



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월19일
(11) 등록번호 10-1727690
(24) 등록일자 2017년04월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 28/20 (2009.01) H04W 84/12 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 28/20 (2013.01)
H04W 84/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0159571
(22) 출원일자 2015년11월13일
심사청구일자 2015년11월13일
(56) 선행기술조사문헌
KR101492127 B1*
KR1020120002086 A
KR1020090074935 A
KR1020120058313 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
백상현
서울특별시 성북구 종암로23길 35, 202동 1304호 (종암동, 래미안세레니티)
송태원
서울특별시 성북구 인촌로13길 26 605호 (안암동2가, 반석빌딩)
(74) 대리인
김등용, 김홍석

전체 청구항 수 : 총 7 항

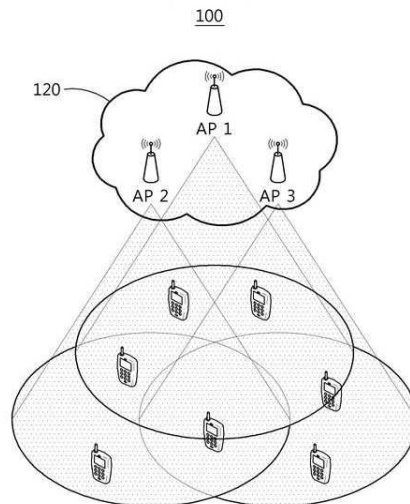
심사관 : 이준석

(54) 발명의 명칭 채널 대역폭 결정 장치

(57) 요약

무선랜에 포함되는 AP의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정 장치가 개시된다. 상기 대역폭 결정 장치는 상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우의 처리율인 이득 함수를 도출하는 이득 산출부, 상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우에 상기 AP와 인접하는 적어도 하나의 제2 AP의 기회비용인 비용 함수를 도출하는 기회비용 산출부, 상기 이득 함수와 상기 비용 함수를 이용하여 효용 함수를 도출하는 효용 산출부, 및 계산된 효용 함수를 기초로 상기 AP의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정부를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김원중

서울특별시 송파구 토성로 38-6 104동 1202호 (풍
납동, 한강극동아파트)

김태윤

서울특별시 서초구 서초중앙로 26, 1203호 (서
초동, 래미안서초유니빌)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711026459

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 정보통신기술인력양성

연구과제명 초고속 무선 네트워크 기반 u-Office 서비스 연구 개발

기 여 율 1/1

주관기관 중앙대학교 산학협력단

연구기간 2015.01.01 ~ 2015.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

무선랜(wireless local area network, WLAN)에 포함되는 AP(access point)의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정 장치에 있어서,

상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우의 처리율인 이득 함수를 도출하는 이득 산출부;

상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우에 상기 AP와 인접하는 적어도 하나의 제2 AP의 기회비용인 비용 함수를 도출하는 기회비용 산출부;

상기 이득 함수와 상기 비용 함수를 이용하여 효용 함수를 도출하는 효용 산출부; 및

계산된 효용 함수를 기초로 상기 AP의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정부를 포함하고,

상기 이득 산출부는 제1 수학식을 이용하여 상기 이득 함수($u_{k,G}(a_{k,i}, a_{J_k})$)를 도출하고,

상기 제1 수학식은,

$$u_{k,G}(a_{k,i}, a_{J_k}) = W(a_{k,i}) \cdot \log_2(1 + \sum_{j \in J_k} \{1 - I(a_{k,i}, a_j)\} \cdot SNR(a_{k,i}))$$

이고,

상기 $W(a_{k,i})$ 는 상기 AP1이 선택할 수 있는 대역폭($a_{k,i}$)의 크기이고,

상기 J 는 상기 적어도 하나의 제2 AP의 집합(J_k)의 원소이고,

상기 $SNR(a_{k,i})$ 는 상기 AP1의 대역폭이 $a_{k,i}$ 인 경우의 SNR(signal to noise ratio)이고,

상기 $I(a_{k,i}, a_j)$ 은 상기 AP1의 대역폭이 $a_{k,i}$ 이고, 상기 J 의 대역폭이 a_j 일 때의 간섭 계수(interference factor)인,

대역폭 결정 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

무선랜(wireless local area network, WLAN)에 포함되는 AP(access point)의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정 장치에 있어서,

상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우의 처리율인 이득 함수를 도출하는 이득 산출부;

상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우에 상기 AP와 인접하는 적어도 하나의 제2 AP의 기회비용인 비용 함수를 도출하는 기회비용 산출부;

상기 이득 함수와 상기 비용 함수를 이용하여 효용 함수를 도출하는 효용 산출부; 및

계산된 효용 함수를 기초로 상기 AP의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정부를 포함하고,

상기 기회비용 산출부는 제2 수학식을 이용하여 상기 비용 함수($u_{k,L}(a_{k,i}, a_{J_k})$)를 도출하고,

상기 제2 수학식은,

$$u_{k,L}(a_{k,i}, a_{J_k}) = - \sum_{j \in J_k} \{1 - I(a_j, a_{k,i})\} \cdot R_j$$

이고,

상기 j 는 상기 적어도 하나의 제2 AP의 집합(J_k)의 원소이고,

상기 $I(a_j, a_{k,i})$ 은 상기 AP1의 대역폭이 $a_{k,i}$ 이고, 상기 j 의 대역폭이 a_j 일 때의 간섭 계수이고,

상기 R_j 는 상기 적어도 하나의 제2 AP의 평균 처리율인,

대역폭 결정 장치.

청구항 4

무선랜(wireless local area network, WLAN)에 포함되는 AP(access point)의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정 장치에 있어서,

상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우의 처리율인 이득 함수를 도출하는 이득 산출부;

상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우에 상기 AP와 인접하는 적어도 하나의 제2 AP의 기회비용인 비용 함수를 도출하는 기회비용 산출부;

상기 이득 함수와 상기 비용 함수를 이용하여 효용 함수를 도출하는 효용 산출부; 및

계산된 효용 함수를 기초로 상기 AP의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정부를 포함하고,

상기 효용 산출부는 제3 수학식을 이용하여 상기 효용 함수($u_k(a_{k,i}, a_{J_k})$)를 도출하고,

상기 제3 수학식은,

$$u_k(a_{k,i}, a_{J_k}) = \alpha \cdot u_{k,G}(a_{k,i}, a_{J_k}) + (1 - \alpha) \cdot u_{k,L}(a_{k,i}, a_{J_k})$$

이고,

상기 $u_{k,G}(a_{k,i}, a_{J_k})$ 는 상기 이득 함수이고,

상기 $u_{k,L}(a_{k,i}, a_{J_k})$ 는 상기 비용 함수이고,

상기 α 는 0 보다 크고 1 보다 작은 조절 인자인,

대역폭 결정 장치.

청구항 5

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 대역폭 결정부는 가장 큰 값의 효용 함수를 도출하는 대역폭을 상기 AP의 채널 대역폭으로 결정하는,

대역폭 결정 장치.

청구항 6

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 대역폭 결정 장치는 IEEE 802.11ac 기반 AP인 것을 특징으로 하는,

대역폭 결정 장치.

청구항 7

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 하나의 항에 있어서,
상기 대역폭 결정 장치는 다운링크 대역폭을 결정하는 것을 특징으로 하는,
대역폭 결정 장치.

청구항 8

제1항, 제3항 및 제4항 중 어느 하나의 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 제2 AP는 상기 AP의 전송 범위의 적어도 일부와 중첩되는 전송 범위를 갖는 AP인,
대역폭 결정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 무선랜 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 무선랜 시스템의 채널 대역폭 결정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최대 전송 속도 600 Mbps까지 지원되는 새로운 무선랜(wireless local area network, WLAN) 표준인 IEEE 802.11n이 2009년 승인되었다. 802.11n은 MIMO(Multiple-input multiple-output) 지원, 2.4GHz/5GHz 대역 동시 지원, 보안성 향상과 더불어 최초로 채널 결합(channel bonding)을 지원한 표준이다. 하지만, 초고해상도 멀티 미디어에 대한 관심이 높아지면서 무압축 전송을 위해서는 Gbps급의 전송 속도가 필요해짐에 따라 IEEE에서는 차세대 무선랜 표준을 개발하기 시작하였다.

[0003] VHT(Very high throughput) 무선 전송 기술을 개발하기 위해 IEEE는 2007년 5월 VHT 스터디그룹을 출범하였고 차세대 무선랜 표준인 IEEE 802.11ac 표준이 2013년 12월 발간되었다. 802.11n 대비 802.11ac는 더 높은 변조 기술을 지원하여 802.11n에서는 64QAM(Quadrature Amplitude Modulation)까지 지원하였으나 802.11ac에서는 선택적으로 256QAM까지 도입할 수 있다. 또한, 더 많은 Spatial Stream과 Downlink MU-MIMO(Multi-user MIMO) 또한 지원하여 월등한 처리율을 발휘할 수 있다. 그리고 802.11n에서는 최대 40 MHz 대역폭까지 지원했으나 802.11ac에서는 40 MHz뿐만 아니라 80 MHz까지 필수적으로 지원하고 선택사항으로 160 MHz 대역폭까지 지원한다. IEEE 802.11n과 802.11ac에서는 채널 결합 기법을 통해 두배 이상의 전송률을 보장할 수 있으나, 넓은 채널을 점유하게 되어 채널 대역이 겹치는 다른 노드들은 그 시간 동안 전송을 시도할 수 없어 시스템 전체의 처리율이 오히려 감소하는 문제가 발생한다. 특히, AP(access point)가 밀집된 환경의 경우, 채널 결합을 통한 넓은 대역폭 전송은 인접한 다른 AP에 체결된 노드들의 채널을 점유하게 되어 시스템 전체의 처리율을 낮출 수 있으므로 주위 환경에 적합한 채널 할당 기법은 반드시 필요하다. 본 발명에서는 다수의 AP가 존재하는 무선랜 환경에서 게임 이론을 기반으로 한 적응적/분산적 대역폭 결정 기법을 제안한다. 게임이론을 통한 대역폭 결정 기법을 통해 송수신 채널의 공간 재활용성을 높임으로써 네트워크 처리율을 향상시킬 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2011-0098588호 (2011.09.01 공개)
(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2012-0129173호 (2012.11.28 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 선택될 대역폭을 기초로 산정되는 이득과 기회 비용을 이용하여 상황에 맞는 최적의 채널 대역폭을 결정할 수 있는 채널 대역폭 결정 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 실시 예에 따른 대역폭 결정 장치는 무선랜에 포함되는 AP의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정 장치로서, 상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우의 처리율인 이득 함수를 도출하는 이득 산출부, 상기 AP가 선택 가능한 대역폭들 각각을 이용하여 전송하는 경우에 상기 AP와 인접하는 적어도 하나의 제2 AP의 기회비용인 비용 함수를 도출하는 기회비용 산출부, 상기 이득 함수와 상기 비용 함수를 이용하여 효용 함수를 도출하는 효용 산출부, 및 계산된 효용 함수를 기초로 상기 AP의 채널 대역폭을 결정하는 대역폭 결정부를 포함한다.

발명의 효과

- [0007] 본 발명의 실시 예에 따른 채널 대역폭 결정 장치에 의한 경우, 도출되는 이득과 기회 비용을 이용하여 효용을 도출하고 도출되는 효용에 기초하여 최적의 채널 대역폭을 결정할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0008] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.
- 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 무선랜 시스템을 도시한다.
- 도 2는 도 1에 도시된 무선랜 시스템에서 이용되는 채널의 예시적인 분포를 도시한다.
- 도 3은 도 1에 도시된 AP1의 기능 블록도이다.
- 도 4는 대역폭 결정 방법을 설명하기 위한 예시적인 시스템 구성도이다.
- 도 5는 도 1에 도시된 무선랜 시스템의 성능 평가 결과를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.
- [0010] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0011] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.
- [0012] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0013] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는

이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0014] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0015] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 무선랜 시스템을 도시하고, 도 2는 도 1에 도시된 무선랜 시스템에서 이용되는 채널의 예시적인 분포를 도시한다.

[0018] 도 1과 도 2를 참조하면, 무선랜 시스템(100)은 적어도 하나 이상의 기본 서비스 세트(Basic Service Set; BSS)를 포함한다. BSS는 성공적으로 동기화를 이루어서 서로 통신할 수 있는 STA(실시 예에 따라 AP를 포함하는 개념일 수 있음)의 집합으로서, 특정 영역을 가리키는 개념은 아니다. 또한, 무선랜 시스템(100)은 무선랜 표준 중 IEEE 802.11ac를 기반으로 하고 있으나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며 채널 결합을 지원하는 모든 표준 또는 비표준 방식에 적용될 수 있다.

[0019] 무선랜 시스템(100)은 복수의 AP들(120)을 포함하고, 복수의 AP들(120)에는 AP1, AP2, 및 AP3를 포함할 수 있다. 복수의 AP들(120) 각각은 하나의 BSS를 이룬다. 또한, 복수의 AP들(120)은 동일한 전파 송신 반경 내에 존재한다고 가정될 수 있거나, 상호간에 중첩되는 적어도 일부의 전송 범위를 가질 수 있다. 또한, 본 발명은 AP에서 해당 AP의 BSS에 포함되는 단말들로 향하는 다운링크 트래픽만을 대상으로 가정하였으나, 본 발명이 반드시 이에 제한되는 것은 아니다.

[0020] 본 명세서에서는 설명의 편의를 위해 대역폭이 20 MHz인 채널 8 개로 이루어진 환경을 가정하였다. 각 채널은 직교하며 2, 4, 8 개의 인접한 채널을 결합함으로써, 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 및 160 MHz의 대역폭을 이룰 수 있다.

[0021] 도 2에서 채널 4(Ch.4)가 기본 채널이라고 한다면 AP가 20 MHz의 채널을 점유하는 경우 AP는 채널 4(Ch.4)를 차지하게 된다. 40 MHz의 경우에는 채널 3(Ch.3)과 채널 4(Ch.4), 80 MHz의 경우에는 채널 1(Ch.1)부터 채널 4(Ch.4)까지, 그리고 160 MHz의 경우에는 채널 1(Ch.1)부터 채널 8(Ch.8)까지를 점유하게 된다.

[0023] 이하에서는 도 1에 도시된 무선랜 시스템(100)에서 수행되는 채널 결합 방법을 설명하기 위해 앞서 관련 개념들에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0024] 1. 게임 정의

[0025] A_k 는 플레이어(AP) k의 액션 스페이스로서 아래와 같다.

$$A_k = \{a_{k,1}, \dots, a_{k,N}\}$$

[0027] 여기서 N 은 플레이어 k가 선택 가능한 액션의 수를 의미한다. 예컨대 20/40/80 MHz의 대역폭이 선택 가능한 환경이라면 $N = 3$, $a_{k,1} = 20\text{MHz}$, $a_{k,2} = 40\text{MHz}$, $a_{k,3} = 80\text{MHz}$ 이다. 즉, A_k 는 플레이어 k(k번째 AP)가 선택 가능한 채널 대역폭의 집합으로 정의될 수 있다.

[0028] $q_{k,t}$ 는 시간 t 에서의 플레이어 k의 혼합 전략으로서 액션 스페이스 A_k 의 확률 분포를 나타낸다. $q_{Jk,t}$ 는 J_k 의 원소들이 선택한 혼합 전략의 나열로 정의된다. J_k 는 플레이어 k의 인접 플레이어의 집합으로서 모든 다른 플레이어가 아닌 플레이어 k의 게임에 영향을 끼칠 수 있는 플레이어의 집합을 의미한다. 본 발명에서는 싱글홉 환경을 가정하고 있으므로 J_k 는 플레이어 k의 전송 범위 내에 존재하는 다른 플레이어의 집합이라고 이해할 수 있다. 실시 예에 따라 J_k 는 플레이어 k의 전송 범위와 중첩되는 전송 범위를 갖는 플레이어의 집합으로 정의될 수도 있다.

[0029] 본 발명에 적용되는 게임은 적응적 게임으로서, 각각의 AP(플레이어)는 매 스테이지(라운드) 별로 혼합 전략을 수립하고 그에 따른 확률을 기반으로 하여 전송할 대역폭을 결정할 수 있다. 본 발명은 플레이어 k가 임의의 시간 동안 겪을 효용을 최대화하는 것을 목표로 한다. 이를 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$\text{minimize } \sum_{t=1}^T M_k(q_{k,t}, q_{J_k,t}), \forall k \in K$$

[0030]

[0031] $M_k(q_{k,t}, q_{J_k,t})$ 는 행 플레이어(row player, 또는 플레이어 k)가 혼합 전략 $q_{k,t}$ 를 시행했을 때의 효용을 의미한다. 효용을 최대화하기 위해 "maximize"가 되어야 하나, 알고리즘 전개 상 "minimize"로 정의된다. 이에 관한 상세한 설명은 후술하기로 한다.

[0033]

2. 효용 함수 정의

[0034]

효용 함수 u_k 는 각 플레이어(AP) 별로 다르게 이루어져 있다. 플레이어 k가 임의의 혼합 전략을 선택하였고, 주변 플레이어들(즉, J_k 의 원소들)이 임의의 혼합 전략을 선택한 경우의 효용을 의미한다.

[0035]

효용 함수는 플레이어 k가 임의의 혼합 전략을 통해 전송을 시도한 경우에 얻는 이득인 이득 함수 $u_{k,G}$ 와 다른 플레이어들로 인한 비용 함수 $u_{k,L}$ 로 구성된다.

$$\begin{aligned} u_k(a_{k,i}, a_{-k,i}) \\ &= u_k(a_{k,i}, a_{J_k}) \\ &= \alpha \cdot u_{k,G}(a_{k,i}, a_{J_k}) + (1 - \alpha) \cdot u_{k,L}(a_{k,i}, a_{J_k}) \end{aligned}$$

[0036]

[0037] α 의 값을 조절함으로써 본 기법이 플레이어 각각의 처리율을 중시할지, 네트워크 전체의 처리율을 중시할지 결정할 수 있다. 즉, 0과 1 사이의 값을 가질 수 있는 α 의 값이 큰 경우에는 플레이어 k가 보다 넓은 대역폭을 선택한 경우에 효용 함수가 높게 연산되고 시간이 흐름에 따라 넓은 대역폭을 선택할 확률이 높은 혼합 전략을 선택하게 될 것이다. 반면에 α 가 작아지는 경우에는 플레이어 k가 중간 정도의 대역폭을 선택한 경우에 효용 함수가 높게 연산되고 시간이 흐름에 따라 적거나 중간 정도의 대역폭을 선택할 확률이 높은 혼합 전략을 선택하게 된다. α 를 조절 인자라고 명명할 수 있다.

[0038]

이득 함수와 비용 함수는 아래와 같이 표현된다.

$$u_{k,G}(a_{k,i}, a_{J_k}) = W(a_{k,i}) \cdot \log_2(1 + \sum_{j \in J_k} \{1 - I(a_{k,i}, a_j)\} \cdot SNR(a_{k,i}))$$

[0039]

$$u_{k,L}(a_{k,i}, a_{J_k}) = - \sum_{j \in J_k} \{1 - I(a_j, a_{k,i})\} \cdot R_j$$

[0040]

[0041] $I(i, j)$ 는 간섭 계수(interference factor)로서 0 보다 크거나 같고 1 보다 작거나 같은 값을 가진다. $I(i, j)$ 의 값은 플레이어 k와 플레이어 j의 겹쳐진(중첩된) 채널 대역폭을 통해 계산될 수 있다. $I(i, j)$ 의 값은 각 플레이어에 구비된 밴드 패스 필터(band-pass filter) 함수를 통해 연산될 수 있으며 상세한 연산은 본 발명의 범위를 넘어서므로 생략하기로 한다.

[0042]

$W(a_{k,i})$ 와 $SNR(a_{k,i})$ 는 각각 플레이어 k가 액션 $a_{k,i}$ 를 취했을 때의 채널 대역폭과 SNR(signal to noise ratio)을 의미한다. R_j 는 플레이어 k 인근에 존재하는 플레이어 j(즉, J_k 의 원소들)의 평균 처리율을 의미한다.

다. 실시 예에 따라 R_j 은 무선랜 시스템에 포함되는 복수의 AP들의 동작을 제어하기 위한 중앙 컨트롤러(미도시) 또는 인접하는 AP로부터 수신될 수 있다.

[0043] 요컨대, 이득 함수 $u_{k,G}(a_{k,i}, a_{J_k})$ 는 플레이어 k가 전송을 시도했을 때, 이웃 노드들(AP들 또는 플레이어들)의 간섭(interference)를 거친 뒤 얻을 수 있는 처리율을 의미하고, 비용 함수 $u_{k,L}(a_{k,i}, a_{J_k})$ 은 이로 인한 이웃 노드 J_k 들의 기회 비용의 합이라고 볼 수 있다.

[0045] 3. 게임 행렬의 정의

[0046] 상기와 같은 과정을 통해 $|a_k| \times |a_{J_k}|$ 의 게임 행렬 M_k 를 정의할 수 있다. 행렬 M_k 의 요소 $M_k(i, j)$ 의 값은 플레이어 k가 단순 전략 i 를 선택했고, 주위 플레이어들의 단순 전략들이 j 일 때의 효용을 의미한다. 즉, $M_k(x, y) = u_k(x, y)$ 로 정의된다.

[0047] 할당할 대역폭 선택 알고리즘을 수행하기 위해서는 행렬 M_k 의 모든 요소는 $[0, 1]$ 이내에 존재해야 하는데, 이 과정은 얻어진 효용 함수 $u_k(i, j)$ 들을 간단한 연산을 통해 (비례적으로) 스케일링할 수 있다. 예컨대, $y = \frac{1}{1+2^x}$ 와 같은 함수를 통해 $\mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$ 의 일대일 대응을 수행할 수 있다.

[0049] 4. 대역폭 선택 알고리즘

[0050] 본 발명에서 이용하는 게임은 적응적 게임으로서 각각의 AP는 매 스테이지(라운드) 별로 혼합 전략을 수립하고 그에 따른 확률을 기반으로 전송할 채널 대역폭을 결정한다. 상기 게임은 아래와 같은 순서로 반복 진행된다.

[0051] (1) 플레이어(AP)는 혼합 전략 $q_{k,t}$ 를 결정한다.

[0052] (2) 다른 플레이어(타 AP들) 역시 혼합 전략 $q_{J_k,t}$ 를 결정한다.

[0053] (3) 플레이어는 다른 플레이어들이 $q_{J_k,t}$ 라는 전략을 취했을 때, 순수 전략(pure strategy) i 를 행한 경우의 효용 $M_k(i, q_{J_k,t})$ 를 계산한다.

[0054] (4) 플레이어는 혼합 전략 $q_{k,t}$ 로부터 발생한 효용 $M_k(q_{k,t}, q_{J_k,t})$ 를 기초로 채널의 대역폭을 결정할 수 있다.

[0055] $q_{k,t}$ 는 플레이어 k가 시간 t 에서 갖는 혼합 전략을 나타내며 $q_{k,t}$ 는 액션 스페이스 A_k 의 확률 분포로 나타난다. 본 알고리즘은 반복적으로 시행되므로 초기 혼합 전략 $q_{k,1}$ 이 필요한데, $q_{k,1}$ 의 값은 혼합 전략 $q_{k,1}$ 의 요소의 합이 1이 되는 어떠한 임의의 값이라도 사용될 수 있다.

[0056] 이와 같이 도출된 값과 $q_{k,t}$ 를 이용하여 아래의 과정을 통해 플레이어 k가 시간 $t+1$ 에서 갖는 혼합 전략 $q_{k,t+1}$ 을 구할 수 있다.

[0057]
$$q_{k,t+1}(i) = q_{k,t}(i) \cdot \frac{\beta^{M_k(i, q_{J_k,t})}}{Z_t}$$

[0058] 상기 식에서 Z_t 는 표준화 계수로, 아래와 같이 정의된다.

$$Z_t = \sum_{i=1}^N q_{k,t}(i) \cdot \beta^{M_k(i, q_{J_k, t})}$$

[0059] 상기 식에서 β 는 $[0,1)$ 사이의 값을 가지며, $q_{k,t}$ 가 수렴하는 정도를 나타내는 파라미터이다. $q_{k,t}(i)$ 는 혼합 확률 $q_{k,t}$ 에서 플레이어 k가 라운드(또는 시간) t 에서 순수 전략 i 를 선택할 확률을 의미한다.

[0062] 도 3은 도 1에 도시된 AP1의 기능 블록도이고, 도 4는 대역폭 결정 방법을 설명하기 위한 예시적인 시스템 구성도이다.

[0063] 도 1 내지 도 4를 참조하면, AP1은 이득 산출부(110), 기회비용 산출부(130), 효용 산출부(150), 및 대역폭 결정부(170)를 포함한다.

[0064] 이득 산출부(110)는 AP1이 임의의 혼합 전략을 통해 전송을 시도할 경우 얻을 수 있는 이득(또는 이득 함수)을 산출할 수 있다.

[0065] 도 4에 도시된 바와 같이 4 개의 채널이 존재하며 각 채널은 채널간 간섭(inter-channel interference, ISI)이 없으며, 채널의 대역폭은 20/40/80 MHz가 존재하는 환경을 일 예로 이득 산출부(110)의 동작을 설명하면 다음과 같다.

[0066] 우선, 40 MHz 대역폭은 채널1과 채널2 그리고 채널3과 채널4를 결합하여 사용할 수 있고, 80 MHz 대역폭은 채널1 내지 채널4를 결합하여 사용할 수 있다. 또한, 플레이어, 즉 AP의 개수는 2이며 모든 AP가 전송 범위 내에 존재한다고 가정한다. AP1은 채널1을 기본 채널로 사용하고 있으며 AP2는 채널3을 기본 채널로 사용하고 있다.

[0067] AP1이나 AP2의 입장에서 서로가 잠재적인 방해 플레이어로 볼 수 있으므로 $J_{AP1} = AP2$, $J_{AP2} = AP1$ 로 볼 수 있다. 그리고 AP1과 AP2가 선택할 수 있는 순수 전략(대역폭)은 3가지, 즉 20, 40, 80 MHz가 된다. 이는 $A_{AP1} = A_{AP2} = \{20MHz, 40MHz, 80MHz\}$ 로 표현할 수 있다. 더불어 AP1의 평균 처리율 R_{AP1} 은 50, AP2의 평균 처리율 R_{AP2} 는 20 이라고 가정한다.

[0068] 먼저 AP1이 선택할 수 있는 채널의 대역폭 $W(a_{AP1,i})$ 는 20, 40, 80 MHz이고, $SNR(a_{AP1,i})$ 는 8, 4, 2로 정의할 수 있다. 그리고 이득 함수의 분모는 l-factor (간섭 계수, interference factor)의 곱으로, 아래 표 1과 같이 정의될 수 있다.

표 1

구분	20 MHz	40 MHz	80 MHz
20 MHz	0	0	1
40 MHz	0	0	1
80 MHz	0.25	0.5	1

[0070] 표 1에서 첫번째 행은 AP2가 취할 수 있는 채널의 대역폭을 나타내고, 첫번째 열은 AP1이 취할 수 있는 채널의 대역폭을 나타낼 수 있다. 또한 l-factor 의 (x,y)는 AP1이 순수 전략 x를 사용(AP1이 대역폭 x를 사용)하고, AP2가 순수 전략 y를 사용(AP2가 대역폭 y를 사용)할 때 AP1이 겪는 l-factor 를 의미한다.

[0071] 상기와 같이 정의된 값들을 통해 이득 산출부(110)는 각각의 순수 전략을 선택한 경우(각각의 대역폭을 선택한 경우)의 이득 함수를 산출할 수 있으며, 산출된 이득 함수는 아래와 같다.

$$u_{AP1,G}(20MHz, 20MHz) = 20 \cdot \log_2(1 + \{1 - 0\} \cdot 8) \approx 63.4$$

$$[0073] \quad u_{AP1,G}(20MHz, 40MHz) = 20 \cdot \log_2(1 + \{1 - 0\} \cdot 8) \approx 63.4$$

$$[0074] \quad u_{AP1,G}(20MHz, 80MHz) = 20 \cdot \log_2(1 + \{1 - 1\} \cdot 8) = 0$$

$$[0075] \quad u_{AP1,G}(40MHz, 20MHz) = 40 \cdot \log_2(1 + \{1 - 0\} \cdot 4) \approx 92.88$$

$$[0076] \quad u_{AP1,G}(40MHz, 40MHz) = 40 \cdot \log_2(1 + \{1 - 0\} \cdot 4) \approx 92.88$$

$$[0077] \quad u_{AP1,G}(40MHz, 80MHz) = 40 \cdot \log_2(1 + \{1 - 1\} \cdot 4) = 0$$

$$[0078] \quad u_{AP1,G}(80MHz, 20MHz) = 80 \cdot \log_2(1 + \{1 - 0.25\} \cdot 2) \approx 105.75$$

$$[0079] \quad u_{AP1,G}(80MHz, 40MHz) = 80 \cdot \log_2(1 + \{1 - 0.5\} \cdot 2) \approx 80$$

$$[0080] \quad u_{AP1,G}(80MHz, 80MHz) = 80 \cdot \log_2(1 + \{1 - 1\} \cdot 2) = 0$$

[0082] 기회비용 산출부(130)는 AP1이 전송을 시도할 때 이웃 노드들 J_k 의 기회비용을 산출할 수 있다. 상술한 예의 환경에서, AP1과 AP2가 각각의 순수 전략(채널의 대역폭)을 선택한 경우에 기회비용 산출부(130)에 의해 산출된 비용 함수는 아래와 같다.

$$[0083] \quad u_{AP1,L}(20MHz, 20MHz) = 0 \cdot 20 = 0$$

$$[0084] \quad u_{AP1,L}(20MHz, 40MHz) = 0 \cdot 20 = 0$$

$$[0085] \quad u_{AP1,L}(20MHz, 80MHz) = 0.25 \cdot 20 = 5$$

$$[0086] \quad u_{AP1,L}(40MHz, 20MHz) = 0 \cdot 20 = 0$$

$$[0087] \quad u_{AP1,L}(40MHz, 40MHz) = 0 \cdot 20 = 0$$

$$[0088] \quad u_{AP1,L}(40MHz, 80MHz) = 0.5 \cdot 20 = 10$$

$$[0089] \quad u_{AP1,L}(80MHz, 20MHz) = 1 \cdot 20 = 20$$

$$[0090] \quad u_{AP1,L}(80MHz, 40MHz) = 1 \cdot 20 = 20$$

$$[0091] \quad u_{AP1,L}(80MHz, 80MHz) = 1 \cdot 20 = 20$$

[0093] 효용 산출부(150)는 이득 산출부(110)의 의해 산출된 이득 함수와 기회비용 산출부(130)에 의해 산출된 비용 함수를 이용하여 효용(또는 효용 함수)를 계산할 수 있다.

[0094] 플레이어(AP1)의 처리율을 증시한다고 할 때(예컨대, $\alpha = 0.8$ 인 경우), 효용 산출부(150)에 의해 산출된 효용 함수는 아래와 같다.

$$[0095] \quad u_{AP1}(20MHz, 20MHz) = 0.8 \cdot 63.4 + 0.2 \cdot 0 = 50.72$$

$$[0096] \quad u_{AP1}(20MHz, 40MHz) = 0.8 \cdot 63.4 + 0.2 \cdot 0 = 50.72$$

$$[0097] \quad u_{AP1}(20MHz, 80MHz) = 0.8 \cdot 0 + 0.2 \cdot (-5) = -1$$

$$[0098] \quad u_{AP1}(40MHz, 20MHz) = 0.8 \cdot 92.88 + 0.2 \cdot 0 = 74.304$$

$$[0099] \quad u_{AP1}(40MHz, 40MHz) = 0.8 \cdot 92.88 + 0.2 \cdot 0 = 74.304$$

- [0100] $u_{AP1}(40MHz, 80MHz) = 0.8 * 0 + 0.2 * (-10) = -2$
- [0101] $u_{AP1}(80MHz, 20MHz) = 0.8 * 105.75 + 0.2 * (-20) = 80.6$
- [0102] $u_{AP1}(80MHz, 40MHz) = 0.8 * 80 + 0.2 * (-20) = 60$
- [0103] $u_{AP1}(80MHz, 80MHz) = 0.8 * 0 + 0.2 * (-20) = -4$
- [0104] 다른 예로, 플레이어(AP1)의 처리율과 네트워크 전체의 처리율을 함께 고려하는 경우(예컨대, $\alpha = 0.5$ 인 경우), 효용 산출부(150)에 의해 산출된 효용 함수는 아래와 같다.
- [0105] $u_{AP1}(20MHz, 20MHz) = 0.5 * 63.4 + 0.5 * 0 = 31.7$
- [0106] $u_{AP1}(20MHz, 40MHz) = 0.5 * 63.4 + 0.5 * 0 = 31.7$
- [0107] $u_{AP1}(20MHz, 80MHz) = 0.5 * 0 + 0.5 * (-5) = -2.5$
- [0108] $u_{AP1}(40MHz, 20MHz) = 0.5 * 92.88 + 0.5 * 0 = 46.44$
- [0109] $u_{AP1}(40MHz, 40MHz) = 0.5 * 92.88 + 0.5 * 0 = 46.44$
- [0110] $u_{AP1}(40MHz, 80MHz) = 0.5 * 0 + 0.5 * (-10) = -5$
- [0111] $u_{AP1}(80MHz, 20MHz) = 0.5 * 105.75 + 0.5 * (-20) = 42.875$
- [0112] $u_{AP1}(80MHz, 40MHz) = 0.5 * 80 + 0.5 * (-20) = 30$
- [0113] $u_{AP1}(80MHz, 80MHz) = 0.5 * 0 + 0.5 * (-20) = -10$
- [0114] 또 다른 예로, 플레이어(AP1)의 처리율 보다는 네트워크 전체의 처리율을 중시하는 경우(예컨대, α 가 0.5 보다 작은 경우)도 가능하다.
- [0116] 대역폭 결정부(170)는 효용 산출부(150)에 의해 산출된 효용(또는 효용 함수)를 이용하여 플레이어(AP1)의 채널 대역폭을 선택할 수 있다. 예컨대, 대역폭 결정부(170)는 가장 큰 값의 효용 함수가 도출되는 대역폭을 AP1의 채널 대역폭으로 결정할 수 있다.
- [0117] 일 예로, α 가 큰 경우(예컨대, α 가 0.5보다 크고 1보다 작은 경우) AP1이 넓은 채널 대역폭(즉, 80 MHz)을 선택한 경우에 효용 함수가 높게 연산되고, 시간이 흐름에 따라 넓은 대역폭을 선택할 확률이 높은 혼합 전략을 선택하게 될 것이다. 반면에 α 가 작은 경우(예컨대, α 가 0보다 크고 0.5보다 작거나 같은 경우) AP1이 중간 정도의 채널 대역폭(즉, 40 MHz)을 선택한 경우에 효용 함수가 높게 연산되고, 시간이 흐름에 따라 적거나 중간 정도의 대역폭을 선택할 확률이 높은 혼합 전략을 선택하게 될 것이다.
- [0119] 무선랜 시스템(100)에 포함된 복수의 AP들(120) 각각의 기능 및 구성은 AP1의 기능 및 구성과 동일할 수 있으므로 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0121] 도 5는 도 1에 도시된 무선랜 시스템의 성능 평가 결과를 도시한다.
- [0122] 도 5의 Game-theoretic은 본 발명을 사용했을 때의 처리율 도시하고, Basic은 20 MHz 기본 대역폭만을 선택한 경우의 처리율을 도시하고, Rndom은 선택가능한 대역폭을 임의로 선택하는 경우의 처리율을 도시한다.
- [0123] 이때, IEEE 802.11ac의 표준에서 지원하는 것과 같이 채널은 20, 40, 80, 그리고 160 MHz 까지 전송할 수 있고, AP는 4개가 존재하며 각 AP는 모두 전파 송신 반경 내에 존재하는 환경을 가정하였다. 또한, 채널 오류나 전송 실패는 없다고 가정하였으며, 전송 실패는 둘 이상의 AP가 전송 시도한 채널이 겹쳐져 있는 경우에만 발생한다고 가정하였다.
- [0124] 채널은 1번부터 8번까지의 기본 채널이 존재하는 환경이고, 행위자는 1번 채널을, 다른 행위자는 7번 채널을 사

용하고 있는 환경을 가정하였다. 채널 결합은 IEEE 802.11ac 표준에서 지원하는 바 대로 오직 인접한 채널만을 결합하여 전송할 수 있다. 간단한 채널 결합 예시는 도 2에 도시되어 있다. 채널 1번을 사용할 때, 20 MHz를 사용하는 경우는 1번, 40 MHz를 사용하는 경우는 1번과 2번, 80 MHz를 사용하는 경우는 1번 내지 4번, 그리고 160 MHz를 사용하는 경우는 1번 내지 8번의 채널을 결합하여 전송할 수 있다.

[0125] 도 5의 시뮬레이션 결과는 크게 네 부분으로 나누어 진다. 시간 슬롯 0~100은 주변 AP가 20 MHz를 점유하고 있는 경우이고, 시간 슬롯 101~200은 주변 AP가 40 MHz를 점유하고 있는 경우, 201~300은 주변 AP가 80 MHz를 점유하고 있는 경우, 그리고 301~400은 주변 AP가 160 MHz 모두를 점유하고 있는 경우를 나타내고 있다. 그래프의 x 축은 경과한 시간 슬롯, y 축은 임의의 어떤 시간까지의 누적처리율을 의미한다. 제안하는 기법은 주변 채널이 비어있는 경우에는 연산된 혼합 전략을 통해 높은 확률로 넓은 채널을 점유하는 것을 시도(시간 슬롯 0~200)하게 되나, 주변 AP가 넓은 채널을 점유하고 있는 경우에는 높은 확률로 기본 채널만을 점유(시간 슬롯 201~400)하게 된다. 또한, 주변 채널 점유 상황에 대해 게임 이론을 기반으로 한 혼합 전략에 의하여 적응적으로 대처하는 것을 볼 수 있다.

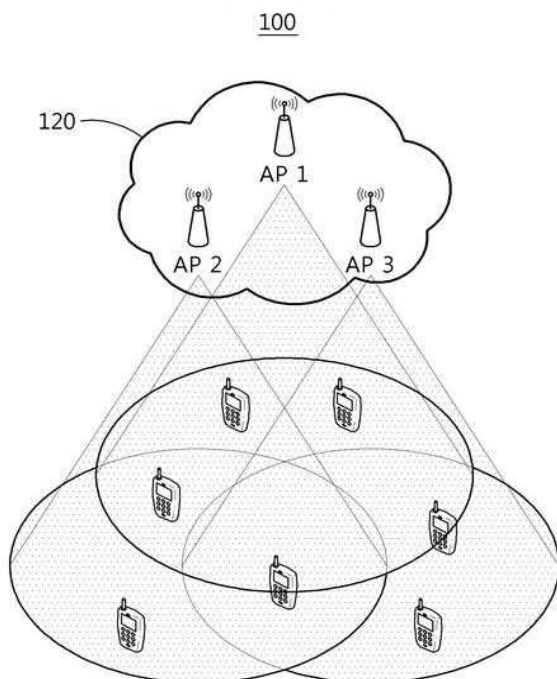
[0127] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

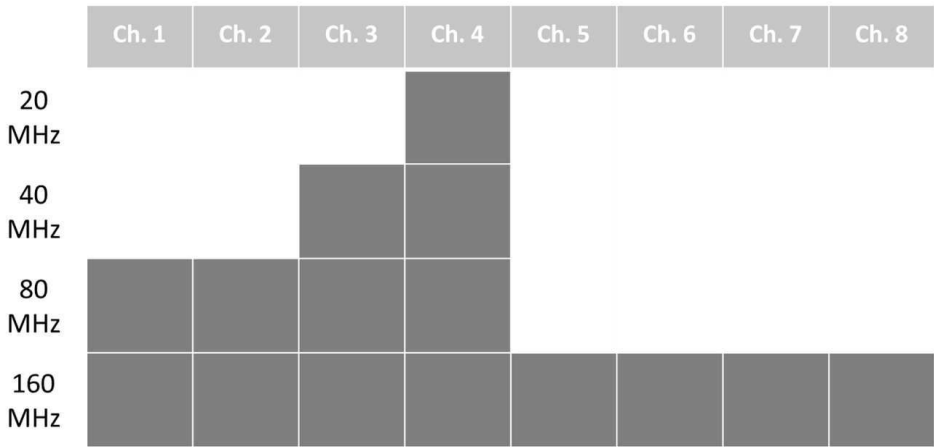
[0128] 100 : 무선랜 시스템
120 : 복수의 AP들
310 : 이득 산출부
330 : 기회비용 산출부
350 : 효용 산출부
370 : 대역폭 결정부

도면

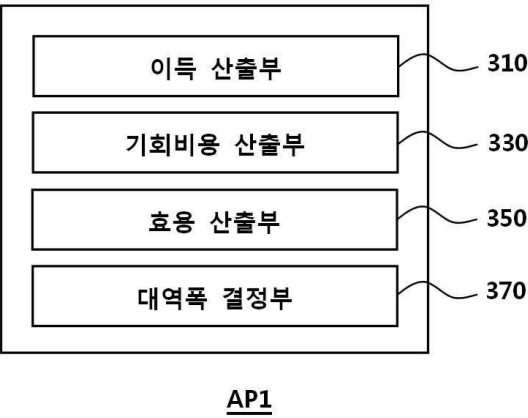
도면1



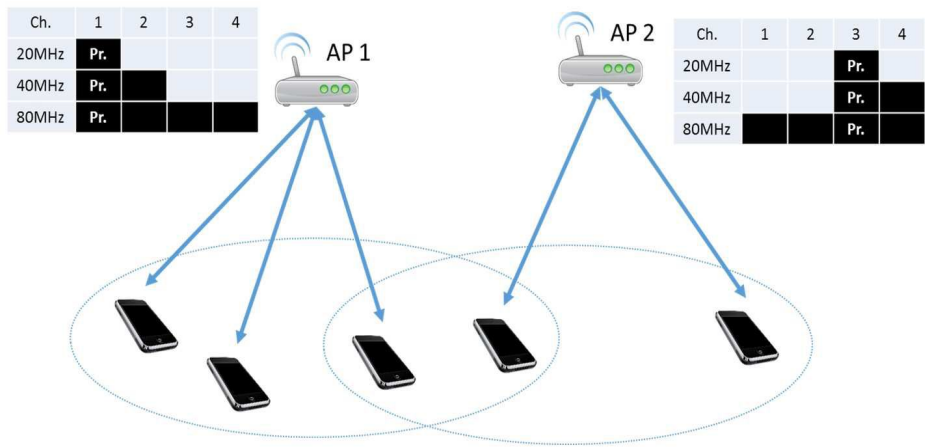
도면2



도면3



도면4



도면5

