

멀티 서비스 무선 인지 망을 위한 마르코프 큐잉모델을 이용한 호 수락 제어

A Call Admission Control Using Markovian Queueing Model for Multi-services Cognitive Radio Networks

이진이

청운대학교 전자공학과

Jin-yi Lee

Department of Electronic Engineering, Chungwoon University, Incheon, 402-803, Korea

[요 약]

본 논문에서는 멀티 서비스 무선 인지 망에서 2 차 사용자의 비 실시간 호의 강제 종료율을 줄이기 위한 마르코프 큐잉모델(M/M/1)을 기반으로 하는 호 수락제어를 제안한다. 멀티 서비스 무선 인지 망에서 2 차 사용자 호를 제어하는 기존의 방법에서는 가용 스펙트럼 홀을 실시간 사용자에게 우선 할당함으로써 비실시간 사용자 호의 강제 종료율이 증가하게 된다. 이를 해결하기 위해 제안된 기법은 비실시간 호의 서비스 품질 특성을 고려하여 가용채널이 생길 때까지 큐잉 시스템에서 대기한 후, 서비스를 지속하게 하여 강제 종료율을 줄인다. 1 차 사용자의 재출현은 신경망 기법으로 예측한다. 시뮬레이션을 통하여 2 차 사용자 호의 강제 종료율, 지연특성, 스펙트럼 사용효율을 분석하고, 기존의 방법과 비교하여 비실시간 호의 강제 종료율을 줄일 수 있음을 보인다.

[Abstract]

In this paper, we propose a Markovian queueing model(M/M/1)-based call admission control to reduce forced terminating rate of non-real secondary user's call for Multi-services Cognitive Radio Networks. A existing control has a problem that the forced terminating rate increases because of adopting a policy of spectrum priority allocation to real calls. In our scheme the rate can be reduced as the call that has no useful spectrum waits in a queue until getting an available spectrum. Our scheme use a neural-net based prediction of primary user's reappearance. Through the simulation, we analysis the call forced terminating rate, access delay and spectrum utilization efficiency, and then show that our scheme can more reduce the forced terminating rate of the call, compared to that of the existing algorithm.

Key words : M/M/1 queueing model, Multi-services CR networks, Call forced terminating rate, Call admission control, Neural-net based prediction.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.4.347>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 12 June 2014; Revised 28 August 2014
Accepted (Publication) 21 August 2014(30 August 2014)

*Corresponding Author, Jin-yi Lee

Tel: +82-32-770-8126

E-mail: jinyi@chungwoon.ac.kr

I. 서론

오늘날 무선 통신망에서는 무선 이용자 수의 급속한 증가와 더불어 다양한 무선 응용들의 출현으로 고속 데이터 전송에 필요한 광대역 주파수 자원이 요구되어 급기야 ISM 대역까지 사용하게 되었다. 더욱이 FCC 보고에 의하면 인가해준 주파수 대역의 대부분이 지역 과 시간에 따라서 많은 부분이 사용되지 않고 있는 것으로 보고되어, 이 스펙트럼을 재사용할 수 있는 기술의 개발이 필요하게 되었고, 이 기술이 인지 라디오(CR; cognitive radio) 기술이다. 인지 라디오 기술은 프로그램이 가능한 소프트웨어 라디오 플랫폼(SDR; software defined radio)에 기초한 기술로서, J. Mitola 에 의해 소개되었다[1].

인지 라디오 기술은 스펙트럼 사용 허가를 받은 1 차 사용자 망(PRN; primary radio network)과 허가를 받지 않는 2 차 사용자 망(CRN; cognitive radio network)이 공존하면서, 1 차 사용자(PU; primary user, licensed user)가 사용하지 않는 스펙트럼을 2 차 사용자(SU; secondary user, unlicensed user)가 기회적으로 사용한다. 이때 2 차 사용자는 1 차 사용자의 성능에 영향을 주지 않기 위해 트래픽 전송 파라미터(케리어 주파수, 전력, 사용 채널 수)와 호 수락 파라미터(QoS, 전송률, 지연)를 변화시킨다. 이를 위해 CR 망은 PU 망의 상태, 라디오 주파수 스펙트럼, PU의 동작 등과 같은 라디오 환경을 모니터링 하고, 넓은 주파수 대역을 감지하여 PU가 사용하지 않는 스펙트럼 홀을 찾아내고, PU에 간섭을 주지 않는 범위에서 통신을 하게 된다.

CR 의 air-interface는 4 가지의 주요 절차로 구성되는데, 스펙트럼 홀을 감지하는 스펙트럼 센싱기술, 스펙트럼 분석을 통하여 통신에 최적인 스펙트럼을 선택하는 스펙트럼 관리기술, PU신호가 감지될 때는 또 다른 주파수 대역으로 스위칭 하여 끊김이 없는(seamless)한 통신을 보장하기 위한 스펙트럼 이동 기술, 선택된 스펙트럼 대역을 수신기에게 알리는 기능과 공평한 스펙트럼 스케줄링을 위한 스펙트럼 분배기술이 있다[2]. 이상의 4 가지 CR 기술을 위한 각 계층에서의 표준화 작업이 IEEE 1900.4 와 IEEE802.22에서 이루어지고 있다. 1900.4에서는 멀티 라디오 액세스 기술을 이용하는 복합 무선망에서 라디오 자원관리, 재구성(reconfiguration) 관리, 고정 스펙트럼 할당과 동적 스펙트럼 액세스에서의 자원의 최적화를 다루고 있고, 2009년 4 월 이후 1900.4 워킹그룹은 P1900.4a 와 P1900.4.1 표준안을 연구하고 있다. IEEE 802.22 는 TV 의 주파수 스펙트럼에서 화이트 스페이스를 사용하는 무선 지역망(WAN)에 대한 표준안으로, 간섭을 주지 않고 기회적으로 TV주파수 대역을 사용하는 인터페이스를 정의하고, IEEE P802.22.1 와 IEEE P802.22.2 으로 구성되어 있다[3],[4].

CRN을 위한 MAC프로토콜은 다음과 같은 것들이 있다. DSAP(dynamic spectrum access protocol)서버를 통하여 2 차 사용자의 점유시간을 조절하는 동적 스펙트럼 액세스 프로토콜이 제안되어 있다. 이 기법은 중앙 집중 제어에 의한 스펙트럼 할당 방식이다[5]. 2 차 사용자의 QoS(패킷지연)를 기준으로 2

차 사용자에게 채널을 할당하는 호 수락제어방법이 있다[6]. 이 기법에서는 1 차 사용자를 2 상태 마르코프 체인으로 모델링 하고, 2 명의 2 차 사용자에 대한 큐잉지연과 버퍼에 대한 성능분석을 하였다. TV스펙트럼의 화이트 스페이스(white space, spectrum hole)를 2 차 사용자에게 할당하는 스펙트럼-감시(aware) MAC프로토콜이 제안되어 있다[7]. 여기서는 제안한 프로토콜을 QualNet에 적용하여 기존의 IEEE 802.11 기반 시스템보다 처리율(throughput)이 향상됨을 보였다. 1 차 사용자에 대한 간섭을 제한하면서 2 차 사용자가 스펙트럼을 동적으로 사용할 수 있게 하는 분산 COMAC(cognitive radio MAC)이 개발되어 있다[8]. 여기서는 레일리 페이딩 채널을 가정하여 사용자 간(PU-PU, PU-SU)의 확률적 간섭모델을 개발하여, 2 차 사용자 와 1 차 사용자 사이의 전력 마스크를 미리 정하지 않고, 1 차 사용자의 성능을 확률적으로 보장하면서 2 차 사용자에게 최대의 전력을 허용한다. 그 외 [9]에서는 ad-hoc망에서 1 차 사용자 와 2 차 사용자가 공존할 때, 중앙 제어가 동적으로 스펙트럼 할당을 제어하고, 두 사용자 호 도착에 대한 분산 마르코프 큐잉모델을 분석하여 2 차 사용자의 트래픽 밀도에 따른 액세스 지연특성을 연구하였고, [10],[11]에서는 2 차 사용자의 버퍼링 유무에 따른 시스템의 상태를 마르코프 모델로 구성하여 수치적 분석을 통한 2 차 사용자의 성능을 평가하였다.

CR망에서 1 차 사용자의 스펙트럼 핸드오프를 지원하기 위해 1 차 사용자의 도착을 예측하는 방법에는 기존의 셀룰러 이동통신망에서 호 도착을 예측하여 필요한 채널을 예약하는 방법을 적용할 수 있다. 대표적인 호 도착 예측 방법에는 신경 회로망 모델, 워너모델, 시계열 모델, 멀티미디어 one step 모델을 이용하는 방법이 있다[12]. 본 논문에서는 신경망을 이용한 예측방법을 사용하고, 논문[13]에서 제시한 연결 수락제어 기법에서 비 실시간 2 차 사용자의 스펙트럼 핸드오프 호의 서비스 강제 종료율을 줄이기 위하여 M/M/1마르코프 큐잉모델을 이용한 호 수락제어 기법을 제안하고, 그 성능을 보인다.

II 장에서는 본 논문에서 제안하는 2 차 사용자를 위한 큐 기반 호 수락제어 시스템을 기술하고, 신경망 기법에 의한 1 차 사용자의 도착을 예측하는 방법에 대해 기술한다. III 장에서는 인지 라디오 망에서 2 차 사용자를 위한 채널 공유기법을 제안하고, 이 채널 공유기법에 기초한 큐잉기반 호 수락제어 알고리즘을 기술한다. IV 장에서는 시뮬레이션을 통하여 2 차 사용자의 스펙트럼 핸드오프 호의 강제 종료율, 큐잉에 의한 서비스 지연 특성, 채널이용률에 대해서 제안한 방법과 기존의 방법을 비교하여 제안한 방법이 우수함을 보인다. V 장에서는 본 논문의 결론과 향후 관련 연구내용에 대해 기술한다.

II. 시스템 모델

본 논문에서 제안하는 큐 기반 호 수락제어 시스템 구조와 이동통신망에서 사용하는 트래픽 예측방법 및 신경망

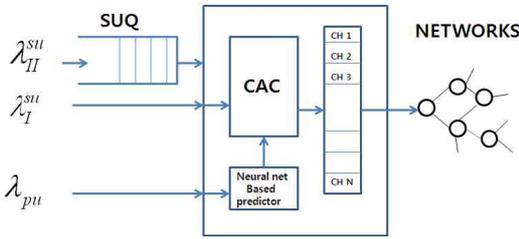


그림 1. 무선 인지망에서 큐 기반 호 수락제어
Fig. 1. Queue based CAC Model for CR Networks.

예측기법에 대해 기술한다.

2-1 Queue 기반 호 수락제어 시스템

2 차 사용자의 비실시간 호의 강제 종료율을 개선하기 위해 제안된 큐 기반 호 수락제어 시스템의 동작모델을 그림 1 에 나타낸다. SUQ(secondary users queue)는 M/M/1 큐로 모델링되고, 비실시간 2 차 사용자의 호가 스택(stack)에 대기하는 큐 구조를 갖고, FCFS(first come first service) 규칙에 따라 CAC(call admission control)에 의해 채널을 할당 받는다. M/M/1 큐잉 모델링에서 서버는 CAC 에 해당한다. λ_{II}^{su} 는 2 차 사용자의 비실시간 호의 도착율, λ_I^{su} 는 2 차 사용자의 실시간 호의 도착율, λ_{pu} 는 1 차 사용자 호의 도착율을 나타낸다. 모든 호의 도착은 포아송(Poisson)분포를 하며, 서비스 시간 분포는 지수함수 분포를 한다.

큐 기반 호 수락제어는 1 차 사용자의 재출현을 신경망 기법으로 예측하여 2 차 사용자가 스펙트럼 핸드오프 하여야 할 경우, 실시간 사용자가 여유채널을 우선하여 사용한다. 비실시간 사용자는 실시간 사용자가 사용하고 남은 채널이 있으면 서비스를 지속할 수 있고, 여분의 채널이 없을 때는 큐에서 대기한 후 여유채널이 생기면 서비스를 지속하여 기존의 버퍼링 메카니즘이 없는 기법과 비교하여 비실시간 2 차 사용자 호의 서비스 강제 종료율을 줄인다.

2-2 트래픽 예측방법

무선망에서 트래픽 예측은 특정 호의 서비스 품질을 보장하기 위하여 무선자원을 예약하여 호를 서비스 할 목적으로 사용하고 있다. 이동통신망에서는 핸드오버 호의 지속적인 서비스를 위해 핸드오버 호가 요구하는 자원의 양을 예측하고, 그 양을 예약하여 할당함으로써 서비스 중에 호가 손실되는 경우를 줄인다. 멀티 서비스 무선망에서는 실시간 호의 대역폭 우선 할당 정책에 의해 호가 요구하는 자원의 양을 미리 예측하여 요구하는 자원의 양을 예약하여 실시간 호의 서비스 품질을 보장한다. 2 차 사용자가 1 차 사용자의 채널을 기회적으로 사용하는 무선 인지 망에서는 1 차 사용자의 도착을 예측하고, 스펙트럼 핸드오프 해야 하는 2 차 사용자를 위해 미리 필요한 채널을 예약해 둬으로써 1 차 사용자에게 간섭을 주지 않고 2 차 사용

자가 계속 서비스를 받을 수 있도록 한다.

무선 호가 요구하는 자원의 양을 예측하는 방법에는 다음과 같은 것들이 있다. 핸드오버 호가 요구하는 자원의 양을 위너확률과정으로 모델링하여 예측하는 위너모델에 의한 예측방법, 시계열 예측방법인 ARMA모델을 이용하여 핸드오버 호가 이전에 사용한 자원의 양을 기초로 앞으로의 핸드오버 호가 사용할 자원의 크기를 예측하는 방법, 무선 멀티미디어 서비스에서 핸드오버 호의 허용품질의 한계값을 정하여, 그 값을 만족시키는 자원의 양을 예약하는 MMOSPRED(multimedia one step prediction)예측 방법, 신경망의 비선형 입력력특성과 학습기능을 이용하여 핸드오버 호가 사용한 이전의 자원의 크기를 기초로 앞으로 사용할 자원의 크기를 예측하는 신경망 기법을 이용한 방법이 있다. 본 논문에서는 신경망 기법을 이용한 예측방법을 사용한다.

2-3 신경망 예측기법

무선 인지망에서 1 차 사용자의 채널을 기회적으로 사용하는 2 차 사용자는 1 차 사용자의 출현을 예측하는 것이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 3 계층 전방향 구조의 신경망을 이용하여 특정 시점에서 특정 크기의 자원의 양을 요구하는 1 차 사용자의 출현을 예측한다. 신경망 구조는 그림 2 에 나타낸다.

신경망은 1 차 사용자 호가 이전에 사용한 채널의 양을 기초로 학습을 한다. 입력층에는 1 차 사용자 호가 $t_1 \sim t_n$ 에서 사용한 채널 수 $X_i = [x_1, x_2, \dots, x_n]$, 출력층 Y_i 에는 그 다음 시점 t_{n+1} 에서 사용한 채널수 x_{n+1} 가 각각 입력되어 신경망을 훈련하며, 이때 가중치들은 오류 역전파 알고리즘을 사용하여 갱신된다. 여기서, W_{ij} ($1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq k$)는 입력층 과 은닉층 사이의 가중치이고, W_j 는 은닉층과 출력층 사이의 가중치이다. 예측단계에서는 각 계층 간의 학습된 가중치를 이용하여, 1 차 사용자가 이전 시점($t_i, 1 \leq i \leq n$)에서 사용한 채널 수 n 개가 입력되고, 그 다음 시점 t_{n+1} 에 사용할 예측된 채널 수 Y_i 를 얻는다.

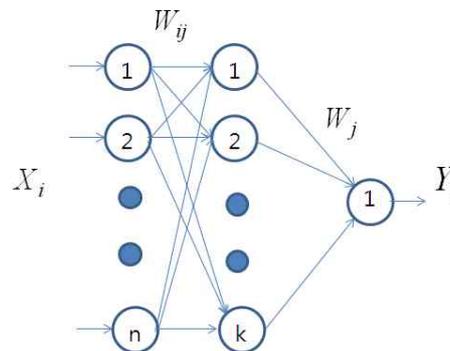


그림 2. 3 계층 전방향 신경망
Fig. 2. 3 Layer forward neural networks.

III. Queue 기반 호 수락제어 알고리즘

본 논문에서 제안하는 사용자 간의 자원공유기법과 2차 사용자의 비실시간 호가 서비스 중에 강제로 종료되는 경우를 줄이기 위한 큐 기반 호 수락제어 알고리즘을 보인다.

3-1 채널공유기법

2차 사용자의 비실시간 호의 강제 종료율을 줄이기 위하여 기존의 채널공유기법인 C_{CA} (cognitive user I Complete Access) 기법[13]을 변형하여 그림 3에 나타낸다.

C 는 1차 사용자의 스펙트럼 홀(spectrum hole)을 나타내며 이 스펙트럼 홀을 2차 사용자의 실시간 호(C_I^{su})와 비실시간 호(C_{II}^{su})가 사용한다. C_{SH} 는 1차 사용자와 2차 사용자의 호가 스펙트럼 핸드오프를 하여 지속적으로 서비스를 할 수 있도록 하기 위해 예약하여 사용할 수 있는 스펙트럼 홀의 크기를 나타낸다. C_I^{shf} 는 2차 사용자의 실시간 스펙트럼 핸드오프 호가 사용하는 채널의 양을 나타내고, C_{II}^{Qshf} 는 큐에 대기하고 있던 2차 사용자의 비실시간 호가 사용하는 채널의 양을 나타낸다.

기존의 C_{CA} 기법에서는 1차 사용자의 재출현으로 인해 2차 사용자의 비실시간 호가 스펙트럼 핸드오프를 해야 할 경우, 2차 사용자의 실시간 우선 채널할당으로 인해 가드채널에 여유채널이 없으면 손실되고 서비스가 강제로 종료된다. 이점을 개선하기 위해 본 논문에서의 채널 공유기법은 가드 채널에 여유채널이 없을 때는 큐에서 대기하고, 실시간 사용자 호 또는 다른 비실시간 사용자 호가 서비스 종료 후 생기는 대역을 사용하여 서비스를 지속할 수 있도록 한다.

3-2 호 수락제어 알고리즘

1차 사용자의 재출현으로 2차 사용자가 사용하고 있는 주파수 채널을 비워 주어야 할 때, 2차 사용자의 서비스가 중단되는 경우를 방지하기 위해 1차 사용자의 도착을 신경망 예측모델을 사용하여 예측하고, 실시간 호에 대해서는 미리 요구하는 채널의 양을 예약하여 서비스를 계속 할 수 있게 하고, 비실시간 호에 대해서는 여유채널이 없을 때는 서비스의 요구 특성을 고려하여 큐(Queue)에서 대기하도록 하여 가용채널이 생기면 서비스를 계속 할 수 있도록 한다.

본 논문의 큐를 이용한 비실시간 호의 서비스 품질향상을 위한 호 수락제어 방법은 기존의 방법[13]과는 다르게 실시간 호와 비실시간 호의 서비스 품질을 동시에 만족시키기 위한 것이다. 그림 4는 2차 사용자의 실시간 호와 M/M/1 큐잉모델을 이용한 비실시간 호의 서비스를 위한 호 수락제어 알고리즘을 나타낸다. 여기서, $C_{pu}^p(t)$ 는 1차 사용자의 예측된 채널사용량을 나타낸다.

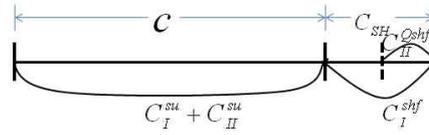


그림 3. 채널 공유기법
Fig. 3. Channel Sharing Scheme.

```

Secondary Users' Call Control
/*classify real and non-real traffic */
{ Find  $C, C_{pu}^p(t), C_I^{shf}(t), C_{II}^{shf}(t), C_{SH}(t), C_{SH}^{avail}(t);$ 
  Find  $C_{SH}^{avail}(t) = C_{SH}(t) - C_I^{shf}(t);$ 
}
/*Call Admission Control*/
{
  IF ( su == real traffic )
    IF (  $C_{SH}(t) \geq C_I^{shf}(t)$  )
      the call accepted ;
    ELSE
      the call rejected ;
  ELSE /* su is non-real traffic */
    IF (  $C_{SH}^{avail}(t) \geq C_{II}^{shf}(t)$  )
      the call accepted ;
    ELSE /* M/M/1 Queueing Model */
      WHILE /* Waiting in Queue until getting
        available channels */
        { IF (  $C_{SH}^{avail}(t) \geq C_{II}^{shf}(t)$  )
          the call accepted ;
        ELSE /*OVERFLOW*/
          the call rejected ;
          BREAK ;
        }
  }
}

```

그림 4. M/M/1 큐잉모델에 의한 2차 사용자의 호 수락제어 알고리즘
Fig. 4. CAC algorithm for SU control based on M/M/1 queueing model.

IV. 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 비실시간 2차 사용자의 QoS 향상을 위한 큐 기반 호 수락제어 시스템의 성능을 기존의 방법[13]과 비교한다. 1차 사용자와 2차 사용자 간의 스펙트럼 공유구조는 일렬구조(overlaying, 1차 사용자 채널 $M=3[Bu]$, 2차 사용자 채널 $N=12[Bu]$)를 사용하여 1차 사용자의 간섭을 없게 하고, $C_{SH}=8[Bu]$ 이다. 마르코프 큐잉모델을 위한 1차 사용자와 2차 사용자의 호 도착(λ)은 각각 포아송 분포를 하며, 평균 서비스율(μ)은 지수함수 분포를 한다. 1차 사용자의 평균

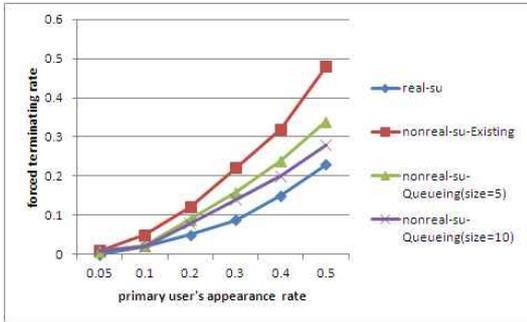


그림 5. 큐 크기에 따른 2 차 사용자 호의 강제 종료율
Fig. 5. SU forced terminating rate vs. queue size.

도착율과 평균 서비스율은 각각 $\lambda_{pu} = 0.05 \sim 0.5$ [개/초], $\mu_{pu} = 0.06$ [1/초]이다. 2 차 사용자의 실시간 호와 비 실시간 호의 도착율과 서비스율은 각각 다음과 같다. 실시간 사용자 호와 비실시간 사용자 호의 도착율 $\lambda_I^{su} = \lambda_{II}^{su} = 0.68$ [개/초], 서비스율 $\mu_I^{su} = \mu_{II}^{su} = 0.82$ [1/초]. 1 차 사용자의 출현 예측은 3 계층 전방향 구조의 신경망 예측방법을 이용한다.

그림 5 는 2 차 사용자의 실시간 호 와 비 실시간 호의 강제 종료율에 대해 제안된 기법의 큐 크기에 따른 성능을 기존의 방법과 비교한 것이다. 1 차 사용자의 재출현율이 증가할수록 2 차 사용자의 실시간 호와 비 실시간 호의 강제 종료율은 증가함을 볼 수 있고, 비 실시간 호의 강제 종료율은 기존의 방법에 비해 상대적으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 1 차 사용자의 재출현으로 인해 비 실시간 2 차 사용자 호가 스펙트럼 핸드오프를 해야 할 경우, 기존의 기법에서는 유용한 자원이 없을 경우는 즉시 강제 종료되지만, 제안된 기법에서는 큐에 대기 후 유용한 자원이 생기면 대기 순위(FCFS)에 따라 지속적으로 서비스를 받게 함으로써 강제로 종료되는 경우를 줄이기 때문이다. 그리고 큐의 길이가 길수록 상대적으로 감소하는 것을 볼 수 있다(size 5일 때 평균 약 6.12% 감소, size 10일 때 평균 약 9.02% 감소). 2 차 사용자의 실시간 사용자 호에 대해서는 기존의 방법과 동일한 결과를 보인다.

그림 6 은 큐 크기에 따른 2 차 사용자의 비실시간 호에 대한 채널의 평균 액세스 지연을 나타낸다. 1 차 사용자의 재출현율이 작을 때는 큐 크기가 클수록 지연이 증가하지만, 1 차 사용자의 출현율이 어느 정도 이상(0.3) 증가하면 유한 크기의 큐에 의해 거의 일정 한 양의 지연을 나타낸다. 이것은 큐의 지연은 큐의 용량보다는 유효자원의 크기에 영향을 받기 때문이다.

그림 7 은 스펙트럼 사용효율을 나타낸 것이다. 1 차 사용자의 출현율이 증가할수록 2 차 사용자의 스펙트럼 핸드오프 호의 수는 증가하게 되어 스펙트럼 사용률이 증가한다. 기존의 방법에서는 2 차 사용자의 비실시간 사용자 호가 스펙트럼 핸드오프 해야 할 경우 여유채널이 없을 때는 즉시 손실되지만, 제안한 방법에서는 실시간 사용자 호 또는 그 전의 비실시간 사용자 호의 서비스 종료 후 그 다음 시점에서 발생하는 여유 채널을 이용할 수 있으므로 대역폭 이용률이 약간 증가하고,

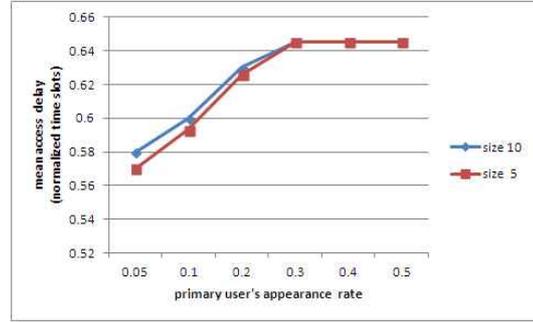


그림 6. 2 차 사용자 호의 평균 액세스 지연
Fig. 6. Mean access delay for non-real time SU.

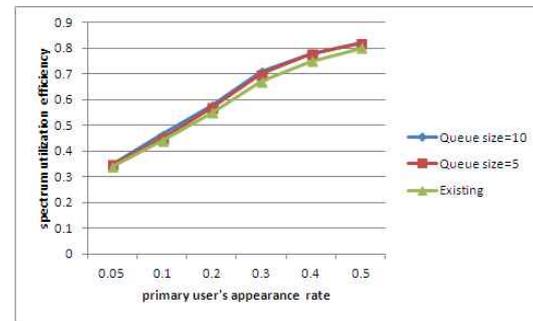


그림 7. 스펙트럼 사용효율
Fig. 7. Spectrum utilization efficiency.

큐 크기에 따른 이용률의 변화는 거의 없음을 볼 수 있다.

따라서 제안한 방법은 기존의 방법과 비교하여 2 차 사용자 의 비실시간 호의 강제종료율과 대역폭 사용효율에서 개선됨을 알 수 있다.

V. 결 론

주파수 인지 사용기술은 무선 자원의 부족을 해결할 수 있는 지능적인 기술이지만, 원칙적으로 2 차 사용자는 1 차 사용자에게 간섭을 주지 않는 조건에서 주파수 자원을 이용해야 하기 때문에 2 차 사용자의 품질보장이 또 하나의 과제이다.

본 연구에서는 멀티 서비스 인지 사용자 망에서 1 차 사용자에게 간섭을 주지 않으면서도 비실시간 인지 사용자의 QoS를 증가시키기 위한 방법으로 1 차 사용자의 출현예측과 마르코프 큐잉모델 기법을 이용한 호 수락제어 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 기법의 성능을 기존의 방법과 비교하여 비 실시간 호가 서비스 중 강제로 종료되는 확률을 줄일 수 있음을 보였다.

향후 과제는 시변 크기의 스펙트럼 홀을 갖는 경우, 버스트(burst) 2 차 사용자 트래픽의 QoS 를 보장하기 위한 적응 호 수락제어기법과 큐잉모델에 의한 수치적 분석에 관한 연구이다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 청운대학교 학술연구조성비 지원에 의해 연구되었음.

참고문헌

- [1] J. Mitola III and G. Q. Maguire Jr., "Cognitive radio: making software radios more personal," *IEEE Personal Communications*, Vol. 6, No. 4, pp.13-18, Aug. 1999.
- [2] I. F. Akyildiz, W. Y. Lee, et al., "Next generation/dynamic spectrum access /cognitive radio wireless networks : a survey," *Computer Networks*, Vol. 50, pp.2127-2159, 2006.
- [3] H. Harada, et al., "White space communication enabled by IEEE standard1900.4," Available: <https://mentor.ieee.org/802-sg-whitespace>, Feb., 2009.
- [4] C. Cordeiro, et al., "IEEE 802.22 : The first worldwide wireless standard based on cognitive radios," in *The Dynamic Spectrum Access Networks Conference 2005*, Baltimore : MD , pp. 328-337, Nov. 2005.
- [5] V. Brik, et al., "DSAP : A protocol for coordinated spectrum access," in *The Dynamic Spectrum Access Networks Conference 2005*, Baltimore : MD , pp. 611-614, Nov., 2005.
- [6] Mohammad M. Rashid, et all, "Opportunistic spectrum access in cognitive radio networks : A queueing analytic model and admission controller design," in *The Global Telecommunications Conference 2007*, Washington: DC , pp. 4647-4652.
- [7] Y, Yuan, et al., "Knows: cognitive networking over white spaces," in *The Dynamic Spectrum Access Networks Conference 2007*, Dublin: Ireland, pp. 416-427, April 2007.
- [8] Haythem A. Bany Salameh, et al., "MAC protocol for opportunistic cognitive radio networks with soft guarantees," *IEEE Transaction on Mobile Computing*, Vol. 8, No 10, pp.1339-1352, Oct. 2009.
- [9] L. Zhang, et al., "An integrated cluster based multi channel MAC protocol for mobile ad hoc networks," *IEEE Transaction on Wireless Communications*, Vol. 6, No.11, pp. 3964-3974, 2007.
- [10] Prabhjot Kaur, et al., "Markovian queueing model for dynamic spectrum allocation in centralized architecture for cognitive radios," in *The International Association of Computer Science and Information Technology Conference 2011*, Vol. 3, No.1, pp. 96-101, Feb. 2011.
- [11] Yan Zhang, et al., "Dynamic spectrum access in cognitive radio wireless networks," in *The International Communications Conference 2008*, Neworleans: LA, pp. 4927-4932.
- [12] J. Y. Lee, "Performance comparison of call admission control based on predictive resource reservation in wireless networks," *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol. 13, No.3, June 2009.
- [13] J. Y. Lee, "A predictive connection admission control using neural networks for multiclass cognitive users radio networks," *The Journal of Korea Navigation Institute*, vol. 17, No. 4, Aug. 2013.



이진이 (Jin-Yi Lee)

1985년 : 숭실대학교 전자공학과 (공학사), 1988년 : 숭실대학교 전자공학과 (공학석사)
 1994년 : 숭실대학교 전자공학과 (공학박사)
 1999년 - 2001년 : The winters & summers vacations, rsch scholar, Okla.State University, USA.
 2011년 1월 - 2012년 2월 : Visiting Professor, UBC, Canada.
 1995년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 전자공학과 교수
 ※관심분야 : 광대역 무선통신 망