

무선인지 기술 기반의 정책에 따른 동적 채널 선택 구조

준회원 나도현*, 정회원 유상조*

Policy-based Dynamic Channel Selection Architecture for Cognitive Radio Network

Do-Hyun Na* Associate Member, Sang-Jo Yoo* Regular Member

요 약

최근 FCC(Federal Communications Commission)에서는 통신 채널의 부족을 극복하기 위해 기존의 허가된 사용자의 무선 주파수에 대한 비 허가 사용자의 사용을 고려하고 있다. 이에 채널을 실시간으로 감지하고 선택하는 CR의 개념이 도입되어 IEEE 802.22 WRAN(Wireless Regional Area Networks) 워킹 그룹에서 CR(Cognitive Radio)의 기술개발을 진행 중에 있다. CR의 기술을 사용함에 있어서 채널을 선택하는 기준에 따라 네트워크의 통신 효율에 상당한 영향을 미치기 때문에 최적의 채널을 선택하는 방법이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 효율적인 통신을 위해 무선인지 기술 기반의 정책에 따른 동적 채널 선택 구조(Policy-based Dynamic Channel Selection Architecture for Cognitive Radio Network)를 제안한다. 제안하는 동적 주파수 선택 방법에는 가중치 채널 선택 방법(weighted channel selection)과 순차적 채널 선택 방법(sequential channel selection)과 혼합 채널 선택 방법(combined channel selection)의 세 가지 방법이 있으며 제안하는 방법을 사용함으로써 최적의 채널 리스트를 구성해 줄 수 있을 뿐만 아니라 동적으로 채널을 할당해 줄 수 있다.

Key Words : Dynamic Channel Selection, Policy Decision, Cognitive Radio Network.

ABSTRACT

Recently, FCC(Federal Communications Commission) has considered for that unlicensed device leases licensed devices' channel to overcome shortage of communication channels. Therefore, IEEE 802.22 WRAN(Wireless Regional Area Networks) working group progresses CR (Cognitive Radio) technique that is able to sense and adopt void channels that are not being occupied by the licensed devices. Channel selection is of the utmost importance because it can affect the whole system performance in CR network. Thus, we propose a policy-based dynamic channel selection architecture for cognitive radio network to achieve an efficient communication. We propose three kinds of method for channel selection; the first one is weighted channel selection, the second one is sequential channel selection, and the last one is combined channel selection. We can obtain the optimum channel list and allocates channels dynamically using the proposed protocol.

I. 서 론

무선 통신 기술의 급격한 발전과 다양한 무선 통

신 서비스의 개발로 인해 무선 통신 시스템에서 사용할 수 있는 주파수가 부족한 실정이다. 또한, 이러한 무선 통신 기술의 발전에 따라 소비자들은 높

※ 이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

* 인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망 연구실 (dony1117@paran.com, sjyoo@inha.ac.kr)

논문번호 : #KICS2007-04-199, 접수일자 : 2006년 04월 30일, 최종논문접수일자 : 2007년 6월 18일

은 데이터율을 요구하기 때문에 추가적인 주파수 대역이 필요하다. 하지만, 현재 사용 가능한 대다수의 주파수 대역들은 이미 할당되어 있어 새로운 무선 시스템을 위한 주파수 자원은 매우 부족한 상황이다.

최근 FCC(Federal Communications Commission)는 기존의 허가된 사용자에게 할당된 주파수가 대부분의 시간동안 사용되지 않고 있다는 것을 보고 하였다¹⁾. 이에 따라, 주파수 부족 문제를 해결하기 위해 이미 허가된 다른 무선 통신 시스템에 할당 되어있는 주파수 대역이지만 실제로 사용되지 않고 있는 주파수 대역을 감지하여 이를 사용할 수 있는 CR(Cognitive Radio)의 개념이 제시 되었다.

CR은 기존의 방법과 같이 국가의 주파수 정책에 따라 정부로부터 할당 받는 것이 아니라 이미 기존의 허가된 시스템에 할당 되어 있지만 시간적, 공간적으로 사용되지 않고 있는 주파수 자원을 기존의 허가된 시스템에 간섭을 주지 않고 사용하는 기술이다. 이 기술은 Joseph Mitola III에 의하여 제안되었으며²⁻⁴⁾, 미국 FCC에 의해 무선 인지 기술의 사용이 승인되어^{5,6)}, IEEE 802.22 WRAN(Wire-less Regional Area Networks) 워킹 그룹을 통하여 기술 개발이 진행되고 있다⁷⁾.

CR의 개념이 제시되기 이전에는 주로 비허가 대역에 있어서 채널의 공유 (sharing) 방법이 주로 연구 되었다.⁸⁻¹⁰⁾ 주로 비허가 대역에서 이웃 BS (Base Station)과 경쟁적으로 채널을 선점하여 사용하고자 하는 방법을 제시하거나,⁸⁾ 경쟁하는 이웃 BS가 존재할 때 채널 사용 이력을 확률 모델로 구성하여 최소의 경쟁으로 채널 사용 기회를 증가시키는 방법,⁹⁾ 또는 중앙 집중적 채널 관리 프로토콜을 제시하여 최적의 채널을 대여하여 사용하게 하는 방법을 제시 하였다.¹⁰⁾ 이와 같이 비허가 대역의 채널 공유는 다른 사용자, 혹은 시스템이 사용하지 않는 채널에 대하여 경쟁에서 이긴다면 즉시 사용할 수 있기 때문에 CR과는 다른 문제라고 말할 수 있다. 즉, 해당 채널의 소유자가 없기 때문에 사용하고 있는 주파수에 대하여 실시간으로 감지하고 새로 사용할 주파수를 선택하는 문제가 없었다.

하지만, CR을 이용하여 주파수를 사용할 경우 주파수 사용자는 반드시 기존의 허가된 사용자에게 간섭을 주지 않고 운영해야 하기 때문에 실시간으로 주파수를 감지해야 하고 기존의 허가된 사용자가 나타났을 경우 비어있는 주파수 중에서 새로 사용할 주파수를 선택해야 한다. 새로운 주파수를 선택할 때 어떠한 기준을 적용하여 주파수를 선택하느냐에 따

라 네트워크에서의 통신 효율이 결정된다. 이와 같은 기준을 적용하는 정책은 CR에서의 효율적인 동적 채널 사용을 위해 필요하다. 따라서 본 논문에서는 새로운 주파수를 선택할 때 효율적인 통신을 위해 정책에 따른 동적 주파수 선택 구조(Policy-based Dynamic Channel Selection Architecture for Cognitive Radio Network)를 제안한다. 제안하는 방법은 가중치 선택 방법과 순차적 선택 방법, 그리고 이 둘을 혼합한 선택 방법으로 구분된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 동적 주파수 선택 구조와 이에 대한 예를 들어 설명하며, 제3장에서는 본 논문에서 제안하는 방법의 모의 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 제 4장에서는 본 연구의 결론을 맺는다.

II. 동적 채널 선택 구조

BS는 각각의 단말들과의 통신에 더 좋은 채널을 할당하기 위해서 네트워크 내에 있는 모든 채널의 정보를 알고 있어야 한다. 하지만, BS는 서비스 지역의 모든 채널을 센싱 할 수 없다. 그림 1에서 보는 바와 같이 BS는 자신의 서비스 지역과 겹치게 되는 두개의 다른 시스템의 네트워크, 즉 기존의 허가된 사용자 네트워크의 외곽에 존재하게 되어 기존의 허가된 사용자의 신호를 감지할 수 없게 된다.

따라서 이러한 경우에 네트워크 내에 존재하는 모든 노드들은 BS에게 주변에 존재하는 기존의 허가된 사용자를 알려주기 위하여 채널 정보를 나타내는 테이블을 구성하여 각 노드들의 센싱 결과를 알려줄 필요가 있다. BS는 이러한 센싱 결과에 따라 각 노드들에게 최적의 채널 리스트를 구성해 줄 수 있을 뿐만 아니라 동적으로 채널을 할당해 줄 수 있다.

BS는 CR 네트워크에서의 채널 선택을 아래와 같은 조건 일 때 수행 한다.

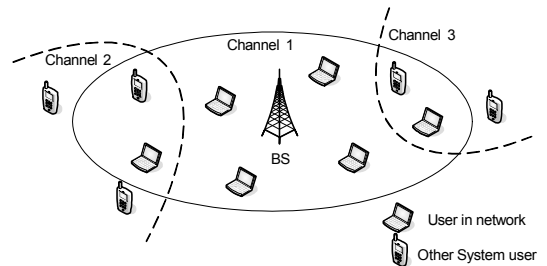


그림 1. 네트워크에서의 채널 사용

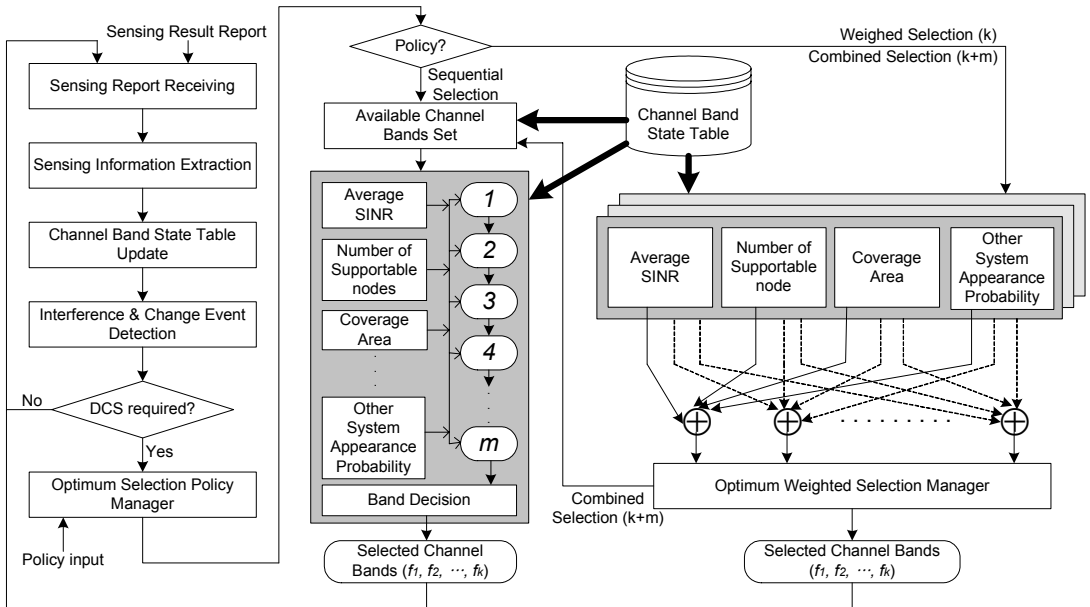


그림 2. 동적 채널 선택 구조

- 1) BS가 네트워크 초기화 할 경우에 채널을 선택한다.
- 2) BS가 현재 서비스 하는 채널에 다른 시스템의 신호를 감지하였을 경우, BS는 다른 시스템에 간섭을 주지 않기 위해서 다른 시스템에서 사용 하지 않은 채널을 선택 한다.
- 3) 충분한 QoS를 제공하기 위한 가용 채널이 부족한 경우에 추가적으로 채널을 선택한다.
- 4) BS는 최적의 QoS를 제공하기 위해 주기적으로 최적 채널 집합을 선택한다.

제안하는 동적 채널 선택 구조는 그림 2와 같다. 동적 채널 선택 구조는 BS가 원하는 최적의 채널 개수를(k) 선택하기 위해서 아래와 같은 과정을 수행 한다.

- 1) 센싱 보고 수신(Sensing Report Receiving): BS는 단말들로부터 채널의 정보를 받는다. 이때 단말들이 보고한 채널의 개수는(N) 네트워크 내에서 필요한 채널의 개수(k) 보다 많다고 가정한다.
- 2) 센싱 정보 추출(Sensing Information Extraction): 센싱 보고 수신 과정에서 수신한 채널의 정보를 분석하고 추출하여 사용할 수 있는 채널 여부를 확인한다.
- 3) 채널 상태 테이블 갱신(Channel Band State Table Update): 센싱 정보 추출 과정에서 생성된 채널 정보를 기반으로 채널 상태 테이블을 갱신한다.

- 4) 간섭 및 채널 변경 이벤트 감지(Interference and Channel Change Event Detection): BS는 다른 시스템으로 인한 간섭, 통신 채널의 부족, 새로운 최적의 채널 리스트 구성 등의 이유로 현재 통신 중인 채널을 변경해야 하는지를 확인한다. 만약 채널 변경이 필요하지 않다면 채널 보고 수신 과정으로 돌아가서 상기 과정을 반복 수행 한다.
- 5) 최적의 채널선택 정책 관리자(Optimum Selection Policy Manager): 그림 2에서 보는 바와 같이 미리 입력된 정책에 따라 채널은 선택된다. 이때 채널을 선택하는 정책은 가중치 선택, 순차적 선택, 혼합 선택의 세 가지 방법으로 나뉜다.

- ① 가중치 선택 방법(Weighted selection): 가중치는 각각의 선택 기준에 부여되고, 각 채널마다 가중치를 부여하여 계산한 결과에 따라 최선의 k 채널을 선택한다.
- ② 순차적 선택 방법(Sequential selection): 정책 관리자가 제시한 채널 선택 기준의 순서에 따라 순차적으로 채널 선택 절차를 k 채널이 남을 때 까지 수행한다.
- ③ 혼합 선택 방법(Combined selection): BS는 필요한 채널의 수보다 많은 수의 채널을($k+m$) 가중치 선택 방법으로 선택하고, 순차적 선택 방법으로 필요한 채널을(k) 선택한다.

2.1 센싱 결과 보고

BS와 그에 속한 네트워크 안에 존재하는 각 노드들은 채널을 센싱하여 센싱 결과를 보고한다. 표1은 센싱 결과 보고의 한 예를 보여준다. 각 노드는 고유의 ID를 가지고 있고 자신의 위치 정보를 알고 있다고 가정한다. 고정된 노드의 경우에는 등록 절차에서 알게 된 노드의 위치정보를 BS의 데이터베이스를 통해 알 수 있고, 모바일 노드의 경우에는 GPS를 이용하거나 방향성 안테나를 사용하여 알 수 있다. 또한 노드들은 센싱한 채널의 SINR과 다른 시스템에 의해 사용되어지고 있는지에 대한 정보를 BS에게 보고하여 채널 상태 테이블을 갱신 할 수 있게 한다.

2.2 채널 밴드 상태 테이블

BS는 다음과 같은 기준에 따라 적절한 채널을 선택한다.

- 1) 채널 정보(Channel Information): 특정 시간동안, 특정 지역에서 허가된 사용자가 사용하지 않고 있는 채널은 비허가 사용자에게 의해 사용될 수 있다. 이와 같은 채널의 정보를 BS가 미리 알고 있다면, 해당 채널에 대한 사용 여

부를 결정할 수 있다.

- 2) 최소 SINR(Minimum SINR): BS는 네트워크 내의 모든 노드들과 통신 할 수 있어야 한다. 센싱한 채널의 SINR이 최소 요구되는 SINR 보다 크다면 BS는 네트워크내의 모든 노드들과 통신 가능하게 된다. 따라서 BS는 각 노드들로부터 보고된 모든 채널의 SINR을 알아야 한다.
- 3) 평균 SINR(Average SINR): 더 나은 통신 품질과 용량을 보장하기 위해 BS는 평균 SINR이 높은 채널을 선택해야 한다.
- 4) 통신 가능 노드의 수(Number of Supportable Nodes): 가능한 많은 노드와 통신 가능한 채널은 더 좋은 성능을 보장해 준다. 따라서 BS는 가능한 많은 수의 노드와 통신 할 수 있는 채널을 선택할 것이다.
- 5) 통신 가능 지역(Coverage Area): 가능한 넓은 지역에서 통신 가능한 채널은 더 좋은 성능을 보장해 준다. 따라서 BS는 가능한 넓은 지역에서 통신 할 수 있는 채널을 선택할 것이다.
- 6) 채널 사용 이력(Channel Occupation History): 채널 정보는 BS가 채널을 선택하는 명시적인 정보를 준다. 반면에, 채널 사용 이력은 BS가 채널을 선택하는 암시적인 정보를 준다. 채널 사용 이력을 이용하여 BS는 이후 일정 시간 동안 다른 시스템이 채널을 사용할 것인지를 예측할 수 있다.

표 1. 센싱 결과 보고의 예

Station ID	Location	Channel Number	SINR(dB)	Used for Other System
I	{x, y}	1	4	Primary licensed system
		2	9	
		3	8	
		4	NA	
		5	5	Other secondary system

채널 밴드 상태 테이블은 위와 같은 기준들에 따라 만들어지고 갱신된다. 표2는 BS의 채널 밴드 상태 테이블의 예를 보여준다. Coverage Type은 All, Part, NA의 세 가지 중에 하나를 가지며 그 성능은 Coverage Area로 나타낸다. All은 BS가 전 방향으로

표 2. BS의 채널 밴드 상태 테이블의 예

Channel Number	1	2	3	4	5
Coverage Type	All	Part	Part	NA	All
Coverage Area	150 Km	120 Km, 15°~45°	70 Km, 32°~203°	.	200 Km
Minimum SINR (dB)	4	3	5	.	3
Average SINR (dB)	6	8	7	.	7
Supportable Node Number	65	34	30	.	25
Other System Appearing Probability	0.1	0.3	0.25	.	0.5
Pre-Known Channel Information	10:00 ~ 17:00	19th July~ 30th July	20:00 ~ 24:00	.	January~ March

통신 가능함을 의미하고 Coverage Area의 단위는 반경이다. Part는 BS가 한 방향으로만 통신 가능함을 의미하고 Coverage Area의 단위는 반경과 각도이다. NA는 해당 채널이 규정으로 인해 어떠한 노드와도 통신 불가능함을 의미하고 Coverage Area의 단위는 나타내지 않는다.

Minimum SINR은 네트워크 내의 모든 노드들이 보고한 해당 채널의 SINR값 가운데 최소의 값을 의미하고 단위는 데시벨(dB)로 나타낸다. Average SINR은 네트워크 내의 모든 노드들이 보고한 채널의 평균 SINR값을 의미하고 단위는 데시벨 (dB)로 나타낸다. Supportable Node Number는 현재의 채널을 선택하였을 때 통신 가능한 노드의 개수를 의미한다. Other System Appearing Probability는 이후 특정 시간 이내에 다른 시스템이 현재의 채널로 나타날 확률을 의미한다. Pre-Known Channel Information은 미리 알려진 채널의 사용 계획을 의미하고 BS는 다른 시스템이 사용하지 않는 시간, 즉 사용 가능한 시간을 테이블에 기록한다.

2.3 동적 채널 선택 과정

동적 채널 선택에는 가중치 채널 선택 방법과 순차적 채널 선택 방법의 두 가지 방법이 있다. 순차적 방법에서는 정책 입력 동안 주어진 기준의 순서에 따라 채널을 선택한다. 그림 3은 채널 선택 기준의 순서를 보여준다. 채널 선택 기준의 순서는 정책에 따라 변경 될 수 있다.

다음으로는 최적의 k 채널을 순차적 방법에 의해 선택하는 절차이다. 표 3은 수식 변수를 정의 한다.

채널 선택은 사용 가능한 채널 리스트를 초기화하는 것에서부터 시작한다. 사용 가능한 채널 리스트인 $BAND_{INIT}$ 는 디코딩 가능한 최소의 SINR ($\min SINR$)보다 크거나 같은 SINR값을 가진 채널의 집합이다.

표 3. 수식 변수

N	Available number of channels
k	Required number of channels
$\min SINR$	Minimum required SINR
TAvgSINR	Average SINR threshold
TSN	Threshold for number of supportable nodes
TCA	Threshold for coverage area
TOSAP	Threshold for other system appearance probability

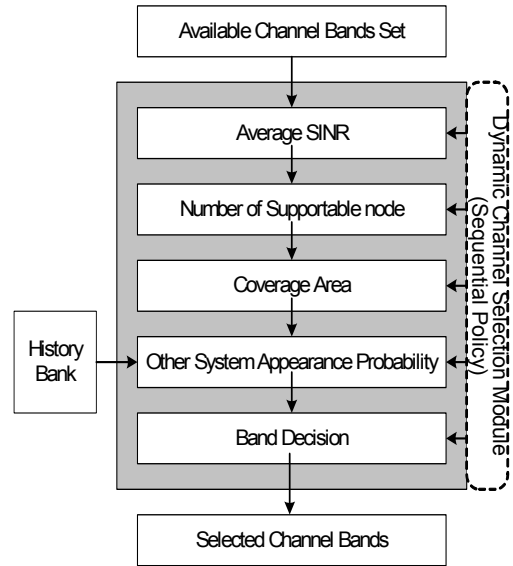


그림 3. 순차적 방법에 의한 동적 채널 선택의 예

식 (1)은 사용 가능한 채널의 리스트를 구성하는 수식을 보여준다. 여기서 N_i 는 채널 i 에 대한 채널 센싱 보고를 한 노드의 집합이고, $SINR_i^n$ 은 채널 i 에 대한 노드 n 의 SINR값을 의미한다.

$$BAND_{INIT} = \{i\} | \min \left[SINR_i^n, \forall n \in N_i \right] \geq \min SINR \quad (1)$$

다음으로, BS는 $BAND_{INIT}$ 중에서 평균 SINR이 기준 값(TAvgSINR) 이상인 채널을 $BAND_{SINR}$ 로 정의한다.식 (3) 만일 평균 SINR로 채널을 선택하는 과정에서 선택한 $BAND_{SINR}$ 의 개수가 필요한 채널의 개수 k 보다 적다면, BS는 평균 SINR이 큰 상위 k 개의 채널을 $BAND_{INIT}$ 중에서 선택하고 채널 선택 과정을 종료한다. 이후의 각 단계에서 조건을 만족하는 채널의 개수가 k 개 미만일 경우에는 같은 방법으로 채널을 선택한다.

$$AvgSINR_i = E \left[SINR_i^n \right] \quad (2)$$

$$BAND_{SINR} = \{i\} | AvgSINR_i \geq TAvgSINR, \forall i \in BAND_{INIT} \quad (3)$$

BS가 채널을 선택한 후에 여전히 k 이상의 채널이 후보채널 리스트에 존재 한다면, 다음의 채널 선택 기준에 따라 채널 선택을 계속한다. 그림 3에서

보는 바와 같이 다음으로 고려할 기준은 통신 가능한 노드의 개수이다.

BS는 채널 i 를 사용할 때 통신 가능한 노드의 개수인 SN_i 를 계산 한다. 각 SN_i 는 $BAND_{SINR}$ 의 모든 채널 중에 SN_i 의 최대값인 $\max SN$ 으로(식 (4)) 나누어 표준화 하여 SR_i 라 한다.(식 (5)) 표준화한 SR_i 가 기준값(TSN) 이상인 채널을 $BAND_{SN}$ 로 정의 한다.(식 (6))

$$\max SN = \max [SN_i, \forall i \in BAND_{SINR}] \quad (4)$$

$$SR_i = \frac{SN_i}{\max SN} \quad (5)$$

$$BAND_{SN} = \{i\} | SR_i \geq TSN, \forall i \in BAND_{SINR} \quad (6)$$

다음으로는 통신 가능 지역을 고려하여 채널을 선택한다. 각 채널의 통신 가능 지역은(CA_i) $BAND_{SN}$ 의 모든 채널 중에 CA_i 의 최대값인 $\max CA$ 로(식 (7)) 나누어 표준화 한 값을 CR_i 라 하고(식 (8)) CR_i 가 기준 값(TCA) 이상인 채널을 $BAND_{CA}$ 로 정의한다.(식 (9))

$$\max CA = \max [CA_i, \forall i \in BAND_{SN}] \quad (7)$$

$$CR_i = \frac{CA_i}{\max CA} \quad (8)$$

$$BAND_{CA} = \{i\} | CR_i \geq TCA, \forall i \in BAND_{SN} \quad (9)$$

그림 3에서 보는 바와 같이 마지막으로 고려할 채널 선택 기준은 채널 사용 이력에 따른 다른 시스템 출현 확률(OSAP_i)이다. $BAND_{CA}$ 에서 다른 시스템 출현 확률(OSAP_i)이 기준 값(TOSAP) 이상인 채널은 $BAND_{OSAP}$ 로 정의한다.(식 (10))

$$BAND_{OSAP} = \{i\} | OSAP_i \leq TOSAP, \forall i \in BAND_{CA} \quad (10)$$

가중치 채널 선택 방법에서는 정책 입력시 각 채널 선택 기준에 가중치를 부여한다. 채널 선택의 중요도가 큰 기준에 더 큰 값의 가중치가 부여된다. 순차적 방법에서와 같이 사용 가능한 채널 리스트를 ($BAND_{INIT}$) 초기화 하는 것에서부터 시작

한다. $BAND_{INIT}$ 의 모든 채널에 대해 식 (11)과 같이 계산하여 WCH_i 라 한다. 각 기준에 따른 값의 차이를 없애기 위해 전체 채널의 최대값으로(OSAP의 경우는 최소값으로) 표준화 하였다. BS는 WCH 가 큰 순서대로 k 개의 채널을 선택한다.

$$WCH_i = \frac{(AvgSINR_i \times w1)}{\max AvgSINR} + \frac{(SN_i \times w2)}{\max SN} + \frac{(CA_i \times w3)}{\max CA} + \frac{(\min OSAP \times w4)}{OSAP_i} \quad (11)$$

$$\max AvgSINR = \max [AvgSINR_i, \forall i \in BAND_{INIT}] \quad (12)$$

$$\max OSAP = \max [OSAP_i, \forall i \in BAND_{INIT}] \quad (13)$$

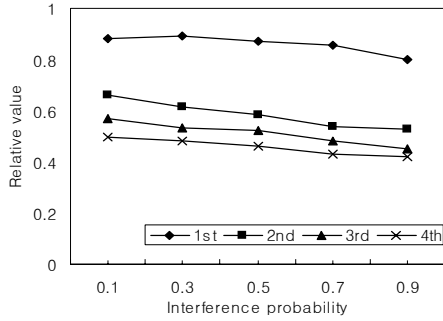
III. 성능 분석

성능 분석은 순차적 채널 선택 방법과 가중치 채널 선택 방법으로 수행 하였다. 실험에서 혼합 방법은 가중치, 순차적 채널 선택 방법의 조합이기 때문에 제외하고 실험 하였다. 표 4에서 보는 바와 같은 특성의 범위 안에서 100개의 채널을 랜덤으로 생성 하였다. 이와 같이 생성한 채널의 집합(N)은 최소 통신 가능한 SINR보다 큰 SINR을 가진 채널로 구성된다고 가정한다. 시뮬레이션을 위해 BS가 필요한 채널(k)는 1개라고 가정하고 채널을 선택하였다. 시뮬레이션은 100,000번 수행한 평균 결과이다.

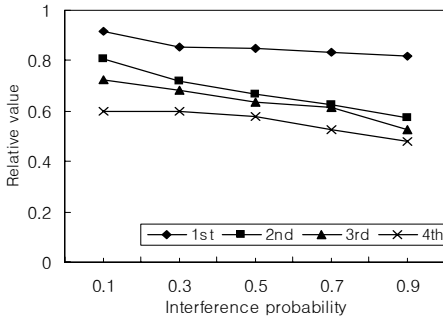
두 가지 방법에 의한 채널 선택을 위해서 평균 SINR, 통신 가능한 노드의 개수, 통신 가능한 지역, 다른 시스템 출현 확률이 기준으로 사용 되었다. 각 채널 선택 시 채널 간섭의 확률을 10%, 30%, 50%, 70%, 90%로 나누어서 채널 선택 가능 개수를 조정 하였다.

표 4. 채널 특성의 범위

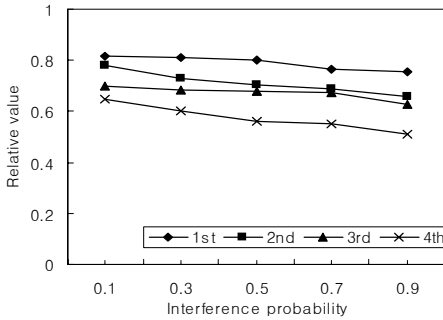
Average SINR(dB)	3~10
Number of Supportable nodes	5~100
Coverage Area(km2)	100~9500
Other System Appearance Probability	0.01~0.99



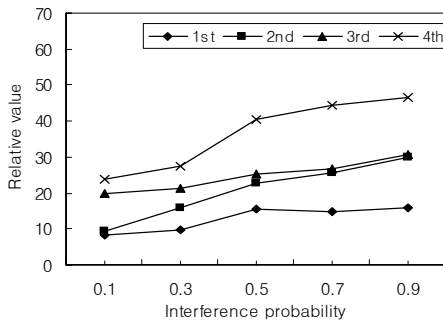
(a) Average SINR



(b) Supportable nodes



(c) Coverage area



(d) Other systems appearance probability

그림 4. 순차적 채널 선택 방법에 의한 채널 선택

그림 4는 각 기준에 따라 순차적 채널 선택 방법으로 채널을 선택한 결과를 보여준다. x축은 간섭 확률

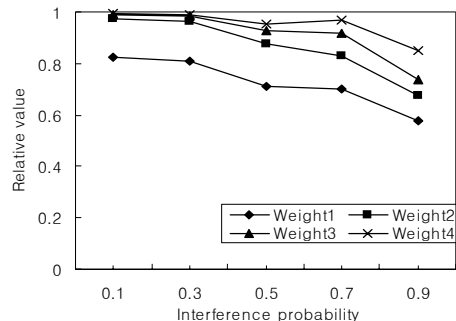
표 5. 순차적 채널 선택 방법에 의한 채널 선택

	1st	2nd	3rd	4th
Average SINR	0.86	0.59	0.51	0.46
Supportable nodes	0.85	0.68	0.64	0.56
Coverage area	0.79	0.71	0.67	0.57
Other systems appearance probability	12.88	20.70	24.74	36.54

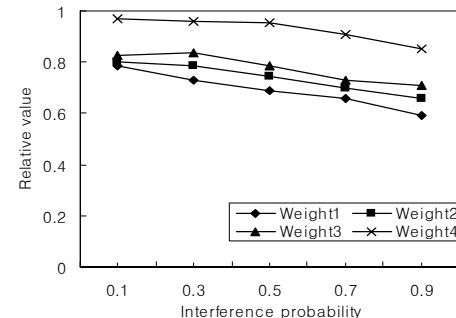
을 나타내고, y축은 각 기준별 선택한 채널의 값을 전체 채널 중 최대값으로 나누어 표준화한 값이다.

각 그래프의 네 개의 선은 각각의 기준을 고려하여 (그림4-(a)의 경우에는 SINR) 우선순위에 따라 첫 번째 선택부터 마지막 선택의 결과를 나타낸다. 그림 4의 결과를 보면, 우선순위가 첫 번째 선택으로 되었을 때는 마지막일 때와 비교하여 볼 때 성능이 우수해 짐을 알 수 있다. 이는 우선순위가 높을수록 주어진 채널 집합에서 좋은 품질의 채널을 선택할 수 있다는 것을 나타낸다. 표 5는 순차적 채널 선택 방법에 의한 채널 선택에 대해 각기준의 평균을 비교한 것이다. (소수점 셋째 자리에서 반올림 함) 그림 4의 결과에서 설명 하였듯이 우선순위가 첫 번째 선택으로 되었을 때 가장 좋은 선택을 한다.

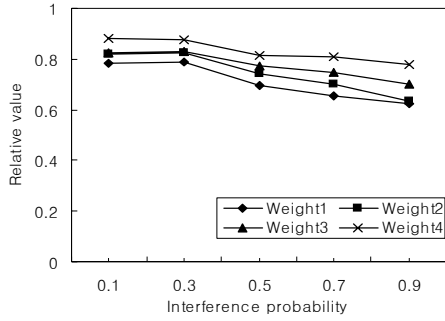
그림 5는 각 기준에 따라 가중치 채널 선택 방법



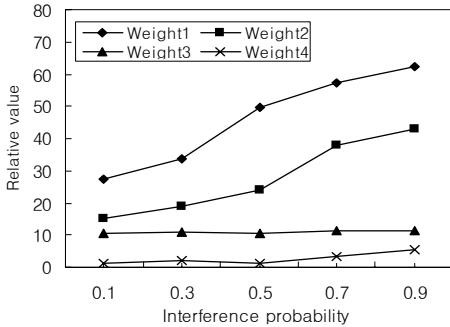
(a) Average SINR



(b) Supportable nodes



(c) Coverage area



(d) Other systems appearance probability

그림 5. 가중치 채널 선택 방법에 의한 채널 선택

표 6. 가중치 채널 선택 방법에 의한 채널 선택

	Weight1	Weight2	Weight3	Weight4
Average SINR	0.72	0.86	0.91	0.95
Supportable nodes	0.69	0.74	0.78	0.93
Coverage area	0.71	0.74	0.78	0.83
Other systems appearance probability	46.04	27.67	10.94	2.65

으로 채널을 선택한 결과를 보여준다. 각 그래프의 네 개의 선은 각각 가중치1, 2, 3, 4를 나타내고 가중치 4가 가장 높은 가중치이다. 가중치가 높을수록 좋은 품질의 채널을 선택할 수 있다. 또한 그림 4, 그림 5 모두에서 간섭이 증가할수록 BS가 선택할 수 있는 채널의 개수가 제한되어 좋은 품질의 채널을 선택할 확률이 다소 줄어드는 것을 알 수 있다. 표 6은 가중치 채널 선택 방법에 의한 채널 선택에 대해 각기준의 평균을 비교한 것이다. 그림 5의 결과와 같이 가중치가 높을수록 좋은 품질의 채널을 선택한다.

그림 6은 두 가지 방법에 의한 전체 성능을 비교

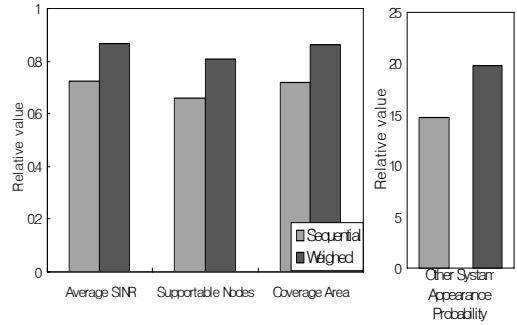


그림 6. 각 기준에 따른 전체 평균 값

하기 위해 각 과정에서 선택한 채널의 각 기준별 평균을 계산 한 것이다. 그래프 결과를 보면 가중치 채널 선택 방법이 더 나은 성능을 보인다. 그 이유는 순차적 채널 선택 방법은 채널을 선택하는 기준에 있어서 순서가 있기 때문이다. 이와 같은 기준이 때로는 최상의 채널을 선택할 수 없게 한다. 반면, 가중치 방법은 최선의 채널만을 고려하여 채널을 선택한다.

IV. 결론

본 논문에서는 무선 인지 기술을 사용하는 시스템에서 통신 효율을 관리하기 위한 동적 채널 선택 알고리즘을 사용하여 효율적인 통신을 제공하는 정책 기반의 동적 주파수 선택 방법을 제안하였다. 각 노드는 모든 채널에 대한 자신의 센싱 결과를 테이블로 구성하여 BS에게 보고한다. BS는 센싱 결과를 채널 밴드 상태 테이블을 갱신하는데 사용한다. 채널 밴드 상태 테이블은 네트워크 내에 존재하는 무선 채널의 상태 정보를 제공한다. 제안하는 동적 채널 선택 구조는 가중치, 순차적, 혼합 채널 선택 방법의 세 가지 방법을 제공한다. 이는 무선 인지 기술 네트워크에서 채널을 관리하고 운영하는 새로운 구조를 제시한다. 시뮬레이션은 순차적 선택 방법과 가중치 선택 방법으로 수행 되었다. 성능평가에서 제안하는 동적 채널 선택 방법이 네트워크 내에 존재하는 채널 중에서 평균 SINR, 통신 가능한 노드의 개수, 통신 가능한 지역, 다른 시스템 출현 확률의 기준에 있어서 평균적으로 각각 최상의 값에 근접하는 채널을 선택하는 결과를 보여준다. 이는 제안하는 방법이 네트워크 내에 존재하는 채널 중에서 최적의 채널을 선택한다는 결과를 보여준다 는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Joseph Mitola III, "Software radios: Survey, critical evaluation and future directions," IEEE Aerospace and Electronic System Magazine, vol. 8, Issue. 4, pp. 25-36, April 1993.

[2] Joseph Mitola III, "Cognitive Radios: Making Software Radios More Personal," IEEE Personal Communications, vol. 6, Issue 4, pp. 13-18, August 1999.

[3] Joseph Mitola III, "Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications", IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications, pp. 3-10, November 1999. Xia Jiang and Tracy Camp, "A Review of Geocasting Protocols for a Mobile Ad Hoc Network" In Proc. of the Grace Hopper Celebration(GHC), 2002.

[4] Joseph Mitola III, "Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio", 2004.

[5] FCC, Spectrum policy task force report, No. 02-155, November 2002.

[6] FCC, Notice of rule making and order, No. 03-322, December 2003.

[7] IEEE P802.22™/D0.2 "Draft Standard for Wireless Regional Area Networks Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Policies and procedures for operation in the TV Bands", Nov. 2006.

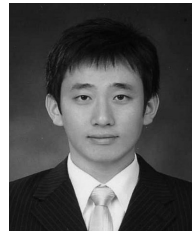
[8] G. F. Marias, and L. Merakos, "Performance Estimation of a Decentralized Multicarrier Access Framework In Unlicensed Wireless Systems," in Proc. IEEE ICC 2001, June 2001

[9] G .F. Marias, N. Fragkiadakis, and S. Hadjiefthymiades, "An Enhanced Intelligent DCA Technique For Unlicensed wLANs & PAWNs," IEEE Transactions SMC (Part C), Vol .33, No.3, 2003

[10] V. Brik, E. Rozner, S. Banarjee, P. Bahl, DSAP: a protocol for coordinated spectrum access, in: Proc. IEEE DySPAN 2005, November 2005, pp. 611-614.

나 도 현 (Do-Hyun Na)

준회원



2006년 2월 인하대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 2006년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
 <관심분야> Cognitive Radio, 휴대인터넷(Wibro), 무선 MAC 프로토콜

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)

정회원



1988년 2월 한양대학교 전자통신학과(공학사)
 1990년 2월 한국과학기술원 전기 및전자공학과(공학석사)
 2000년 8월 한국과학기술원 전자전산학과(공학박사)
 1990년 3월~2001년 2월 KT 연구개발본부

2001년 3월~현재: 인하대학교 정보통신대학원 부교수
 <관심분야> 초고속 통신망, 무선 MAC 프로토콜, 인터넷 QoS, Cross-layer 프로토콜 설계