는 과정에 있어서 가장 중요한 개념은 다음과 같다. 먼저, K_{GW} 가 AP에 연결된 MN들의 실제 개수라고 가정을 하고, T_{GW} 가 BS와 AP 사이의 링크에서 얻어진 전송량이라고 가정을 하자. 그리고 각각의 노드들이 가질 수 있는 균등한 전송량의 분배를 T_{mob} 이라고 가정을 하자.

$$T_{mob} = \frac{T_{GW}}{K_{GW}} \quad (2)$$

위의 식 (2)에서, AP에서 사용할 수 있는 대역폭은 자신에게 연결된 MN들에 의해서 균등하게 나누어진다. 특히, AP는 각 노드들을 위해서 얻어진 T_j 라고 불리는 전송량을 모니터링 할 수 있고, j 는 MN들의 색인을 나타내며 1부터 K_{GW} 까지 숫자로 표현된다. 스케줄링이 균등하게 적용된다면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$T_j = T_{mob} = \frac{T_{GW}}{K_{GW}} \quad (3)$$

위의 식 (3)에서, AP에 연결된 MN들의 Equivalent Number를 정의할 수 있다. 사용자 j 의 전송량 T_j 가 T_{GW}/K_{GW} 로 표현되는 균등한 분배량보다 크거나 같다면, 사용자는 균등한 분배량을 받거나 더 많은 양을 받게 된다. 그러한 사용자는 BS에게 알려주는 과정에 있어서 Full 사용자로 간주된다. 이와 반대로, 사용자 j 의 전송량 T_j 가 균등한 분배량보다 적다면, 그러한 사용자는 Fractional 사용자로 간주된다. 이 Fraction은 사용자를 위한 균등한 분배에 대하여 실제로 발생한 전송량의 Fraction과 동일하다. 수학적으로, AP에 연결된 MN의 Equivalent Number는 다음과 같이 계산된다.

$$K_{GW}^{(eq)}(n) = \sum_{j=1}^{K_{GW}(n)} \min \left\{ \frac{K_{GW}T_j(n)}{T_{GW}(n)}, 1 \right\} \quad (4)$$

위의 식 (4)에서, n 은 타임 슬롯의 색인을 나타낸다. 그리고 T_j 은 AP에 의해 서비스를 받는 각 노드들에게서 얻어진 전송량을 나타내며, j 는 1부터 K_{GW} 까지 숫자로 표현된다. 우리는 위의 식 (1)을 Equivalent Number를 사용하여 다음과 같이 다시 표현하였다.

$$M_i^{(PF-relay)}(n) = K_i(n) \frac{R_i(n)}{T_i(n-1)} \quad (5)$$

위의 식 (5)에서 $K_i(n)$ 은 AP에 의해서 서비스를 받는 각 노드들의 Equivalent Number를 나타낸다.

이 향상된 PF 스케줄링 기법은 2-홉 무선 네트워크에서 문제점을 일으키지 않고도 PF 스케줄링을 유지할 수 있다. 새롭게 제시된 기법에 대한 검증을 위해서, NS-2를 사용하여 UMTS/WLAN 망에서의 Low-level 시뮬레이션을 진행하였고, 그것을 기반으로 성능을 평가하였다.