

패킷 지연 보장을 위한 LTE 시스템의 호 수락 제어 알고리즘

준회원 배성재*, 최범곤*, 이진주**, 정회원 권성오**, 종신회원 정민영*

A Call Admission Control Algorithm in 3GPP LTE System for Guarantee of Packet Delay

Sueng Jae Bae*, Bum-Gon Choi*, Jin Ju Lee** *Associate Members*,
Sungoh Kwon** *Regular Member*, Min Young Chung*^o *Lifelong Member*

요약

LTE(Long Term Evolution)는 3GPP(Third Generation Partnership Project)에서 표준화 작업을 진행 중인 차세대 이동통신 기술이다. LTE에서는 기존의 이동통신망이 회선 교환 네트워크를 통해 음성 트래픽을 전달하는 것과는 달리 IP 기반의 패킷 교환 네트워크를 통해 모든 종류의 트래픽을 전달하기 때문에 다양한 서비스에 대한 QoS(Quality of Service) 보장이 어렵다. LTE 시스템에서 사용자의 QoS를 제공하기 위해서 RRM(Radio Resource Management)이 매우 중요하며, 특히 RRM의 한 부분인 호 수락 제어 기능은 기존에 수락된 호들의 QoS를 유지하고 네트워크 혼잡 상황을 방지하는 중요한 역할을 수행한다. 본 논문에서는 LTE 시스템에서 제공하는 다양한 서비스들의 QoS를 보장하기 위한 호 수락 제어 알고리즘을 제안하고 모의실험을 통하여 성능 평가를 수행한다. 제안하는 알고리즘은 채널 및 네트워크의 상황을 반영하여 요청 호의 일부를 거절함으로써 과도한 호로 인한 네트워크 혼잡 상황을 방지함과 동시에 사용자의 QoS를 만족시킬 수 있다. 특히 제안한 호 수락 제어 알고리즘은 각 서비스 종류에 대하여 LTE 표준에서 요구하고 있는 최대 허용 패킷 지연을 만족시킬 수 있다.

Key Words : LTE, Call Admission Control, RRM, QoS

ABSTRACT

Long Term Evolution (LTE) is the next generation mobile phone technology which has being standardized by the Third Generation Partnership Project (3GPP). In the existing mobile communication networks, voice traffic is delivered through circuit switched networks. In LTE, however, all kinds of traffic are transferred through IP based packet switched networks which has best-effort characteristic. Therefore, providing QoS in LTE system is difficult. In order to provide QoS in LTE, RRM is very important. Especially, in part of RRM, call admission control (CAC) performs an important function to reduce network congestion and guarantee a certain level of QoS for on-going calls. In this paper, we propose a CAC algorithm in order to provide QoS for various kinds of services in LTE system. The performance of the proposed algorithm is evaluated with various simulation environments. The results show that the proposed algorithm provides QoS through rejections of requested calls. Especially, the proposed CAC algorithm can be satisfied with packet delay requirement defined in LTE specification.

* 본 연구는 삼성전자 및 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(IITA-2009-C1090-0902-0005)의 연구결과로 수행되었습니다.

* 성균관대학교 정보통신공학부({noooi, gonace, mychung}@ece.skku.ac.kr)(^o : 교신저자)

** 삼성전자({jube.lee, sungoh.kwon}@samsung.com)

논문번호 : KICS2009-02-043, 접수일자 : 2009년 2월 3일, 최종논문접수일자 : 2009년 6월 1일

I. 서 론

LTE(Long-Term Evolution)는 3GPP(Third Generation Partnership Project)에서 표준화 작업이 진행 중인 차세대 이동통신 시스템으로, OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)와 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 기술을 채택하여 하향링크 100Mbps, 상향링크 50Mbps의 최대 데이터 전송률을 지원한다^[1]. LTE 시스템은 기존 UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)으로부터의 장기 진화를 목표로 하는 기술로서 기존 3GPP에 의하여 표준화된 기술들과의 호환이 고려되었기 때문에 현재의 이동통신망과 연동이 쉽다는 장점을 가진다^[2].

기존의 이동통신망과 달리 LTE는 IP를 기반으로 하는 패킷 교환 네트워크를 통해 트래픽을 전달한다. IP 망은 출발지와 도착지의 연결성만을 고려하고 데이터 전송을 보장하지 않는 최선형(best-effort) 특성을 가지기 때문에 IP망에서 사용자의 QoS를 보장하는 것은 쉽지 않다. 따라서 IP를 기반으로 하는 LTE 시스템에서 QoS를 보장하기 위해서는 기존과 차별화된 연구가 수행되어야 한다.

무선 통신 환경에서 사용자의 QoS(Quality of Service)를 제공하기 위해서 RRM(Radio Resource Management)이 매우 중요하다. 특히 RRM의 한 부분인 호 수락 제어(Call Admission Control: CAC)는 현재 제공 중인 호의 QoS를 유지하기 위해 신규 요청되는 호를 수락 또는 거절하여 네트워크의 혼잡 상황을 방지한다^[3]. LTE 시스템에서는 각 사용자들의 사용 중인 서비스가 데이터, 음성, 동영상 등으로 서로 다를 수 있고, 동일한 종류의 서비스를 사용하더라도 QoS 요구 조건이 서로 다를 수 있다^[4]. 때문에 이를 반영한 호 수락 제어 알고리즘에 대한 연구가 요구된다.

기존의 호 수락 제어 알고리즘은 크게 정적 호 수락 제어 알고리즘과 동적 호 수락 제어 알고리즘으로 구분된다. 정적 호 수락 제어 알고리즘은 핸드오버 호를 위하여 고정된 양의 자원을 예약하는 방식으로 핸드오버 호의 절단률을 낮출 수 있지만 낮은 주파수 효율을 가져올 수 있다는 단점을 가진다^{[5]-[8]}. 동적 호 수락 제어 알고리즘은 핸드오버 호의 도착을 예측하여 예약하는 자원량을 동적으로 조절하는 방식이다^{[9]-[11]}. 동적 호 수락 제어 알고리즘은 정적 호 수락 제어 알고리즘에 비해 높은 주파수 효율을 제공한다는 장점을 가진다. 하지만 다양한

종류의 요청 호들에 대한 서로 다른 QoS 요구 사항을 반영하기 어렵기 때문에 다양한 서비스에 대해 QoS를 제공해야 하는 LTE 시스템에는 적합하지 않다.

본 논문에서는 LTE 시스템에서 제공하는 다양한 서비스의 QoS를 제공하기 위한 호 수락 제어 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 MAC 스케줄러로부터 측정된 PRB 사용률과 패킷 지연을 바탕으로 동적으로 조정되는 두 개의 임계값을 사용함으로써 QoS 제약사항 중 최대 허용 패킷 지연을 보장할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 기존의 호 수락 제어 알고리즘에 대하여 설명하고, 3장에서는 패킷 지연을 고려한 호 수락 제어 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 제안한 알고리즘의 성능 평가를 위한 시뮬레이션 환경 및 성능 평가 결과에 대해 서술하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

기존의 호 수락 제어 알고리즘은 크게 정적 호 수락 제어 알고리즘과 동적 호 수락 제어 알고리즘으로 나뉜다. 대표적인 정적 호 수락 제어 알고리즘으로는 가드 채널(Guard channel) 호 수락 제어 알고리즘, 분할 가드 채널(Fractional guard channel) 호 수락 제어 알고리즘, 큐잉 정책(Queueing principle) 알고리즘이 있으며^{[5]-[8]}, 동적 호 수락 제어 알고리즘으로는 중앙 예측(Local predictive) 호 수락 제어 알고리즘, 분산(Distributed) 호 수락 제어 알고리즘, 새도우 클러스터(Shadow cluster) 호 수락 제어 알고리즘이 있다^{[9]-[11]}.

2.1 정적 호 수락 제어 알고리즘

가드 채널 호 수락 제어 알고리즘은 전체 채널 N_{total_ch} 개 중에서 핸드오버 호를 위한 N_{ho_ch} 개의 채널을 사전에 예약한다^[5]. 핸드오버 호가 기지국으로 도착할 경우, N_{total_ch} 개의 채널 중 사용 가능한 채널이 존재할 경우에 수락된다. 신규 호의 경우에는, $N_{total_ch} - N_{ho_ch}$ 개의 채널 중 사용 가능한 채널이 존재하면 수락되고 존재하지 않으면 거절된다. 가드 채널 호 수락 제어 알고리즘은 간단하고 구현이 용이하지만 시간에 따라 변하는 이동통신 환경에서 최적의 N_{ho_ch} 값을 결정하기 어렵다는 단점이 있다. N_{ho_ch} 값이 너무 크게 설정될 경우 핸드오버

호를 위한 채널이 과도하게 예약되어 무선 자원의 낭비를 가져오며 $N_{no.ch}$ 값이 너무 작게 설정될 경우 핸드오버 호를 위하여 예약된 채널이 부족하여 핸드오버 호의 질단률이 증가하기 때문이다.

2.2 정적 호 수락 제어 알고리즘

중앙 예측 호 수락 제어 알고리즘은 기지국이 단독으로 신규 호 및 핸드오버 호에 대한 사용 대역폭의 양을 추정하여 자원을 예약한다[9]. 때문에 정적 호 수락 제어 알고리즘에 비하여 자원 사용 효율이 높다. 중앙 예측 호 수락 제어 알고리즘은 호 수락 제어 알고리즘이 속한 기지국의 정보만을 이용하여 사용 대역폭 양을 추정한다. 때문에 이웃 기지국과의 정보 교환으로 인한 오버헤드가 적은 반면 핸드오버 호에 대한 정확한 예측이 어렵다는 단점이 있다.

보다 정확한 핸드오버 호 도착을 예측하기 위하여 분산 호 수락 제어 알고리즘은 해당 기지국과 이웃 기지국들의 정보를 활용하여 호 수락 제어를 수행한다[10]. 기지국은 이웃 기지국들의 정보를 바탕으로 핸드오버 호에 대한 도착율을 예측하고 이를 바탕으로 해당 기지국이 최대 수락 가능한 호 개수에 따른 임계값을 결정한다. 분산 호 수락 제어 방식은 호 도착율, 요구 대역폭 등 핸드오버 호에 관한 정보를 이웃 기지국들로부터 전달받기 때문에 중앙 예측 호 수락 제어 알고리즘에 비해 핸드오버 호에 대한 QoS 제공이 용이하다. 그러나 해당 알고리즘은 이와 같은 정보 교환을 통한 오버헤드를 발생시키고, 사용자의 서비스 종류와 그에 따른 자원 사용량을 고려하지 않아 다양한 종류의 서비스에 대하여 차별적인 QoS를 제공하기 어렵다.

대표적인 분산 호 수락 제어 알고리즘으로는 새 도우 클러스터 호 수락 제어 알고리즘이 있다[11]. 새도우 클러스터 호 수락 제어 알고리즘은 서비스를 사용 중인 모든 단말의 위치, 이동 속도, 이동 방향 등을 고려하여 단말이 현재의 셀에서 어느 인접 셀로 이동할 것인지 예측한다. 단말이 이동할 것으로 예측되는 인접 셀들은 해당 단말의 서비스 제공을 위해 자원을 예약한다. 이와 같은 방법으로 새 도우 클러스터 호 수락 제어 알고리즘은 높은 자원

효율을 갖지만, 서비스를 사용 중인 모든 단말의 이동성을 고려하는데 따르는 오버헤드가 크다는 단점이 있다.

III. 제안하는 호 수락 제어 알고리즘

제안하는 호 수락 제어 알고리즘은 LTE 시스템에서의 사용자의 QoS 제약사항, 특히 패킷 지연 요구 사항을 만족시키는 것을 목표로 한다. 이를 위해 제안하는 알고리즘은 패킷 지연, LTE의 자원 단위인 PRB(Physical Resource Block)의 사용률, 그리고 기간망으로부터 LTE 기지국인 eNB(evolved Node B)로 도착하는 트래픽 클래스 별 트래픽 양을 측정한다. 그리고 이동 구간 평균법을 사용하여 측정값들에 대한 평균 및 표준편차를 계산하고 이를 바탕으로 호 수락 제어를 수행하기 위한 두 개의 임계값을 도출한다. 그림 1은 이동 구간 평균법을 적용하기 위한 윈도우의 구성의 한 예를 보여주고 있다.

하나의 윈도우는 하나 이상의 서브윈도우로 구성되며, 서브 윈도우의 크기는 연속되는 두 개의 호 요청의 도착 시간 간격(inter-arrival time)으로 정의된다. n번째 호 요청의 도착 시간 t_n 에서의 윈도우 크기 $N^{window}(t_n)$ 는 식 (1)과 같이 결정된다. 여기서 $N^{window}(t_n)$ 의 단위는 서브윈도우의 개수이고 $T_{avg}^{conn_holding}$ 와 $T_{avg}^{inter_arrival}$ 는 평균 연결 지속 시간과 평균 호 도착 시간 간격이다. $N^{window}(t_n)$ 는 호 요청이 도착할 때마다 갱신되며, 계산된 값은 이동 구간 평균법에서 반영할 통계값의 범위를 결정한다. 요청 호의 도착 시간 t_n 에서 임계값 $TH_1(t_n)$ 는

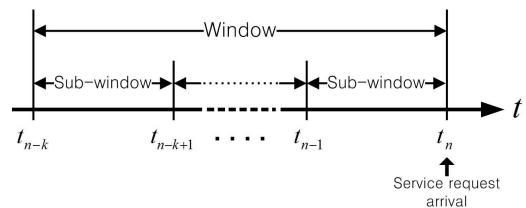


그림 1. 윈도우 구성

$$N^{window}(t_n) = \begin{cases} N^{window}(t_{n-1}) + 1, & \text{for } N^{window}(t_{n-1}) < \lceil T_{avg}^{conn_holding} / T_{avg}^{inter_arrival} \rceil \\ N^{window}(t_n), & \text{for } N^{window}(t_{n-1}) = \lceil T_{avg}^{conn_holding} / T_{avg}^{inter_arrival} \rceil \\ N^{window}(t_n). & \text{for } N^{window}(t_{n-1}) > \lceil T_{avg}^{conn_holding} / T_{avg}^{inter_arrival} \rceil \end{cases} \quad (1)$$

$$TH_1(t_n) = \begin{cases} \min\left(TH_1(t_{n-1}) + \frac{1}{N_{total}^{PRB}}, TH_2(t_{n-1})\right), & \text{for } D_{avg}^j(t_n) + D_{std}^j(t_n) < D_{MAX}^j \text{ for } \forall j \\ & \text{and } U_{avg}^{PRB}(t_n) > TH_1(t_{n-1}) - U_{std}^{PRB}(t_n), \\ \max\left(TH_1(t_{n-1}) - \frac{1}{N_{total}^{PRB}}, 0\right), & \text{for } D_{avg}^j(t_n) + D_{std}^j(t_n) \geq D_{MAX}^j \text{ for } \exists j \\ & \text{and } U_{avg}^{PRB}(t_n) < TH_1(t_{n-1}) + U_{std}^{PRB}(t_n), \\ TH_1(t_{n-1}), & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

$$TH_2(t_n) = TH_1(t_n) + (1 - MDR(t_n))^2 \times (1 - TH_1(t_{n-1})). \quad (3)$$

식 (2)와 같이 계산된다. 여기서 $D_{avg}^j(t_n)$ 와 $D_{std}^j(t_n)$ 는 각각 트래픽 클래스 j 의 패킷 지연에 대한 윈도우 평균과 표준편차, $D_{MAX}^j(t_n)$ 는 트래픽 클래스 j 의 최대 허용 패킷 지연, $U_{avg}^{PRB}(t_n)$ 는 PRB 사용률의 윈도우 평균, $U_{std}^{PRB}(t_n)$ 는 PRB 사용률의 윈도우 표준편차를 나타낸다. N_{total}^{PRB} 는 하나의 TTI(Transmission Time Interval) 동안 하향링크에서 사용 가능한 PRB의 개수로서 LTE 시스템의 채널 대역폭에 따라 결정된다. PRB 사용률 및 트래픽 클래스 별 패킷 지연의 윈도우 평균과 표준편차는 각 서브윈도우 평균들에 대해 계산된다. 서브윈도우 평균은 각 지표들에 대한 서브윈도우의 구간으로 정규화 된 평균이다. t_{n-1} 과 t_n 구간에서 PRB 사용률의 서브윈도우 평균을 $u^{PRB}(t_n)$, 트래픽 클래스 j 에 대한 패킷 지연의 서브윈도우 평균을 $d^j(t_n)$ 로 표시하면, $U_{avg}^{PRB}(t_n)$ 과 $U_{std}^{PRB}(t_n)$ 는 각각 $u^{PRB}(t_{n-N_{window}(t_n)})$ 에서 $u^{PRB}(t_n)$ 까지의 시간구간 $[t_{n-N_{window}(t_n)}, t_n]$ 에서의 u^{PRB} 값들에 대한 평균과 표준편차이고, $D_{avg}^j(t_n)$ 와 $D_{std}^j(t_n)$ 는 각각 시간구간 $[t_{n-N_{window}(t_n)}, t_n]$ 에서의 d^j 에 대한 평균과 표준편차이다.

임계값 $TH_2(t_n)$ 는 식 (3)과 같이 계산된다. 여기서 $MDR(t_n)$ 는 다음과 같다.

$$MDR(t_n) = \max\left(\min\left(\frac{d^j(t_n)}{D_{MAX}^j} - 1, 1\right)\right) \text{ for } \forall j. \quad (4)$$

제한하는 호 수락 제어 알고리즘은 계산된 두 임계값 $TH_1(t_n)$ 및 $TH_2(t_n)$ 와 $u^{PRB}(t_n)$ 에 따라 호 수락 제어를 수행한다. 식 (4)와 같은 조건을 만족할 경우, 요청된 호는 수락된다.

$$u^{PRB}(t_n) \leq TH_1(t_n) \quad (5)$$

다음과 같은 조건을 만족할 경우, 요청된 호는 거절된다.

$$u^{PRB}(t_n) \geq TH_2(t_n) \quad (6)$$

아래의 식 (6)과 같이 $u^{PRB}(t_n)$ 이 임계값 $TH_1(t_n)$ 와 $TH_2(t_n)$ 사이에 위치할 경우, 요청 호의 신규 호 또는 핸드오버 호 여부에 따라서 서로 다른 기준으로 호 수락이 이루어진다.

$$TH_1(t_n) < u^{PRB}(t_n) < TH_2(t_n) \quad (7)$$

요청 호가 핸드오버 호일 경우 요청 호는 수락된다. 그리고 요청 호가 신규 호일 경우 요청 호의 서비스 종류에 따라 호 수락 여부가 결정된다. 요청 호의 서비스 종류가 트래픽 클래스 j 일 경우, 임의의 거절 확률 $B^j(t_n)$ 를 통해 호 수락이 이루어진다.

$$B^j(t_n) = \min\left(\frac{V_{std}^j(t_n)}{V_{std}^{sum}(t_n)} \times W(t_n), 1\right) \quad (8)$$

여기서 $W(t_n) = 2^{N^{count}(t_n)} - 1$, $V_{std}^j(t_n)$ 는 기간 망으로부터 eNB로 도착하는 트래픽 클래스 j 의 트래픽량의 윈도우 표준편차이다. 그리고 $V_{std}^{sum}(t_n)$ 은 모든 트래픽 클래스에 대한 $V_{std}^j(t_n)$ 의 합이다. $N^{count}(t_n)$ 는 $i \leq n$ 에 대해서 $u^{PRB}(t_i) > TH_1(t_i)$ 를 만족하는 연속된 요청 호의 개수를 의미한다. 즉, $u^{PRB}(t_{n-1}) > TH_1(t_{n-1})$ 일 경우 $N^{count}(t_n)$ 는

$N^{count}(t_{n-1}) + 1$ 이며 $u^{PRB}(t_{n-1}) \leq TH_1(t_{n-1})$ 일 경우 $N^{count}(t_n)$ 는 0의 값을 가진다.

IV. 성능 평가

제안하는 호 수락 제어 알고리즘의 성능 검증을 위해 몬테 카를로의 이벤트 드리븐 방식을 적용하여 3GPP LTE 하향링크 시스템을 모델링 하였다. 성능 평가에 사용된 값들은 표 1과 같다. 250m의 반경을 갖는 육각형 모양의 일곱 개의 셀을 가정하였고, 각 셀의 eNB는 전방향 안테나를 사용한다. MAC 스케줄러는 1ms마다 동작하며, 스케줄링 알고리즘은 PF 알고리즘을 가정하였다^[13]. eNB는 하나의 사용자 단말(User Equipment: UE)을 위하여 트래픽 종류 별로 각 10Mbytes크기의 버퍼를 가진다. 시스템의 중심 주파수는 2.3GHz, 전송 대역폭은 5MHz로 하나의 TTI동안 전송 가능한 총 PRB 개수는 50개이다. 무선 채널 환경은 인접 셀 간섭은 고려하지 않고 다중 경로 페이딩과 전파 경로 손실만을 가정하였으며, 전파 경로 손실은 modified COST231-Hata 모델을 사용하였다^[14]. 1750대의 UE

표 1. 성능 평가 환경

Parameter	Value	Remark
Number of cells	7 cells	-
Number of UEs	1750 UEs	-
Bandwidth	5 MHz	50 PRBs/TTI
Traffic ratio	1:1:1:1 1:1:4:4	FTP:Web:Video:VoIP
Mean service duration	180 sec	Exponential distribution
Simulation time	10000 sec	-
TTI	0.001 sec	-
Queue length	10^7 Byte	-
Backhaul data rate	10^6 Byte/UE	-
Velocity of UE	4 Km/h	-
Flight time	Max: 20 sec Min: 10 sec	Uniform distribution

를 가정하였으며 이들은 모의 실험 시작 시 각 셀에 균등하게 분포되고 random walk 이동성 모델에 따라 움직인다. UE의 이동성을 고려하기 위하여 4km/h의 이동 속도를 가지는 랜덤 워크 모델을 가정하였다. 시뮬레이션은 10,000초를 수행하였으며, 초기 천이 과정의 데이터를 배제하기 위하여 0초에서 2,000초까지의 데이터는 반영하지 않는다.

요청되는 트래픽은 표 2와 같은 특성을 가지는

표 2. 트래픽 특성

QoS class	Service	Components	Statistical characteristics	Parameters
Best effort	FTP	File size	Truncated lognormal distribution	Mean: 2 MBytes Std. dev.: 0.722 MBytes Max: 5 MBytes
		Reading time	Exponential distribution	Mean: 180 sec
Interactive data	Web browsing (HTTP)	Number of pages per session	Lognormal distribution	Mean: 17 Std. dev.: 22
		Main object size	Truncated lognormal distribution	Mean: 10710 Bytes Std. dev.: 25032 Bytes Max: 2 MBytes Min: 100 Bytes
		Embedded object size	Truncated lognormal distribution	Mean: 7758 Bytes Std. dev. : 126168 Bytes Max: 2 MBytes Min: 50 Bytes
		Number of embedded objects per pages	Truncated Pareto distribution	Mean: 5.64 Max: 53
		Reading time	Exponential distribution	Mean: 30 sec
		Parsing time	Exponential distribution	Mean: 0.13 sec
Streaming	Video (64 Kbps)	Session duration(movie)	Deterministic	3600 sec
		Inter-arrival time between the beginning of each frame	Deterministic	100ms (based on 10 frames per second)
		Number of packets in a frame	Deterministic	8 packets per frame
		Packet size	Truncated Pareto distribution	Mean: 50 Bytes Max: 250 Bytes
		Inter-arrival time between the packets in a frame	Truncated pareto distribution	Mean: 6 msec Max: 12.5 msec
Voice	VoIP	Average call holding time	Exponential distribution	Mean: 210 sec
		Voice CODEC	AMR	12.2 kbps
		Frame length	Deterministic	20 msec
		Talk spurt length	Exponential distribution	Mean: 1026msec

표 3. 트래픽 종류별 QoS 제약사항

Traffic type	Service type	Considered QoS parameters			
		Delay (msec)	Delay variance (msec)	Packet loss (%)	Data rate (Kbps)
Voice	Conventional voice and video	< 200	< 1	< 1	8~64
	Voice message				
Streaming	Streaming audio and video	< 150	< 2000	< 1	20~384
Interactive data	E-commerce, WWW web browsing	< 300	-	0	1~10
	Telnet, interactive games				
Best effort	FTP, still image, paging	< 300	-	0	10 ~10000
	E-mail arrival notification				
	Fax				

FTP, web browsing, video streaming, VoIP을 고려하며, 하나의 UE는 한번에 하나의 서비스를 사용한다고 가정하였다^[14,15]. 트래픽 혼합비는 FTP, Web, Video, VoIP 순으로 1:1:1:1 및 1:1:4:4 인 환경에서 성능 평가를 수행하였다. 성능 평가를 위해 표 3에 나타나있는 단대단 QoS 제약 사항을 고려하였다^[16~19]. 성능 평가에서는 무선 접속망만을 고려하였으므로, 제안하는 호 수락 제어 알고리즘은 단대단 패킷 지연 제약 사항의 3분의 1을 만족하는 것을 목표로 한다. MAC 스케줄링과 호 수락 제어는 중심 셀에서만 수행되며, 패킷은 중심 셀에 위치한 UE의 호에 대해서 생성된다. 서비스 중인 UE가 중심 셀에서 인접 셀로 이동할 경우, eNB에 남아있는 패킷은 폐기되고, 서비스 중인 UE가 인접 셀에서 중심 셀로 이동할 경우 중심 셀로 이동함과 동시에 패킷이 생성된다. 인접 셀들에서 요청된 신규 호 및 핸드오버 호는 중심 셀과 동일한 확률로 거절된다.

성능 평가 요소로는 평균 데이터 전송률, 평균 PRB 사용률, 평균 패킷 지연, 그리고 호 거절률을 고려하였다. 평균 데이터 전송률은 초당 전송된 평균 비트 수를 의미하며, 평균 패킷 지연은 패킷이 기지국의 버퍼에 도착한 시점부터 전송이 완료된 시점 사이의 지연을 의미한다. PRB 사용률은 매 스케줄링 시간마다 측정된 전체 PRB 개수 대비 이용된 PRB의 개수의 평균이다. 호 거절률은 전체 요청된 호의 수 대비 거절된 호의 수의 비율을 나타낸다.

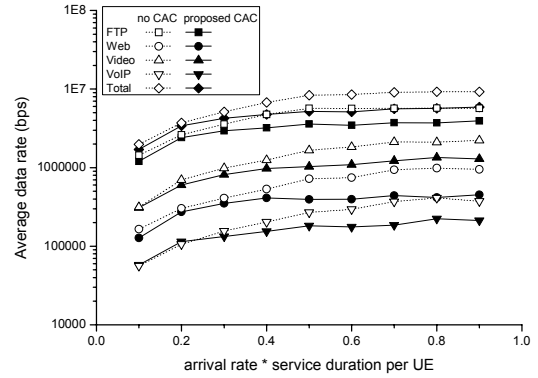


그림 2. 트래픽 혼합비가 1:1:1:1 일 때의 평균 데이터 전송률

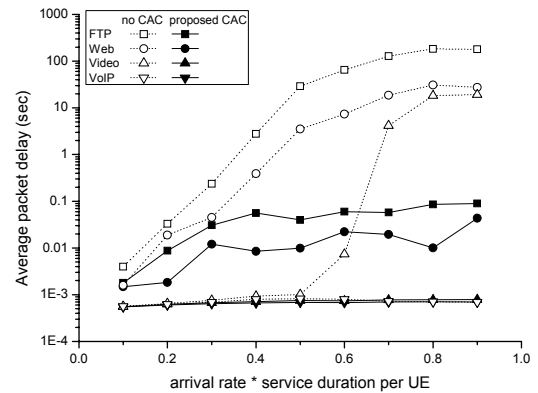


그림 3. 트래픽 혼합비가 1:1:1:1 일 때의 평균 패킷 지연

그림 2는 트래픽 혼합비가 1:1:1:1일 때의 UE의 서비스 시간 당 도착률 ρ 에 따른 평균 데이터 전송률을 나타낸다. 제안하는 호 수락 제어 알고리즘을 적용하였을 경우 적용하지 않았을 경우에 비해 낮은 평균 데이터 전송률을 보인다. 이는 무선 접속망의 혼잡 상황을 방지하기 위해 호 수락 제어 알고리즘이 요청 호의 일부를 거절하였기 때문이다. 그림 3은 트래픽 혼합비가 1:1:1:1일 때 ρ 에 따른 평균 패킷 지연을 나타낸다. 호 수락 제어 알고리즘을 적용하지 않았을 경우 FTP 서비스는 ρ 가 0.3일 때, 스트리밍 서비스는 ρ 가 0.7일 때 패킷 지연 요구 사항을 만족하지 못함을 보였다. 그러나 제안하는 알고리즘을 적용하였을 때에는 ρ 가 0.9인 매우 높은 트래픽 부하에서도 실시간 서비스뿐만 아니라 비실시간 서비스의 패킷 지연 요구 사항까지 만족함을 보였다. 그림 4는 트래픽 혼합비가 1:1:1:1일 때 PRB 사용률이다. 제안된 호 수락 제어 알고리즘은 QoS 요구사항의 만족을 위하여 호의 수락을 제한

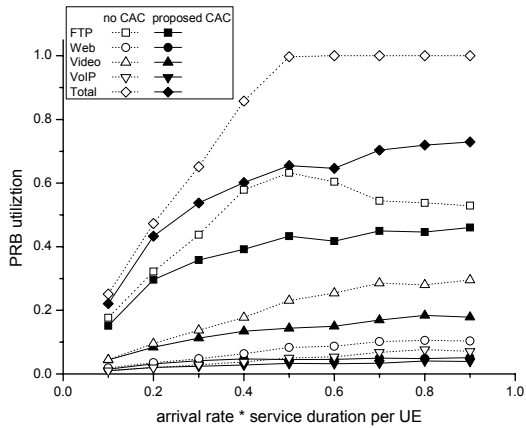


그림 4. 트래픽 혼합비가 1:1:1:1 일 때의 평균 PRB 사용률

하기 때문에 호 수락 제어 알고리즘을 사용하였을 경우 사용하지 않았을 경우보다 낮은 PRB 사용률을 보인다. 또한 PF 알고리즘은 FTP 서비스에 비해 다른 서비스들에게 높은 스케줄링 우선순위를 할당하기 때문에 호 수락 제어를 적용하지 않았을 경우 도착률이 높아질수록 FTP 서비스의 PRB 사용률이 낮아진다. 그림 5는 트래픽 혼합비가 1:1:1:1 일 때 ρ 에 따른 제안하는 알고리즘의 호 거절률을 나타낸다. 제안하는 호 수락 제어 알고리즘은 신규 호에 비해 핸드오버 호에게 더 높은 수락 가능성을 부여하므로 신규 호의 막힘 확률에 비해 낮은 핸드오버 호 거절률을 보인다. 또한 제안하는 호 수락 제어 알고리즘은 기간망에서 eNB로 도착하는 트래픽량의 편차를 반영하여 편차가 적은 트래픽을 우대하므로, 편차가 작은 실시간 호가 상대적으로 편차가 큰 비실시간 호에 비해 낮은 거절률을 보인다.

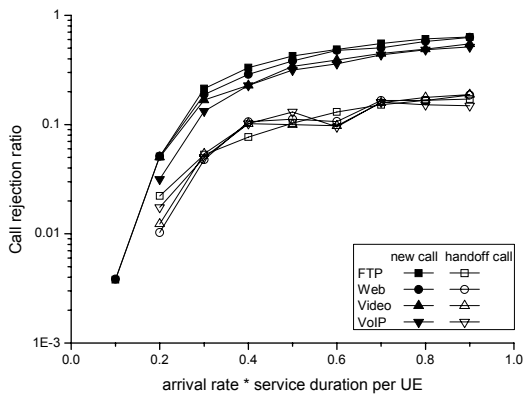


그림 5. 트래픽 혼합비가 1:1:1:1 일 때의 호 거절률

그림 6은 트래픽 혼합비가 1:1:4:4일 때의 ρ 의 변화에 따른 평균 데이터 전송률을 나타낸다. 트래픽 혼합비가 1:1:4:4일 경우 네 개의 서비스 종류 중 가장 큰 데이터 크기를 가지는 FTP 서비스의 발생 비율이 낮아졌기 때문에 최대 데이터 전송률이 트래픽 혼합비가 1:1:1:1일 경우에 비해 약 1.1Mbps 낮게 나타난다. 그림 7은 트래픽 혼합비가 1:1:4:4일 때의 평균 패킷 지연을 나타낸다. 호 수락 제어 알고리즘을 적용하지 않았을 경우 FTP 서비스는 ρ 가 0.4일 때, 웹 서비스는 ρ 가 0.6일 때, 스트리밍 서비스는 ρ 가 0.7일 때 패킷 지연 요구 사항을 만족하지 못하는 것과는 달리 제안하는 호 수락 제어 알고리즘을 적용하였을 경우 성능 평가를 수행한 모든 도착률에 대해 모든 서비스의 패킷 지연을 만족하였다. 그림 8은 트래픽 혼합비가 1:1:4:4일 때 PRB 사용률을 나타낸다. 그림 4에서는 ρ 가 0.6일 때 FTP 서비스의 PRB 사용률이 낮아지기 시작했지만, 트래픽 혼합비가 1:1:4:4일 때에

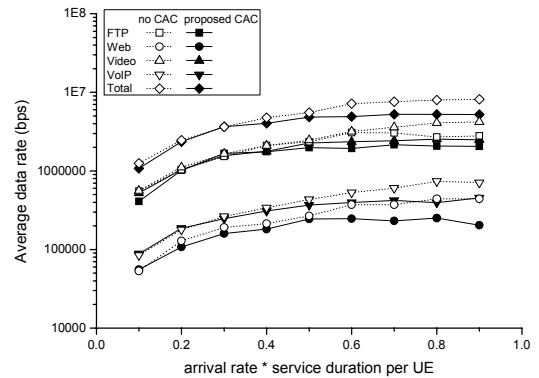


그림 6. 트래픽 혼합비가 1:1:4:4 일 때의 평균 데이터 전송률

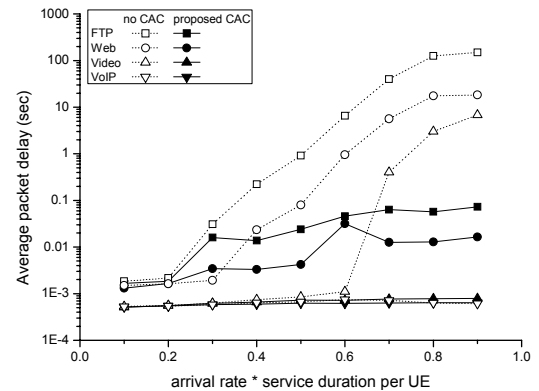


그림 7. 트래픽 혼합비가 1:1:4:4 일 때의 평균 패킷 지연

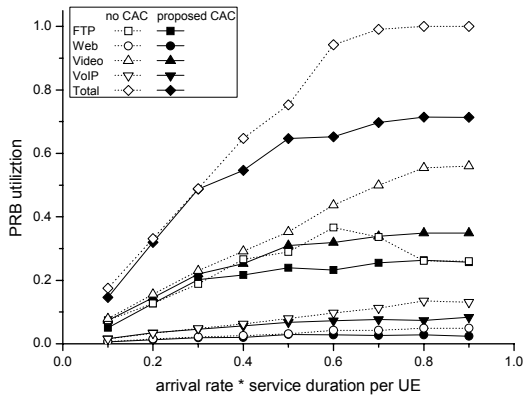


그림 8. 트래픽 혼합비가 1:1:4:4 일 때의 평균 PRB 사용률

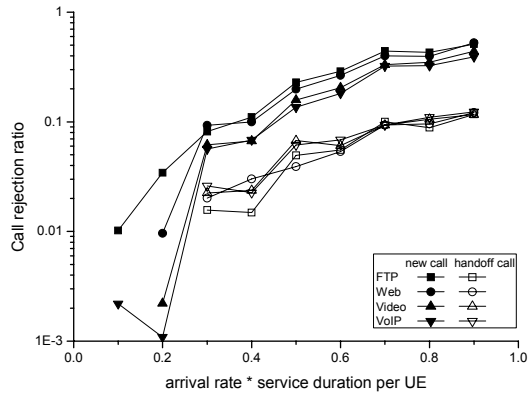


그림 9. 트래픽 혼합비가 1:1:4:4 일 때의 호 거절률

는 ρ 가 0.7일 때 FTP 서비스의 PRB 사용률이 낮아지는 경향을 보였다. 이는 발생하는 데이터의 크기가 가장 큰 FTP 서비스의 발생 비율이 낮아졌기 때문이다. 그림 9는 트래픽 혼합비가 1:1:4:4일 때 제안하는 알고리즘의 호 거절률을 나타낸다. 비실시간 서비스는 실시간 서비스에 비해 높은 데이터 밀집현상(burstness)과 데이터 크기를 가지므로, 트래픽 혼합비가 1:1:1:1인 경우에 비해 낮은 호 거절률을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 LTE 시스템에서 제공하는 다양한 서비스의 QoS를 보장하는 호 수락 제어 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 호 수락 제어 알고리즘은 윈도우를 기반으로 측정된 PRB 사용률과 서비스별 패킷 지연에 따라 동적으로 조절되는 두 개의 임계값을 통해 호 수락 제어를 수행한다. 또한 제안하는 호 수락 제어 알고리즘은 신규 호 및 핸드오

버 호 여부, 기간망으로부터 eNB에 도착하는 서비스별 트래픽 특성 등을 고려하여 무선 접속망의 혼잡 상황을 회피함으로써 사용자의 QoS를 보장한다. 본 논문에서는 LTE 시스템 레벨 시뮬레이터를 통해 제안하는 알고리즘에 대한 성능 평가를 수행하였다. 제안하는 알고리즘을 적용하였을 경우 요청되는 호의 거절로 인해 호 수락 제어를 수행하지 않은 경우에 비하여 낮은 평균 데이터 전송률과 PRB 사용률을 보였으나, 평균 패킷 지연은 표 3에서 정의된 최대 허용 패킷 지연 요구 사항을 만족하는 것을 확인하였다. 또한 제안하는 호 수락 제어 알고리즘은 신규 호와 핸드오버 호에게 서로 다른 호 수락 기회를 부여하기 때문에 핸드오버 호는 신규 호의 막힘 확률에 비해 낮은 절단률을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TS 36.300 v.8.3.0, "Evolved UTRA and Evolved UTRAN (E-UTRAN); Overall description," Nov., 2007.
- [2] White paper, "UMTS Evolution from 3GPP Release 7 to Release 8 HSPA and SAE/LTE," 3G Americas, Dec., 2007.
- [3] Y. Fang, and Y. Zhang, "Call Admission Control Schemes and Performance Analysis in Wireless Mobile Networks," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.51, No.2, pp.371-382, March, 2002.
- [4] L. Huang, S. Kumar, and C.-C. J. Kuo, "Adaptive Resource Allocation for Multimedia QoS Management in Wireless Networks," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.53, No.2, pp.547-558, March, 2004.
- [5] D. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.35, No.3, pp.77-92, Aug., 1986.
- [6] R. Ramjee, R. Nagarajan, and D. Towsley, "On Optimal Call Admission Control in Cellular Networks," IEEE/ACM Wireless Networks, Vol.3, pp.29-41, March, 1997.
- [7] R. Guerin, "Queueing-Block System with Two Arrivals Streams and Guard Channels," IEEE Trans. Commun., Vol.36, No.2, pp.153-163, Feb., 1988.

[8] D. McMillan, "Delay Analysis of a Cellular Mobile Priority Queueing System," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol.3, No.3, pp.310-319, June, 1995.

[9] T. Zhang, E. Berg, J. Chennikara, P. Agrawel, J.-C. Chen, and T. Kodama, "Local Predictive Resource Reservation for Handoff in Multimedia Wireless IP Networks," IEEE J. on Sel. Areas Commun., Vol.19, No.10, pp.1931-1941, Oct., 2001.

[10] M. Naghshineh and M. Schwartz, "Distributed Call Admission Control in Mobile/Wireless Networks," IEEE J. on Sel. Areas Commun., Vol.14, No.4, pp.711-717, May, 1996.

[11] D. A. Levine, I. F. Akyildiz, and M. Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol.5, No.1, pp.1-12, Feb., 1997.

[12] C. Qin, G. Yu, Z. Zhang, H. Jia, and A. Huang, "Power Reservation-based Admission Control Scheme for IEEE 802.16e OFDMA Systems," Proc. of IEEE WCNC, pp.1831-1835, March, 2007.

[13] S. Ryu, B.-H. Ryu, H. Seo, M. Shin, and S. Park, "Wireless Packet Scheduling Algorithm for OFDMA System Based on Time-Utility and Channel State," ETRI Journal, Vol.27, No.6, pp.777-787, Dec., 2005.

[14] A. Jalali, R. Padovani, and R. Pankaj, "Data Throughput of CDMA-HDR a High Efficiency-High Data Rate Personal Communication Wireless System," Proc. of VTC2000-spring, pp.1854-1858, July, 2000.

[15] WiMAX Forum, "WiMAX System Evaluation Methodology," v2.01, Dec., 2007.

[16] White paper, "Next Generation Mobile Networks Radio Access Performance Evaluation Methodology," Next Generation Mobile Networks (NGMN), v1.2, June, 2007.

[17] 3GPP TS 22.105 v8.4.0, "Services and service capacities," June, 2007.

[18] Application Traffic Model draft, Contributed to AWG.

[19] 3GPP TS 23.203 v8.2.0, "Policy and charging control architecture," June, 2008.

[20] ITU-T Recommendation G.1010, "End-user multimedia QoS categories," Nov., 2001.

배 성 재 (Sueng Jae Bae)

준회원



2008년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 학사
 2008년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 석사과정
 <관심분야> 이동통신 네트워크, 무선 센서 네트워크, 모바일 IPTV

최 범 곤 (Bum-Gon Choi)

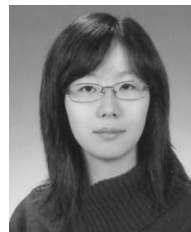
준회원



2007년 8월 성균관대학교 정보통신공학부 학사
 2009년 2월 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사
 2009년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 박사과정
 <관심분야> 무선 LAN, 무선 메쉬 네트워크, LTE

이 진 주 (Jin Ju Lee)

준회원



2007년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 학사
 2009년 2월 성균관대학교 휴대폰학과 석사
 2009년 2월~현재 삼성전자 DMC 부문
 <관심분야> LTE 시스템, 유무선망 트래픽 제어, IP 라우터 시스템

권 성 오 (Sungoh Kwon)

정회원



1994년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 학사
 1996년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
 1996년 1월~2001년 8월 신세기통신 기술연구소
 2007년 8월 Purdue University

ECE 박사
 2007년 8월~현재 삼성전자 DMC연구소 수석연구원
 <관심분야> 이동통신 네트워크, MAC설계, 간섭제어, Optimization

정 민 영 (Min Young Chung)

중신회원



1990년 2월 KAIST 전기 및
전자공학과 학사

1994년 2월 KAIST 전기 및
전자공학과 석사

1999년 2월 KAIST 전기 및
전자공학과 박사

1999년 1월~2002년 2월 ETRI

선임연구원

2002년 3월~현재 성균관대학교 정보통신공학부
부교수

<관심분야> 이동 통신 네트워크, 무선 LAN/PAN,
이동통신 네트워크, IP 라우터 시스템