(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0024582
(43) 공개일자 2011년03월09일

(51) Int. Cl.
*H04W 72/04* (2009.01) *H04W 28/20* (2009.01)
(21) 출원번호 10-2009-0082636
(22) 출원일자 2009년09월02일
심사청구일자 2009년09월02일

(71) 출원인
**경희대학교 산학협력단**
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
**서덕영**
경기도 성남시 분당구 수내동 푸른마을 벽산아파트 201-202
**이용헌**
경기도 수원시 권선구 구운동 삼환아파트 3동 209호
**홍석훈**
강원도 강릉시 교2동 317-1 유화그린맨션 204호
(74) 대리인
**특허법인 신지, 유경열, 박진석**

전체 청구항 수 : 총 1 항

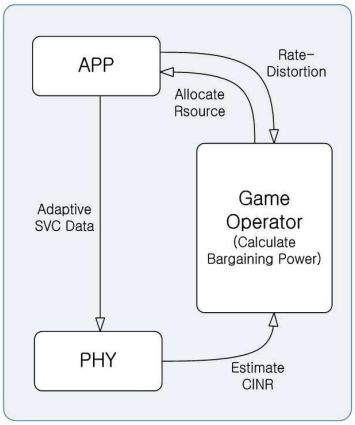
# (54) 바게닝 게임을 이용하여 무선망에서 다수의 사용자에게 최적으로 자원할당을 하는 방법

## (57) 요 약

본 발명에서는 무선망에서 사용자의 서비스 요구량과 실제로 받을 서비스의 양에 따라 기지국에서 자원 할당을 할 때에 서비스의 양 뿐만 아니라 수신신호도 고려하여 이를 비율적으로 분배하는 방법을 제안한다.

본 발명에서는 게임이론 중에 하나인 바게닝 게임을 이용하여 다른 서비스를 요구하는 다수의 사용자들에게 자원을 할당하는 과정을 전개한다. 그리고 이를 무선망에 적용하고 각 사용자의 채널 상황에 따라 적응적으로 솔루션을 구하는 방법을 제안한다.

*대 표 도* - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2008-F-005-02
부처명 지식경제부, 정보통신연구진흥원
연구관리전문기관
연구사업명 정보통신 산업원천기술개발사업
연구과제명 게임 이론을 응용한 Cross-layer 무선 설계 기술 연구(1단계-2년차)
기여율
주관기관 경희대학교 산학협력단
연구기간 2009년 03월 01일 ~2010년 02월 28일

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

사용자의 가용 대역폭을 예측하여 교섭력을 결정하는 기술,

기지국이 사용자에게 자원을 할당함에 있어서 교섭력 α를 결정하는 방법,

α를 결정하는 데 있어서 사용자의 가용한 대역폭을 이용하는 방법,

교섭력 α를 결정하여 사용자별 요구도에 합당한 자원을 분배하는 방법.

## 명 세 서

## 발명의 상세한 설명

### 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 바게닝 게임을 이용하여 기지국에서 결정한 사용자간의 공정한 자원할당 비율을 무선망 상황에서도 실제로 사용자들이 받는 자원간의 비율을 적합하게 분배 유지하는 방법에 대한 것이다.

[0002] 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 게임 이론을 응용한 Cross-layer 무선 설계 기술 연구(1단계-2년차)의 일환으로 수행한 연구로부터 도출한 것이다.

### 배 경 기 술

[0003] 네트워크시스템에서 사용자들은 어떤 상황에서든 좋은 품질의 서비스를 받기를 원한다. 하지만 네트워크에서 자원은 한정되어있어 이를 적절히 분배할 정책이 필요하다. 여기에 사용되는 방법중의 하나가 게임이론이다. 유선의 네트워크시스템에서는 기지국에서 기존의 게임 솔루션들을 이용하여 사용자들의 요구에 맞도록 공평한 자원을 할당해주면, 이는 각 사용자들에게도 전체리소스 대비 할당된 리소스 비율이 동일하게 전달되게 된다.

[0004] 하지만 무선환경에서는 각 사용자의 거리에 따라 수신되는 신호의 세기가 달라지므로 기지국에서 결정된 자원의 양과 사용자가 받는 자원의 양 간에 차이가 발생하게 된다. 전체 리소스에 대한 각 리시버들의 자원의 비율을 정했는데, 이 비율이 리시버에서 유지되지 않는다면 기지국에서 자원할당을 하는 의미가 없어진다. 그러므로 결정된 최적의 자원 비율이 리시버에 도달했을 때의 비율이 되도록 조정을 해주는 방법이 필요하다.

### 발명의 내용

#### 해결 하고자하는 과제

[0005] 본 발명에서는 기지국에서 여러 사용자들이 요구하는 자원양에 따라 적절한 자원분배를 하였는데도, 무선망에서는 사용자들이 실제로 받는 자원의 양이 기지국에서 결정한대로 적절한 분배가 이루어지지 않게 된다. 예를 들면 거리에 따라 또는 산란, 페이딩 등에 의해 수신단에서는 기존에 요청하였던 만큼의 서비스를 받지 못하는 경우가 생긴다. 이것을 실제로 수신단에서 서비스의 품질을 최적의 만족도를 가질 수 있도록 기지국에서 미리 결정할 수 있는 방법을 제안하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 나아가 본 발명은 무선망에서 사용자들이 요구하는 서비스도 다르고 기지국으로부터의 거리도 다르기 때문에 사용자마다 적응적으로 서비스함으로써 여러 사용자에 대한 만족도를 높이는 것을 목적으로 한다.

[0007] 나아가 본 발명은 무선망에서 다수의 사용자가 게임을 하는 상황에서 각각의 사용자에게 원하는 서비스를 전체 리소스 대비 합당한 비율로 자원을 할당 하는 방법을 제공하고, 자원할당을 함에 있어서 일반화된 KSBS를 적용한다. KSBS는 다양한 교섭력으로 빠르게 변화하는 환경에 적용이 가능하여 무선망에서의 자원 할당에 적용이 가능하다. 우리는 무선망에서 사용자의 짧은 시간내의 이동성에 대해 교섭력을 결정하는 방법을 제안한다. 이를 기반으로 사용자가 원하는 서비스의 질을 고려할 때, 무선망에서는 기지국과 사용자간의 거리나 간섭현상에 의한 수신되는 자원의 변화까지 고려해주어야 하기 때문에 CLO를 통한 비율적 자원분배의 함수를 제공하며, 다양한 채널환경을 고려하여 사용자의 서비스 요구도에 따른 적절한 자원할당을 할 수 있게 된다. 이는 수신단에서 결정하는 것이 아니라 기지국에서 미리 수신단에서 받을 리소스를 예측하여 교섭력을 결정하여 할당될 자원을

결정하는 것을 목적으로 한다.

### 과제 해결수단

[0008] 본 발명에서는 사용자의 가용 대역폭을 예측하여 교섭력을 결정하는 기술로 기지국이 사용자에게 자원을 할당함에 있어서 교섭력 α를 결정할 수 있다.

[0009] 본 발명에서는 α를 결정하는 데 있어서 사용자의 가용한 대역폭을 이용할 수 있다.

[0010] 본 발명에서는 교섭력 α를 결정하여 사용자별 요구도에 합당한 자원을 분배를 할 수 있다.

### 효 과

[0011] 이상에서 살펴본 바와 같이, 바게닝 게임을 이용하여 무선망에서 다수의 사용자에게 최적으로 자원할당을 하는 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0012] 첫 째, 무선환경에서 각 사용자들의 가용대역폭에 변화가 생기더라도 사용자가 요구하는 화질에 합당한 자원할당을 유지하는 효과가 있다.

[0013] 둘 째, 각 사용자의 만족도를 고려한 최적의 자원할당과 동시에 전체 자원의 낭비를 줄일 수 있는 효과가 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0014] 전술한, 그리고 추가적인 본 발명의 양상들은 후술하는 실시예들을 통해 더욱 명확해질 것이다. 이하에서는 이러한 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 기술되는 바람직한 실시예들을 통하여 당업자가 용이하게 이해하고 재현할 수 있을 정도로 상세히 설명한다.

[0015] 본 발명은 다수의 사용자가 무선망에서 자원할당을 받을 때 사용자의 만족도를 최상으로 갖게 하는 자원 할당 방법을 기술한다. 특히 비디오 서비스 환경에서 기지국이 게임이론을 기반으로 하여 사용자에게 자원할당을 하는 방법에 관한 것이다. 무선망에서 적응적인 비디오 서비스를 하려면 변화하는 채널상황에 적응할 수 있는 비디오 코덱이 필요하다. SVC(Scalable Video Coding)는 무선망의 상황에 따라 가용 대역폭 안에서 모든 비디오를 보낼 수 없는 경우 일부 계층만 전송하여 복호화가 가능하다. 사용자의 만족도는 주관적인 개념이므로 이를 객관적으로 표현될 수가 있어야 하는데 비디오에 대한 객관적인 품질은 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)로 정량화 할 수가 있다.

### 수학식 1

$$\mathbf{PSNR} = 10\log_{10}\left(\frac{\mathrm{MAX}_I^2}{\mathrm{MSE}}\right)$$

[0016]

[0017] PSNR은 수학식 1과 같이 정의 된다. 일반적으로 신호의 세기를 표현하는 SNR(Signal to Noise Ratio)과 유사하지만, 모든 영상을 대표하는 signal power를 Max_I로 대신한다. Max_I는 최대신호의 파워이며 8비트의 픽셀로 표현되는 영상의 경우 최대값인 255를 사용한다.

### 수학식 2

$$\mathbf{MSE} = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}\|I(i,j)-K(i,j)\|^2$$

[0018]

[0019] MSE(Mean Square Error)는 두 개의 같은 양의 데이터에 대해 동일한 곳에 위치한 픽셀들의 오차의 분산을 계산하며, 수학식 2와 같이 정의된다. m,n은 영상의 크기를 나타내고 i,j는 영상의 가로 세로를 탐색하는 인자이다.

바게닝 게임은 다수의 멀티미디어 사용자들이 효율적이고 공평한 자원 할당을 받을 수 있도록 효과적인 자원할당 전략을 제공한다. 바게닝 게임은 상호간의 이해관계에 있는 협동적인 둘 또는 그 이상의 사용자를 포함하고 있다. 다중사용자 환경에서 각 사용자에게 할당된 자원이 파레토 최적이면 효율적인 자원할당이라고 한다. 사용자들이 이성적이라면 파레토 최적인 자원 할당점 에서 협상문제에 대한 해법을 찾을 것이며, 이 해법들은 협상집합(bargaining Set)이라고 부른다. 바게닝 게임의 하나인 Kalai-Smorodinsky Bargaining Solution(이하 KSBS)는 교섭력을 이용하여 빠르게 변화하는 환경에 적응할 수가 있다. 무선망은 채널상태가 변화하는 환경이므로 일반화된 KSBS를 이용하여 비디오 환경에서의 자원 할당을 적용할 수가 있다. Kalai와 Smorodinsy는 협상해법을 결정하기 위해 "Other solutions to Nash's bargaining problem,"( E. Kalai and M. Smorodinsky, Econometrica, vol. 43, no. 3, pp. 513-518, May 1975.)에서 KSBS만의 공평성을 정의하며, 공리적 협상해법을 결정하였다.

[0020] KSBS 공리

[0021] 1) Pareto Optimality

[0022] 2) Independence of Linear Transformations

[0023] 3) Individual monotonicity

[0024] 4) Symmetry

[0025] 바게닝 게임에서는 N명의 사용자에게 R_MAX의 자원을 분배하는데 있어서, 모든 사용자는 각각의 효용성함수(X_i=U_i (x_i))를 가지고 있어야 한다. 효용성 함수(수학식4)는 Wavelet Video coder를 위한 DR 모델(수학식3)을 이용한다.

*수학식 3*

$$D = \frac{\mu}{R - R_0} + D_0, R \geq R_0, D_0 \geq 0, \mu > 0$$

[0026]

*수학식 4*

$$U_i(x_i) \triangleq \frac{c}{D_i} = \frac{c \cdot (x_i R_{0i})}{D_{0i}(x_i - R_{0i}) + \mu_i}$$

[0027]

[0028] 또한 각 사용자들은 게임에 참여하기 위한 기본조건으로 minimum utility(X_0i=U_i (x_0i))를 보장받아야 한다.

따라서 가용한 자원 $R_{avil}$은 $R_{MAX} - \sum_{i=1}^{N} x_{0i}$ 이 된다. "Bargaining Strategies for Networked Multimedia Resource Management" (Hyunggon Park and Mihaela van der Schaar, IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL.55, NO. 7, JULY 2007)에서 설명한 바와 같이 상기 수학식5과 수학식6에서 표현된 B와 L의 교점이 KSBS의 유일한 해가 된다.

*수학식 5*

$$\mathbf{B} = \left\{ \mathbf{X} \left| \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_i X_i}{c - D_{0i} X_i} = R_{Max} - \sum_{i=1}^{n} R_{0i}, X_i \geq 0 \text{ for all } i \right. \right\}$$

[0029]

*수학식 6*

$$\mathbf{L}=\left\{\mathbf{X}\left|\frac{X_1^{MAX}-X_1}{\alpha_1(X_1^{MAX}-d_1)}=\cdots=\frac{X_N^{MAX}-X_N}{\alpha_N(X_N^{MAX}-d_N)},\sum_{i=1}^{N}\alpha_i=1,\alpha_i\geq 0\ for\ all\ i\right.\right\}$$

[0030]

[0031] 본 발명의 또 다른 양상에 의하면, 도1은 두 명의 사용자에 대하여 협상집합과 교섭력을 고려하지 아니한 KSBS를 나타낸 것이다. 바게닝 게임을 이용한 자원분배정책에 대해 다음의 제약조건 $\sum_{i=1}^{N}x_i=R_{MAX}, x_i\geq x_{0i}$ 를 만족하는 협상집합에서 임의의 사용자 i가 자신의 utility를 높이기 위해 다른 사용자들의 utility를 제한하고 있음을 볼 수 있다. 과거의 무선통신 시스템 규격(ex. cdmaOne)에서는 변조방식으로 순방향 링크에서 QPSK, 역방향 링크에서 OQPSK 변조방식만을 사용하여 변조방식과 채널 부호화 등이 고정되어 있었다. 그에 반하여 IMT-2000, Wibro방식에서는 QPSK, 8PSK, 16QAM을 전파환경에 따라 적절히 선택할 수 있도록 하였다. 예를 들어 전파환경이 열악하여 전송오류가 빈번할 때에는 QPSK 변조방식을 선택하고, 전파환경이 좋은 지역에서는 16QAM을 이용하여 전송속도를 높이는 방식이다. 이를 AMC (Adaptive Modulation and Coding) 기법이라고 한다. WiMAX에서 정하고 있는 MCL(도2 左)을 이용한 AMC모드가 도 2(右)에 그래프로 그려져 있다. (WiMAX Forum, "Mobile WiMAX - Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation", Feb. 21, 2006) WiMAX 에서는 변조방식과 채널 부호율을 고려하여 채널의 현재상태를 촘촘하게 평가하고 그에 따라 최적의 채널 활용을 가능하게 하는 MCL(혹은 MCS: Modulation & Coding Scheme(Level)) 기법을 채택하고 있다. MCL을 사용하면 채널환경을 변조방식과 부호화율 레벨로 정의할 수 있고 각 레벨에 따라 전송속도를 계산할 수 있다.

[0032] KSBS는 실제로 사용자들의 상황을 고려하여 최적의 자원 할당법을 제시하고 있다. 하지만 사용자들의 서비스 만족도는 고려하였지만 수신 시의 가용대역폭까지는 고려하지 않고 있다. 사용자의 서비스 만족도를 고려하여 기지국에서 자원을 적절히 분배를 하였다 해도 가용대역폭을 고려하지 않은 자원분배는 의미가 없어지게 된다. 그러므로 최종적으로 수신단의 만족도에 적합한 자원할당을 하려면 기지국에서는 기존의 자원할당을 하되 사용자의 가용대역폭을 고려한 자원의 할당이 요구된다. 이를 AMC모드를 기반으로 사용자의 가용대역폭을 예측하고 이를 이용하여 바게닝 게임에 적용하는 방법을 제안한다.

[0033] 도 3은 제안하는 자원할당의 개략적인 흐름도이다. 제안하는 자원할당은 무선환경을 고려하여 자원을 적절하게 분배 하는 방법이다. 무선환경은 유선환경에 비해 채널변화가 심하게 일어난다. 무선환경에서는 경로손실과 fading, 섀도잉 현상, 그리고 간섭현상 등이 일어나게 된다. 이러한 모든 환경이 고려되려면 채널의 상태를 얻어야 하는데 예전에는 피드백을 통한 방법이 이용되었지만 로드가 심하게 걸리므로 계층간 교차방식을 통해 정보를 얻어오는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 이러한 계층간 교차방식은 MAC/PHY 계층의 정보를 얻어오게 되어 정확도와 신속성, 그리고 다양한 환경을 탐지할 수 있는 장점이 있다.

[0034] 본 발명은 사용자가 여러 명인 무선환경에서 채널상태를 고려하지 않은 자원할당에 대해 문제를 제기한다. 계층간 교차방식을 이용하여 채널상태를 확인하고 채널상태를 정량화 하여 이를 기반으로 비율적으로 자원을 분배하는 방법을 제안한다. 네트워크환경에 손실과 간섭이 없다고 가정하였을 때, 기지국에서 전체 자원($R_{MAX}$)을 유저들의 요구에 맞도록 공평한 자원을 할당해주면 각 사용자들에게도 전체 자원 대비 할당된 리소스 비율이 동일하게 전달되게 된다. 하지만 상기에서 기술한 바와 같이 무선환경에서는 채널환경에 따라 사용자에게 수신되는 자원의 양이 다르게 되므로 리시버에 할당되는 자원에 따라 미리 정해준 자원의 비율대로 도달하지 못하게 되어 기존에 기지국에서 결정해준 자원 할당이 의미가 없어지게 된다.

[0035] 도 4는 앞서 기술한 내용의 문제점의 예를 보여주고 있다. 기지국에서 사용자들에게 할당한 자원의 비율은 그림에서와 같이 4:5:4임을 볼 수가 있다. 실제로 수신되는 자원이 아니므로 점선으로 표시하였다. 하지만 사용자는 이동성을 갖고 있으므로 가용대역폭이 줄어들어 실선만큼의 자원비율로 받을 가능성이 높다. 결과적으로 3:1:3으로 기지국에서 할당한 사용자간 자원의 비율이 달라질 수가 있다. 즉, 기지국에서 전체 자원에 대한 각 사용자들에게 자원의 비율을 정하였으나, 이 비율이 채널환경에 의해 사용자의 요구도를 만족시키지 못한다면 자원할당을 하는 의미가 없어진다는 말이다.

[0036] 도 5는 WiMAX 또는 Wibro 환경에서 두 명의 사용자가 협상 게임을 하는 중에 한 명의 사용자가 거리가 멀어짐에 따라 수신신호가 작아질 때의 KSBS를 나타낸 것이다. 상기에서 설명한 바와 같이 사용자2는 기존에 할당 받았던

자원의 양에 따라 결정된 PSNR보다 더 열화된 화질의 비디오를 보게 된다.

[0037] 본 발명에서는 이 문제를 해결하기 위하여 KSBS의 교섭력(bargaining Power)을 도입한다. 교섭력은 사용자의 공평성에 있어 매우 중요하다. 교섭력은 급변하는 환경에 적용이 가능하다. 본 발명에서는 무선망에서의 채널환경을 하나의 매개변수로 정의하고, 매개변수를 교섭력에 대응시켜 급변하는 무선망의 채널환경에서의 자원할당을 KSBS로 풀어낼 수 있도록 한다. 무선망에서 사용자의 짧은 시간내의 이동성에 대해 CINR-Bit-rate간의 그래프로 나타내고, CINR또는 가용 전송속도에 대한 비율을 교섭력으로 결정한다.

[0038] 계층간 교차방식으로 신호세기에 따라 각 사용자들이 전송받는 자원을 예측할 수가 있다. 물리계층에서는 OFDMA를 기반으로 하는 다운로드 채널의 경우 채널 환경에 맞춰 변조 기법과 부호화 기법을 바꾸어주는 AMC(적응/변조부호화)방식을 제공한다. 물리계층은 송신단과 수신단 사이의 채널상황을 관측하기 위해 반송파 대 간섭 잡음비와 수신된 신호강도 정보를 수집하며 수집된 정보에 근거해 적응/변조 부호화 모드를 예측한다. 이때 적응/변조 부호화 방법과 반송파 대 간섭잡음비, 부호화 방식에 의해 채널 대역폭 $R_{PHY}$가 결정이 된다. 기지국에서 수신단의 대역폭 예측이 가능하므로 채널상태를 매개변수로 정의할 수가 있다. 이 매개변수를 사용하게 되면 할당된 자원의 비율을 수신단에서도 유지 시킬 수 있다. 현재 자원 할당시에 문제가 되는 부분이 아래 수학식에 표현되어있다.

*수학식 7*

[0039] $$R_{BS\,1} : R_{BS\,2} : \cdots : R_{BS\,N} \neq R_{receiver\,1} : R_{receiver\,2} : \cdots : R_{receiver\,N}$$

[0040] N은 현재 망의 모든 유저의 수이다. $R_{BS\,i}$ 는 바게닝 게임을 이용하여 i번째 사용자에게 할당된 자원이다. 협상해법은 기지국에서 정하고 각 사용자들에게 할당된 자원의 비율대로 전송하게 된다. $R_{receiver\,i}$는 무선망에서 각 사용자들이 실제로 받게 되는 자원이다. $R_{receiver\,i}$는 상기에서도 기술하였듯이 채널환경이 급변함에 따라 기지국에서 할당한 비율과는 다를 것을 예상할 수 있다. 기지국에서 사용자들의 이동성을 고려하여 공평한 협상해법을 찾으려면, 사용자가 최종적으로 할당 받을 자원의 양을 적절하게 분배하여야 한다. 각 사용자에게 분배된 자원간 비율과 최종적으로 할당 받은 자원간의 비율이 동일하게 분배되려면 다음의 수학식 8을 만족하여야 한다.

*수학식 8*

[0041] $$R_{rx\,j} = \left(\sum_{i=1}^{N} R_{predic\,rx\,i}\right) * \left(\frac{R_{ksbs\,j}}{R_{Max}}\right)$$

[0042] $R_{ksbs\,j}$는 기지국에서 협상이론을 이용하여 할당된 자원, $R_{rxj}$는 사용자에게 최종 할당될 자원, $\sum_{i=1}^{N} R_{ksbs\,i}$ 는 기지국에서 할당된 자원의 총합($R_{Max}$)이고, $R_{predicrx\,i}$가 계층간 교차방식으로 예측하여 기지국에서 알고 있는 사용자의 실제 가용대역폭이다.

[0043] 본 발명에서는 최종 할당될 자원 $R_{rx\,j}$을 협상게임을 이용하여 해법을 찾되, 채널상태에 따른 환경변화를 교섭력 α값으로 나타내어 무선망에서의 협상게임의 효용이 가능성을 제시한다. 수학식 8에서 제시하였듯이 사용자가 수신하는 자원의 총량 $\sum_{i=1}^{N} R_{predic\,rx\,i}$ 을 기지국에서 할당이 가능한 $R_{Max}$에 대한 KSBS의 비율로 나타낼 수가 있는 것을 보았다. 이 수식은 사용자에게 수신되는 자원의 양이 실제 무선환경에서 교섭력 α값으로 정의하여 비율적으로 표현이 가능함을 보여준다. 다음은 수학식 8을 기반으로 교섭력 α를 정의하는 과정이다.

*수학식 9*

$$\alpha_i \triangleq c \cdot \left(1 - \frac{CINR_i}{\sum_{j=0}^{n} CINR_j}\right), \qquad c > 0, \qquad \sum_{i=1}^{N} \alpha_i = 1$$

[0044]

[0045] CINR은 무선환경에서 사용자가 수신하는 전력이고, c는 $\sum_{i=1}^{N} \alpha_i$ 를 1이 되게 하는 0보다 큰 상수이다. 가장 간단하게 c를 근사화 하면 모든 사용자의 $c = \frac{1}{n-1}$ 로 정의 할 수 있다. 여기에서 n은 게임에 참여한 사용자의 수이다. 수학식 9가 나타내는 정보는 채널환경이 나빠져서 사용자가 요구하는 자원보다 더 적은 자원을 수신하게 될 경우, 사용자가 요구하는 자원의 비율에 합당한 자원을 공정성에 근거하여 가중치를 더 준다는 것이다. 만약 사용자가 요구하는 자원에 비해 채널환경이 매우 좋아 자원이 남게 되면, 이를 채널환경이 좋지 않은 다른 사용자에게 분배를 할 수도 있게 된다.

*수학식 10*

$$\mathbf{S} = \left\{ \mathbf{X} \;\middle|\; \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_i X_i}{c - D_{0i} X_i} = R_{Max} - \sum_{i=1}^{n} R_{0i}, X_i > 0 \text{ for all } i, \\ \frac{X_1^{MAX} - X_1}{\alpha_1 (X_1^{MAX} - d_1)} = \cdots = \frac{X_N^{MAX} - X_N}{\alpha_N (X_N^{MAX} - d_N)}, \\ \alpha_i \triangleq c \cdot \left(1 - \frac{CINR_i}{\sum_{j=0}^{n} CINR_j}\right), c > 0 \sum_{i=1}^{N} \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0 \text{ for all } i, \end{array} \right\}$$

[0046]

[0047] 무선환경에서 KSBS에 의한 협상집합을 수학식 10에서와 같이 새로 정의 하였다. 사용자가 요구하는 비디오의 품질을 고려한 협상집합이 수학식 5와 같다면, 채널상황에 대한 정보는 수학식 6에 나타나있다고 볼 수 있다. 수학식 6이 정의하고 있는 것과 같이 α_i의 값에 따라 할당되는 자원의 비율을 크게 또는 작게 조정을 할 수가 있다. 전송속도가 느려짐에 따라 요구되는 CINR값이 작아지는 현상을 수학식 9에서와 같이 비율적으로 환경에 대한 매개변수로 이용하여 계산을 하고 교섭력을 정의하였다. 수학식 9는 사용자의 효용함수에 따라 다르게 표현될 수 있는데, 그 예를 수학식 11에 표현하였다.

*수학식 11*

$$\alpha_i \triangleq c \cdot \left(1 - \frac{R_{cinr\,i}(CINR_i)}{\sum_{j=0}^{n} R_{cinr\,i}(CINR_j)}\right), \qquad c > 0, \qquad \sum_{i=1}^{N} \alpha_i = 1$$

[0048]

[0049] 도 2를 CINR에 대한 전송속도 $R_{cinr\,i}$로 표현하여 수학식 12와 같이 정의하고 이를 같은 방식으로 협상해법의 수학식에 대입한다.

*수학식 12*

$$R_{cinr\,i}(CINR_j)$$

[0050]

[0051] 도 6은 본 발명에서 제안하는 최적의 자원할당이 가능한 흐름도를 나타내고 있다. 기지국에서는 각 사용자의 게임 참여 의사를 알아보고, 게임의 조건이 성립하는지의 여부를 판단한다. 게임이 성립된다면, 기지국은 각 사용자의 화질 요구도, 수신신호강도 및 비트 오류율 등을 수신하고, KSBS의 공평성을 고려하여 사용자의 요구량에 따른 협상집합을 결정한다. 그리고 사용자들의 수신신호 강도에 의한 가용대역폭을 예측하고 이를 고려하여 교섭력을 계산한다. 협상집합과 교섭력이 결정이 되면 이 두 집합의 교집합으로 협상해법을 결정한다.

## 도면의 간단한 설명

[0052] 도1은 Kalai-Smorodinsky Bargaining Solution을 나타낸다.

[0053] 도2는 Required CINR table in WiMAX을 나타낸다.

[0054] 도3은 제안하는 무선환경에서의 자원 할당 법 흐름도를 나타낸다.

[0055] 도4는 서버 측에서 결정된 자원과 사용자가 받는 자원간의 비율차이를 나타낸다.

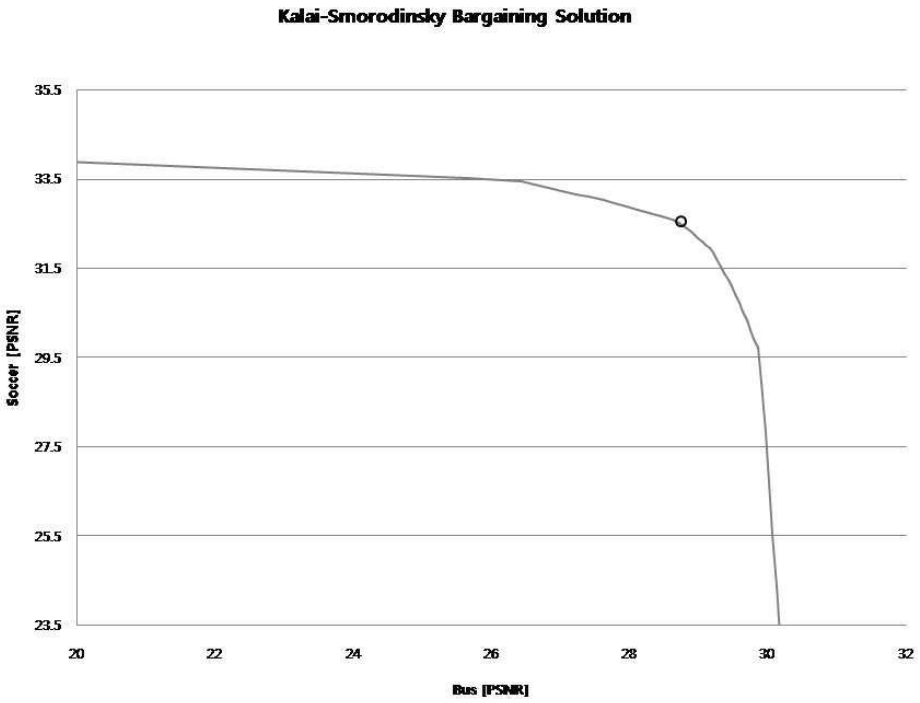
[0056] 도5는 PSNR for decreasing CINR (R_MAX 1Mbps)를 나타낸다.

[0057] 도6은 제안하는 최적의 자원 할당 방법에 대한 흐름도를 나타낸다.

[0058] 도7은 무선네트워크(LTE)에서의 발명 활용 예를 나타낸다.

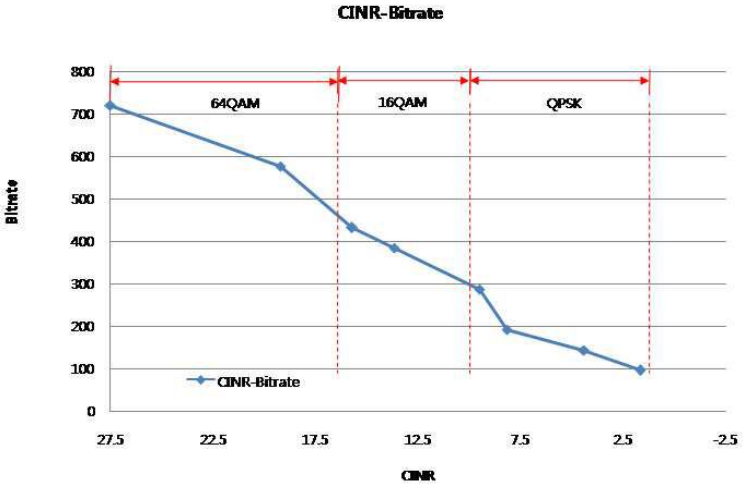
## 도면

### 도면1

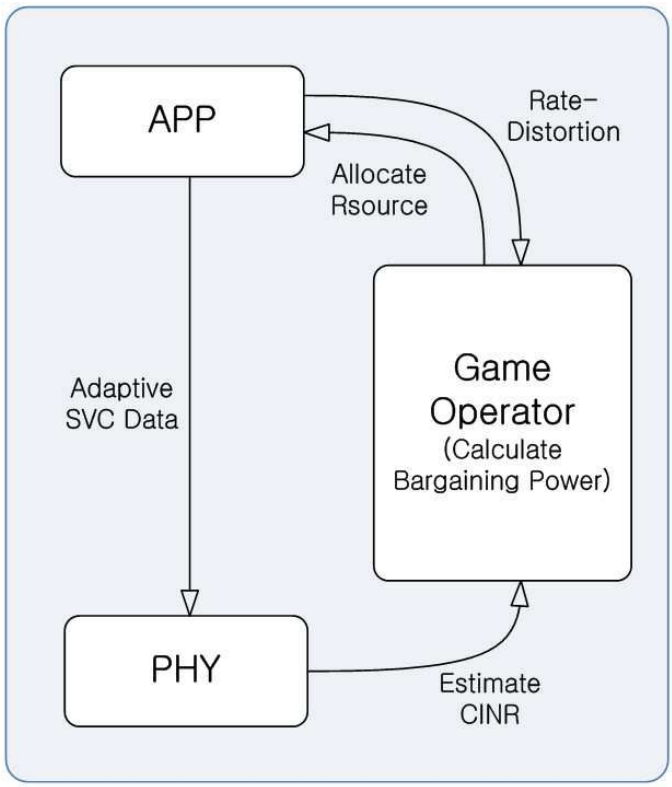


도면2

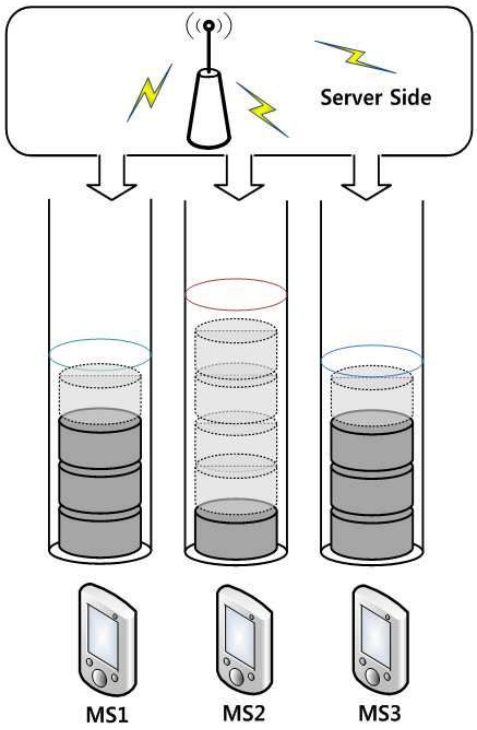
| CINR(dB) | Transfer rate(kbps) |
|---|---|
| -3.9 | 96 |
| -1.45 | 96 |
| 1.65 | 96 |
| 4.3 | 144 |
| 8 | 192 |
| 9.35 | 288 |
| 13.5 | 384 |
| 16.5 | 432 |
| 18.4 | 576 |
| 27.5 | 720 |



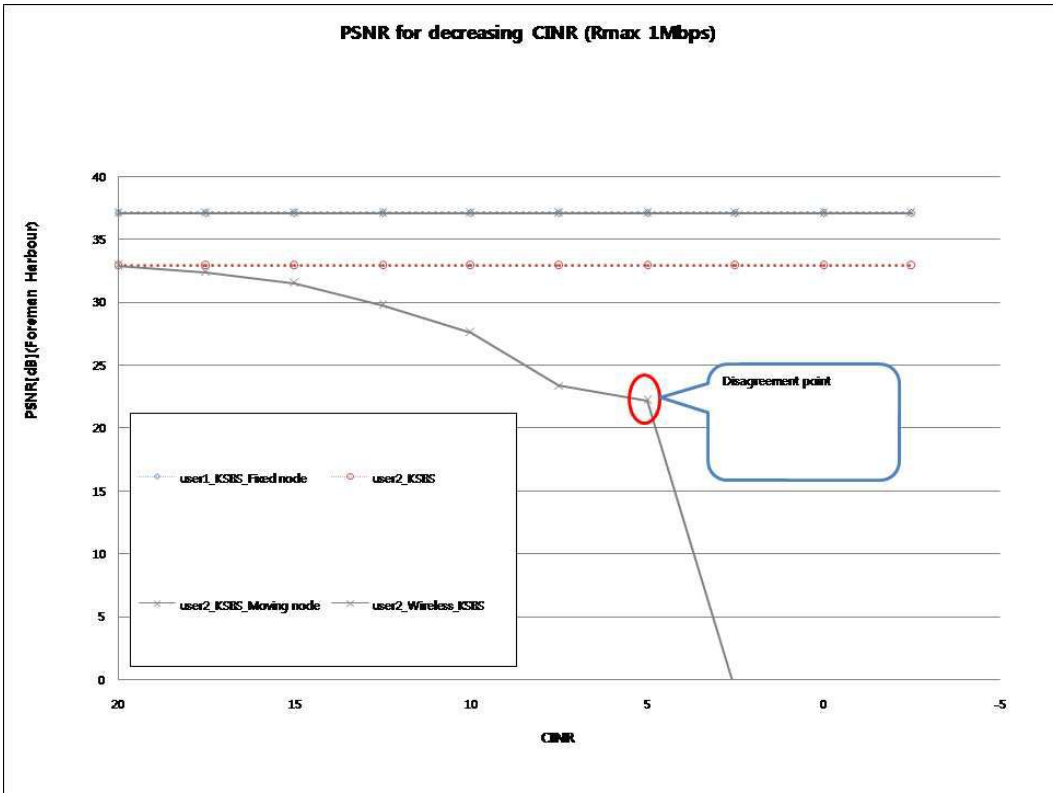

도면3



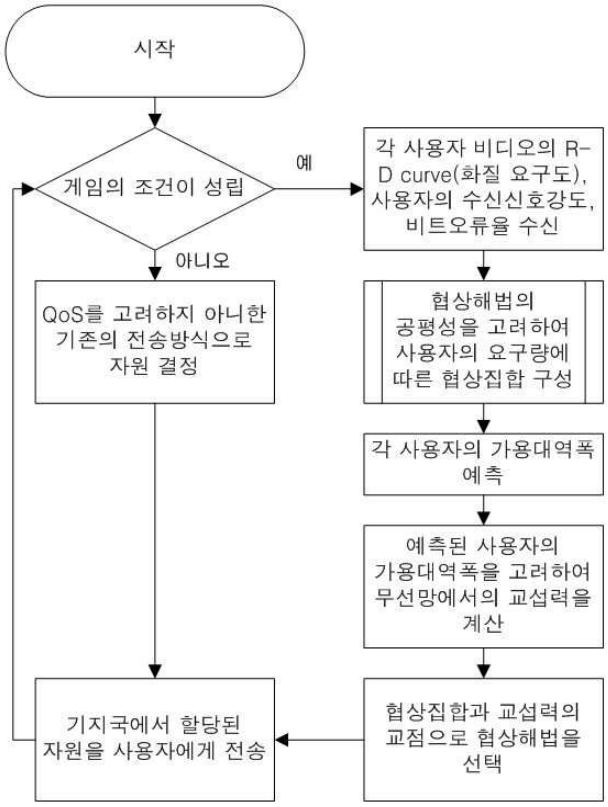
도면4


Server Side
MS1
MS2
MS3

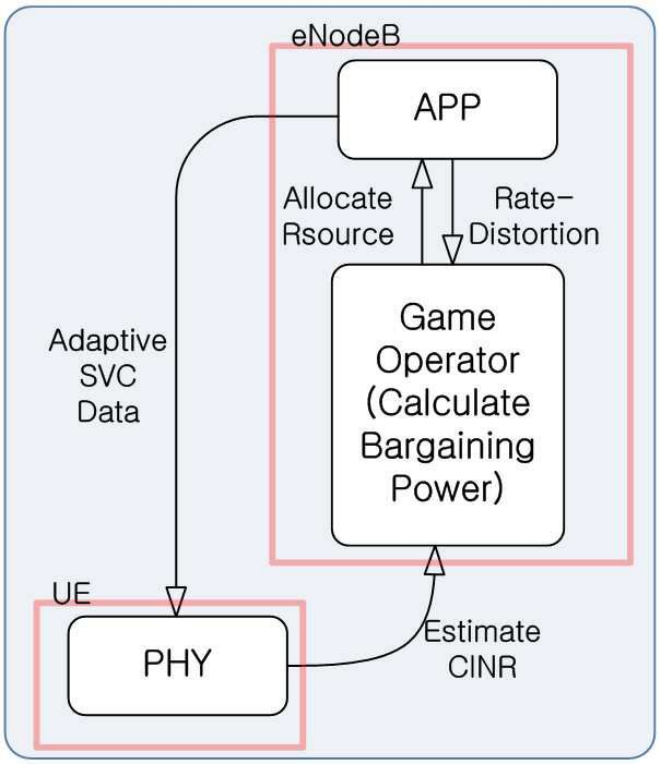
도면5


PSNR for decreasing CINR (Rmax 1Mbps)
PSNR[dB](Foreman Harbour)
CINR
Disagreement point
user1_KSBS_Fixed node
user2_KSBS
user2_KSBS_Moving node
user2_Wireless_KSBS

도면6


시작
게임의 조건이 성립
예
아니오
각 사용자 비디오의 R-D curve(화질 요구도), 사용자의 수신신호강도, 비트오류율 수신
협상해법의 공평성을 고려하여 사용자의 요구량에 따른 협상집합 구성
각 사용자의 가용대역폭 예측
예측된 사용자의 가용대역폭을 고려하여 무선망에서의 교섭력을 계산
협상집합과 교섭력의 교점으로 협상해법을 선택
QoS를 고려하지 아니한 기존의 전송방식으로 자원 결정
기지국에서 할당된 자원을 사용자에게 전송

도면7


eNodeB
APP
Allocate Rsource
Rate-Distortion
Game Operator (Calculate Bargaining Power)
Adaptive SVC Data
UE
PHY
Estimate CINR