(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0030646
(43) 공개일자 2015년03월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04J 13/16 (2011.01) *H04J 13/00* (2011.01)
(21) 출원번호 10-2014-7033488
(22) 출원일자(국제) 2013년04월26일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년11월27일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2013/000185
(87) 국제공개번호 WO 2013/160646
국제공개일자 2013년10월31일
(30) 우선권주장
1207546.1 2012년04월27일 영국(GB)

(71) 출원인
임페리얼 이노베이션스 리미티드
영국 런던 에스더블유7 2피지 사우스 켄싱턴 엑서비션 로드 프린시즈 게이트 52
(72) 발명자
구르칸, 무스타파
영국 웨스트 서섹스 알에이치13 9지에이치, 호샴, 사우스워터, 83 블레이크스 팜 로드
(74) 대리인
이철희

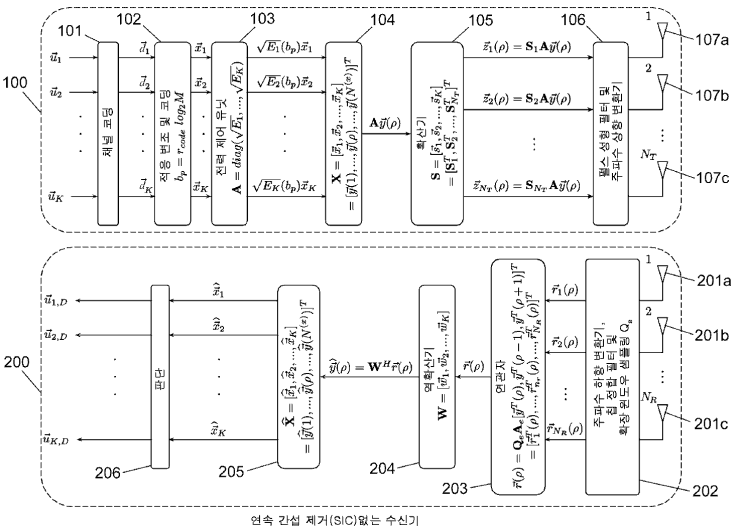
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 **데이터 전송 방법 및 장치**

(57) 요 약

데이터가 전송되는 복수의 병렬 단일입력 단일출력 또는 다중입력 다중출력 채널을 구비한 무선 데이터 전송 시스템에서의 데이터 전송 방법으로서, 상기 데이터는 복수의 데이터 심볼로 표시되며, 상기 데이터 심볼은 전송 전에 복수의 확산 수열에 의하여 확산되는 방법이 개시된다. 상기 방법은 복수의 서명 수열 K의 각 서명 수열 k에 대한 시스템 값 λ_k을 결정하는 과정으로서, 상기 시스템 값 λ_k은 연관된 서명 수열 k의 신호 대 잡음비를 나타내며; 복수의 서명 수열 K과 연관된 시스템 값 λ_k에 따른 데이터 심볼을 확산하도록 이용되는 서명 수열 K^*의 수를 결정하는 과정; 복수의 서명 수열 K과 연관된 시스템 값 λ_k을 따라 복수의 서명 수열 K로부터 데이터 심볼을 확산하도록 이용되는 서명 수열 $\mathbf{S}$을 선택하는 과정으로서, 선택된 서명 수열의 수는 서명 수열 K^*의 결정된 수에 대응하며; 선택된 서명 수열 $\mathbf{S}$를 이용하여 데이터 심볼을 확산하는 과정을 포함한다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

데이터가 전송되는 복수의 병렬 단일입력 단일출력 또는 다중입력 다중출력 채널을 구비한 무선데이터 전송시스템에서의 데이터 전송방법으로서, 상기 데이터는 복수의 데이터 심볼로 표시되며, 상기 데이터 심볼은 전송 전에 복수의 확산 수열에 의하여 확산되고, 상기 방법은:

복수의 서명 수열 K의 각 서명 수열 k에 대한 시스템 값 λ_k을 결정하는 과정으로서, 상기 시스템 값 λ_k은 연관된 서명 수열 k의 신호 대 잡음비를 나타내며;

복수의 서명 수열 K과 연관된 시스템 값 λ_k에 따른 데이터 심볼을 확산하도록 이용되는 서명 수열 K^*의 수를 결정하는 과정;

복수의 서명 수열 K과 연관된 시스템 값 λ_k을 따라 복수의 서명 수열 K로부터 데이터 심볼을 확산하도록 이용되는 서명 수열 S을 선택하는 과정으로서, 선택된 서명 수열의 수는 서명 수열 K^*의 결정된 수에 대응하며; 및

선택된 서명 수열 $\mathbf{S}$를 이용하여 데이터 심볼을 확산하는 과정을 포함하는 데이터 전송방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

수열 K^*의 수의 결정과 심볼을 확산하는 데 이용되는 서명 수열 $\mathbf{S}$의 선택은:

$K_{best} = K$에서 $K_{best} = 1$까지에 대하여 평균 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}} = \frac{\sum_{k}^{K_{best}} \lambda_k}{K_{best}}$ 을 계산하는 과정으로서, K_{best}는 평균 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}$을 계산하기 위하여 이용되는 서명 수열의 초기수이며, 각각의 서명 수열에는 평균 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}$을 계산하기 위하여 동등 전송 에너지 E_k가 할당되며;

데이터 심볼을 확산하는 데 이용되는 서명 수열 K^*의 수를 결정하고 평균 시스템 값 벡터 $\vec{\lambda}_{mean}$에 따라 심볼을 확산하도록 이용되는 서명 수열 S를 선택하는 과정으로서, 평균 시스템 값 벡터 $\vec{\lambda}_{mean}$는 K_{best} = 1에서 $K_{best} = K$에 대하여 복수의 평균 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}$을 포함하는 데이터 전송방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

데이터 심볼을 확산하기 위해 이용되는 서명 수열 K^*의 수는 K_{best} = 1에서 $K_{best} = K$에 대하여 다음 부등식을 만족할 때 서명 수열 K_{best}의 초기수와 같도록 결정되며:

$$\lambda^*\left(b_{p_{K_{best}}}\right) \le \left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}} < \lambda^*\left(b_{p_{K_{best}+1}}\right)$$

$\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}$는 평균 시스템 값이며, $b_{p_{K_{best}}}$는, 각각의 데이터 심볼에 대해 할당될 수 있는 이산 데이터

속도이며, 목표 시스템 값 $\lambda^*(b_p)$에 대한 복수의 P 이산 속도에 대한 p = 1 에서 p = P 까지의 p의 정수값에 대한 b_1에서 bp까지 복수의 데이터 속도로부터 선택되고, 목표 시스템 값 $\lambda^*(b_p)$는 다음의 방정식을 이용하여 데이터 속도 b_P의 관점에서 결정되고:

$$\lambda^*(b_{p_k}) = \frac{\Gamma(2^{b_p}-1)}{1-\Gamma(2^{b_p}-1)}$$

Γ는 변조 방식에 대한 갭 밸류(gap value)이고; 그리고

선택된 서명 수열 S은 최고 시스템 값 λ_k을 가지는 복수의 서명 수열 K의 K^* 서명 수열인 데이터 전송방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

수열 K^*의 수의 결정 및 심볼 확산에 이용되는 서명 수열 S의 선택은 다음 과정:

$K_{opt} = K$에서 $K_{opt} = 1$까지 최소 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}} = \min(\vec{\lambda})$를 계산하는 과정으로서, K_{opt}는 최소 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}$을 계산하기 위하여 활용되는 서명 수열의 초기수이며, 각각의 서명 수열에는 동등한 전송 에너지 E_k가 할당되고;

$K_{opt} = K$에서 $K_{opt} = 1$까지 복수의 최소 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}$을 포함하는 최소 시스템 값 $\vec{\lambda}_{\min}$에 따라 데이터 심볼을 확산하도록 이용되는 서명 수열 S을 선택하고 서명 수열 K^*의 수를 결정하는 과정에 의하는 데이터 전송방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

데이터 심볼을 확산하기 위해 이용되는 서명 수열 K*의 수는 $K_{opt} = 1$에서 $K_{opt} = K$에 대하여 다음 부등식을 만족할 때 서명 수열 K_{opt}의 초기수와 같도록 결정되며:

$$\lambda^*\left(b_{p_{K_{opt}}}\right) \le \left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}} < \lambda^*\left(b_{p_{K_{opt}+1}}\right)$$

$\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}$는 최소 시스템 값이며, $b_{p_{Kopt}}$는, 각각의 심볼에 대해 할당될 수 있는 이산 데이터 속도이며, 목표 시스템 값 $\lambda^*(b_p)$에 대한 복수의 P 이산 속도에 대한 p = 1 에서 p = P 까지의 p의 정수값에 대한 b_1에서 bp까지의 복수의 데이터 속도로부터 선택되고; 그리고

선택된 서명 수열 S은 최고 시스템 값 λ_k을 가지는 복수의 서명 수열 K의 K^* 서명 수열인 데이터 전송방법.

청구항 6

제 1항 내지 제 5항 중의 어느 한 항에 있어서,

서명 수열 $\mathbf{S}$를 선택하기 이전에, 최고의 시스템 값 λ_k을 가지는 복수의 서명 수열 K의 서명 수열 k로부터 최하의 시스템 값 λ_k을 가지는 복수의 서명 수열 K 의 서명 수열 k까지 복수의 서명 수열 K을 정렬하는(ordering) 과정;을 더 포함하며,

고 시스템 값 λ_k은 높은 신호 대 잡음비를 나타내며, 그리고

선택된 서명 수열 $\mathbf{S}$은 정렬된 서명 수열의 제 1 K^* 서명 수열인 데이터 전송방법.

청구항 7

제 1항 내지 제 6항 중의 어느 한 항에 있어서,

시스템 값 λ_k에 따라 선택된 복수의 서명 수열 $\mathbf{S}$에 대하여 데이터 속도 b_{p_k}를 할당하는 과정으로서, 할당된 데이터 속도 b_{p_k}의 합이 심볼 주기당의 전체 데이터 속도에 대응하는 것을 더 포함하는 데이터 전송방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

데이터 속도 b_{p_k}는 서명 수열 K^*의 수를 결정할 때 할당되는 데이터 전송방법.

청구항 9

제 2항 또는 제 3항을 인용하는 경우의 제 7항 또는 제 8항 중의 어느 한 항에 있어서,

전체 데이터 속도는 다음을 만족하는 최대 정수 숫자 m_{EE}를 발견함으로써 결정되며:

$$\left(K^* - m_{EE}\right)\lambda^*\left(b_{p_{K^*}}\right) + m_{EE}\lambda^*\left(b_{p_{K^*+1}}\right) \le K^*\left\lfloor \vec{\lambda}_{\min} \right\rfloor_{K^*}$$

서명 수열의 제 1그룹 $\left(K^* - m_{EE}\right)$은 이산 속도 데이터 속도 $b_{p_{K^*}}$에서 데이터를 전송하는데 이용되며, 서명 수열의 제 2그룹은 남은 m_{EE} 서명 수열을 포함하며 동등 에너지 할당에 대응하는 경우에 있어서 이산 속도 $b_{p_{K^*+1}}$에서 데이터를 전송하도록 이용되는 데이터 전송방법.

청구항 10

제 4항 또는 제 5항을 인용하는 경우의 제 7항 또는 제8 항 중의 어느 한 항에 있어서,

전체 데이터 속도는 다음을 만족하는 최대 정수 m_{ES}를 발견함으로써 결정되고:

$$\left(K^* - m_{ES}\right)\lambda^*\left(b_{p_{K^*}}\right) + m_{ES}\lambda^*\left(b_{p_{K^*+1}}\right) \le K^*\left\lfloor \vec{\lambda}_{mean} \right\rfloor_{K^*}$$

서명 수열의 제 1그룹 $\left(K^* - m_{ES}\right)$은 이산 데이터 속도 $b_{p_{K^*}}$에서 데이터를 전송하는데 이용되며, 서명 수열의 제 2그룹은 남은 서명 수열 m_{ES}을 포함하며 이산 속도 $b_{p_{K^*+1}}$에서 데이터를 전송하도록 이용되는 데이터 전송방법.

청구항 11

제 7항 내지 제 10항 중의 어느 한 항에 있어서,

전체 전송 에너지에 대한 심볼 주기당 전체 데이터 속도를 최대화하기 위하여, 할당된 전송 데이터 속도 b_{p_k} 및 대응하는 시스템 값 λ_k에 따라 복수의 선택된 서명 수열 K에 전송 에너지를 할당하는 과정을 더 포함하며, 할당된 전송 에너지의 합은 전체 전송 에너지 E_T에 대응하는 데이터 전송방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

전송 에너지 $E_{k,i}$는, 평균 시스템 값이 서명 수열 K^*의 수를 결정하는데 이용되는 연속 간섭 소거, SIC, 방식이 없는 수신기를 기반으로 다음 방정식으로 반복하여 결정되며:

$$E_{k,i} = \frac{\lambda^*\left(b_{p_{K^*}}\right)}{\vec{q}_k^{\,H}\,\mathbf{C}_{i-1}^{-1}\,\vec{q}_k}$$

여기서 i는 반복수이고, $\mathbf{C}_{i-1}^{-1}$는 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{i-1}$를 역변환하여 결정되는 역변환 공분산 매트릭스이며, 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{i-1}$는 다음 방정식 $\mathbf{C}_{i-1} = \mathbf{Q}_e\mathbf{A}_{e(i-1)}^2\mathbf{Q}_e^H + 2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+l-1)}$ 을 이용하여 확장 정합 필터 서명 수열 매트릭스 $\mathbf{Q}_e$ 및 확장 진폭 매트릭스 $\mathbf{A}_{e,(i-1)} = \mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{A}_{(i-1)}$의 관점에서 표시될 수 있는데, ⊗는 크로넥커(kronecker) 곱셈이며, 진폭 매트릭스 $\mathbf{A}_{(i-1)} = diag\left[\sqrt{E_{1,(i-1)}}, \sqrt{E_{2,(i-1)}}, \cdots, \sqrt{E_{K^*,(i-1)}}\right]$는 전송 에너지의 관점에서 표현되며, $2\sigma^2$는 노이즈 분산, N_R는 수신기 안테나의 수, N은 프로세스 이득, L은 다중 경로 지연 확산 길이이며, 학장 정합 필터 수신기 수열 매트릭스 $\mathbf{Q}_e$는 다음의 방정식 $\mathbf{Q}_e = [\mathbf{Q}, \mathbf{Q}_1, \mathbf{Q}_2]$에 따라 표현되고, $\mathbf{Q}_1$는 이전 심볼 주기에 대한 정합 필터 수열을 표시하며, $\mathbf{Q}_2$는 다음 심볼 주기에 대한 정합 필터 수열을 표시하고, $\mathbf{Q}_1$ 및 $\mathbf{Q}_2$는 $\mathbf{Q}_1 = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \left(\mathbf{J}_{N+L-1}^T\right)^N\right]\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_{1,1}, \cdots, \vec{q}_{k,1}, \cdots \vec{q}_{K^*,1}\right]$ 및 $\mathbf{Q}_2 = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \mathbf{J}_{N+L-1}^N\right]\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_{1,2}, \cdots, \vec{q}_{k,2}, \cdots \vec{q}_{K^*,2}\right]$에 따라서 표현되고, $\vec{q}_{k,1}$및 $\vec{q}_{k,2}$는 서명 수열 K^*의 수의 이전 및 다음 심볼 주기에 대한 ISI 정합 필터 수열이며, $\mathbf{J}_{N+L-1} = \begin{bmatrix} \vec{0}_{(N+L-2)}^T & 0 \\ \mathbf{I}_{N+L-2} & \vec{0}_{N+L-2} \end{bmatrix}$는 쉬프트 매트릭스이고, 정합 필터 역확산 서명 수열 매트릭스 $\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_1, \cdots, \vec{q}_k, \cdots \vec{q}_{K^*}\right]$는 다음 방정식 $\mathbf{Q} = \mathbf{HS}$에 따라 결정되고, $\vec{q}_k$는 길이 N의 복수의 전송 서명 수열 $\mathbf{S} = \left[\vec{s}_1, \cdots, \vec{s}_k, \cdots \vec{s}_{K^*}\right]$에 대한 정합 필터 수신기 역확산 서명 수열이고, $\mathbf{H}$는 주파수 선택 다중 경로 채널에 대한 MIMO 시스템 컨볼루션 매트릭스이고, 컨볼루션 매트릭스 $\mathbf{H}$는 다음 방정식 $\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}^{(1,1)} & \cdots & \mathbf{H}^{(1,N_T)} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ \mathbf{H}^{(N_R,1)} & \cdots & \mathbf{H}^{(N_R,N_T)} \end{bmatrix}$ 에 따라 표현되며, N_T는 전송기 안테나의 전체수이고, 채널 임펄스 응답 벡터 $\vec{h}^{(n_r,n_t)} = \left[h_0^{(n_r,n_t)}, \cdots, h_{L-1}^{(n_r,n_t)}\right]$를 가지는 수신기 안테나 n_r 및 송신기 안테나 n_t각각의 쌍 사이의 채널 컨볼루션 매트릭스 $\mathbf{H}^{(n_r,n_t)}$는 다음 방정식

$$\mathbf{H}^{(n_r,n_t)}=\begin{bmatrix}\vec{h}^{(n_r,n_t)} & 0 & \cdots & 0\\ 0 & \vec{h}^{(n_r,n_t)} & \cdots & \vdots\\ \vdots & \cdots & \ddots & 0\\ 0 & 0 & \cdots & \vec{h}^{(n_r,n_t)}\end{bmatrix}$$

의 관점에서 표현되는 데이터 전송방법.

청구항 13

제 11항에 있어서,

전송 에너지 $E_{k,i}$는 평균 시스템 값이 서명 수열 K^*의 수를 결정하는데 이용되는 연속 간섭 소거, SIC, 방식이 있는 수신기를 기반으로 주어진 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$에 대하여 다음 방정식을 풀어 반복하여 결정되며:

$$E_{k,i}=\frac{\gamma^*\left(b_{p_k}\right)}{\xi-\frac{E_{k,(i-1)}\left|\xi_3\right|^2}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}-\frac{E_{k,(i-1)}\left(\left|\xi_4\right|^2-2\frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}\xi_6+\left(\frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}\right)^2\left|\xi_5\right|^2\left|\xi_3\right|^2\right)}{1+E_k\ \left(\xi_2-\frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}\left|\xi_5\right|^2\right)}}$$

역변환 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$는 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}$의 역변환이고, 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}$는 $\mathbf{C}_0=2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$를 사용할 때 $k=1,\cdots K^*$에 대하여 다음 방정식을 풀어 반복하여 결정되며:

$$\mathbf{C}_k=\mathbf{C}_{k-1}+E_k\vec{q}_k\vec{q}_k^H+E_k\vec{q}_{k,1}\vec{q}_{k,1}^H+E_k\vec{q}_{k,2}\vec{q}_{k,2}^H$$

목표 SNR $\gamma^*\left(b_{p_k}\right)$은 다음 방정식을 이용하여 결정되며:

$$\gamma_k^*\left(b_{p_k}\right)=\Gamma\left(2^{b_{p_k}}-1\right)$$

가중치 팩터 $\xi,\xi_1,\xi_2,\xi_3,\xi_4,\xi_5$ 및 ξ_6들은

$$\xi=\vec{q}_k^H\vec{d},\quad \xi_1=\vec{q}_{k,1}^H\vec{d}_1,\quad \xi_2=\vec{q}_{k,2}^H\vec{d}_2$$

$$\xi_3=\vec{q}_k^H\vec{d}_1,\quad \xi_4=\vec{q}_k^H\vec{d}_2,\quad \xi_5=\vec{q}_{k,1}^H\vec{d}_2,\quad \xi_6=Real\left(\xi_3\xi_4^*\xi_5\right)$$

를 이용하여 SIC 수신기 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$ 및 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$로부터 구축되며;

거리벡터 $\vec{d},\ \vec{d}_1,\ \vec{d}_2$ 들은 다음 방정식:

$$\vec{d}=\mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_k,\quad \vec{d}_1=\mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_{k,1},\quad \vec{d}_2=\mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_{k,2}$$

을 이용하여 결정되는 데이터 전송방법.

청구항 14

제 13항에 있어서,

$\mathbf{C}_0^{-1} = \frac{1}{2\sigma^2}\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$인 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$ 및 또한 에너지 할당 E_k 및 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$, E_k, σ^2를 가진 MIMO 시스템 변수 세트에 대하여, 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_k^{-1}$는, 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$ 및 에너지 E_k를 이용하여 k = 1에서 시작하여 $k = 1, \cdots K^*$에 대하여 다음 과정에 의해 구축되고:

거리 벡터 $\vec{d}$, $\vec{d}_1$ 및 $\vec{d}_2$를 결정하는 과정;

가중치 팩터 $\xi, \xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5$ 및 ξ_6를 결정하는 과정, 그리고

다음 방정식에서 $k = 1, \cdots K^*$에 대하여 할당된 에너지 E_k를 이용함으로써 가중 에너지 텀(term) ζ_1 및 ζ_2을 결정하는 과정:

$$\zeta_1 = \frac{E_k}{1 + E_k\,\xi_1}, \quad \zeta_2 = \frac{E_k}{1 + E_k\left(\xi_2 - \zeta_1|\xi_5|^2\right)};$$

다음 방정식을 풀어 중간 매트릭스 $\mathbf{Z}_1$, $\mathbf{Z}_2$, $\mathbf{Z}_3$를 결정하는 과정:

$$\mathbf{Z}_1 = \vec{d}_1\,\vec{d}_1^{\,H}, \quad \mathbf{Z}_2 = \vec{d}_2\,\vec{d}_2^{\,H}, \quad \mathbf{Z}_3 = \vec{d}_1\,\vec{d}_2^{\,H};$$

;

다음 방정식을 풀어 역변환 감소(reduced) 공분산 매트릭스 $\mathbf{D}_k^{-1}$를 결정하는 과정:

$$\mathbf{D}_k^{-1} = \mathbf{C}_{k-1}^{-1} - \left(\zeta_1^2\zeta_2|\xi_5|^2 + \zeta_1\right)\mathbf{Z}_1 - \zeta_2\mathbf{Z}_2 + \zeta_1\zeta_2\left(\xi_5\,\mathbf{Z}_3 + \xi_5^*\,\mathbf{Z}_3^H\right);$$ 및

다음 방정식을 이용하여 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_k^{-1}$의 역변환을 구축하는 과정:

$$\mathbf{C}_k^{-1} = \mathbf{D}_k^{-1} - \zeta\mathbf{Z}_4;$$

여기서 가중 에너지 텀 ζ은 다음 방정식을 풀어 결정되고:

$$\zeta = \frac{E_k}{1 + E_k\left(\xi - \frac{E_k|\xi_3|^2}{1+E_k\,\xi_1} - \frac{E_k\left(|\xi_4|^2 - 2\frac{E_k}{1+E_k\,\xi_1}\xi_6 + \left(\frac{E_k}{1+E_k\,\xi_1}\right)^2|\xi_5|^2|\xi_3|^2\right)}{1+E_k\,\left(\xi_2 - \frac{E_k}{1+E_k\xi_1}|\xi_5|^2\right)}\right)};$$

중간 매트릭스 $\mathbf{Z}_4$는 다음 방정식을 이용하여 결정되며:

$$\mathbf{Z}_4 = \vec{d}_3\vec{d}_3^{\,H};$$ 그리고

거리 벡터 $\vec{d}_3$는 다음 방정식:

$$\vec{d}_3 = \mathbf{D}_k^{-1}\vec{q}_k$$

을 풀어 결정되는 데이터 전송방법.

청구항 15

제 1항에 있어서,

서명 수열 K^*의 수의 결정과 데이터를 확산하는데 이용되는 서명 수열 S의 선택은 반복 워터 필링 기반 연속 비트 로딩 방법에 의하며, 이 방법은:

전체 데이터 속도 $b_{T,K}$를 최대화하는 서명 수열의 전체 수를 결정함으로써 서명 수열 K^*의 수를 결정하는 과정을 포함하는 데이터 전송방법.

청구항 16

제 15항에 있어서,

복수의 정합 필터 서명 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$에 대한 반복 워터 필링 최적화 방법은 더욱:

서명 수열 K_{opt}의 초기수를 설정하는 과정;

서명 수열 K_{opt}의 초기수와 연관된 시스템 값 λ_k을 결정하는 과정;

에너지 할당 E_k에 대하여 다음 방정식을 이용하여 채널 SNR 벡터를 결정하는 과정;

$$\left[\vec{g}\right]_k = \frac{\lambda_k}{E_k\left(1-\lambda_k\right)}$$

다음 방정식을 이용하여 워터 필링 상수 K_{WF}를 결정하는 과정:

$$K_{WF} = \frac{1}{K_{opt}}\left(E_T + \Gamma\sum_{k=1}^{K_{opt}}\frac{1}{\left[\vec{g}\right]_k}\right);$$

여기서 E_T는 전체 전송 에너지이며;

다음 방정식을 이용하여 복수의 서명 수열 K의 각각의 서명 수열 k에 대하여 할당될 에너지 E_k를 결정하는 과정:

$$E_k = K_{WF} - \frac{\Gamma}{\left[\vec{g}\right]_k}$$

정합 필터 서명 수열의 정렬 리스트를 제공하기 위하여 서명 수열 K_{opt}의 초기수와 연관된 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}\right]_k = \lambda_k$에 따라 정합 필터 서명 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$ 을 오름차순으로 재정렬하는 과정;

정합 필터 서명 수열의 정렬 리스트의 제 1 정합 필터 수열 $\vec{q}_1$, $\vec{q}_{1,1}$ 및 $\vec{q}_{1,2}$을 삭제하는 과정; 및

할당 에너지 E_1가 음수이면 $K_{opt} = K_{opt} - 1$로 설정하고;

위의 과정을 반복하고;

$$b_{T,K} = \sum_{k=1}^{K_{opt}}\log_2\left(1+\frac{\lambda_k}{\Gamma\left(1-\lambda_k\right)}\right)$$

를 이용하여 전송될 비트 $b_{T,K}$의 전체수를 결정하고;

$K^* = K_{opt}$ 를 이용함으로써 고려 중인 복수의 서명 수열 K의 서명 수열 K^*의 수를 결정하는 과정을 포함하는 데이터 전송방법.

청구항 17

제 16항에 있어서,

반복 워터 필링 방법은 다음의 과정으로 서명 수열 K^*의 수를 결정하는 방법으로서:

처음에 서명 수열의 전체 수를 $K^* = K$로 설정하는 과정;

서명 수열 K^*의 수가 값 $K^* = 1$에 도달할 때까지 $K^* = K - 1$의 값에 대하여 서명 수열 K^*의 수와 전송될 전체 데이터 속도를 결정하는 과정; 및

전체 데이터 속도를 최대화하는 복수의 서명 수열 K에 대해 서명 수열 K^* 의 수를 선택하는 과정을 포함하는 데이터 전송방법.

청구항 18

제 1항 내지 제 17항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 시스템 값은 다음 방정식에 의하여 결정되고:

$$\lambda_k = \gamma_k \varepsilon_k$$

γ_k는 MMSE 수신기의 역확산 유닛의 출력에서 신호 대 잡음비이며, ε_k는 역확산 유닛의 출력에서 평균 자승 에러이며, 평균 자승 에러는 시스템 값과 $\lambda_k = 1 - \varepsilon_k$만큼 관련된 데이터 전송방법.

청구항 19

제 1항 내지 제 11항 및 제 14항 내지 제 17항 중 어느 한 항에 있어서,

시스템 값 λ_k은 연속 간섭 소거, SIC, 방식이 없는 수신기를 기반으로 다음 방정식에 따라 결정되며:

$$\lambda_k = E_k \vec{q}_k^H \mathbf{C}^{-1} \vec{q}_k$$

$\mathbf{C}$는 다음 방정식 $\mathbf{C} = \mathbf{Q}_e \mathbf{A}_e^2 \mathbf{Q}_e^H + 2\sigma^2 \mathbf{I}_{N_R(N+l-1)}$을 이용하여 확장 정합 필터 서명 수열 매트릭스 $\mathbf{Q}_e$ 및 확장 진폭 매트릭스 $\mathbf{A}_e = \mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{A}$의 관점에서 표현되며, $\otimes$는 크로네커 곱셈이고 진폭 매트릭스 $\mathbf{A} = diag\left[\sqrt{E_1}, \sqrt{E_2}, \cdots, \sqrt{E_{K^*}}\right]$이며, 정합 필터 역확산 서명 수열 매트릭스 $\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_1, \cdots, \vec{q}_k, \cdots \vec{q}_{K^*}\right]$는 다음 방정식 $\mathbf{Q}_e = [\mathbf{Q}, \mathbf{Q}_1, \mathbf{Q}_2]$을 이용하여 확장 정합 필터 서명 수열 매트릭스 $\mathbf{Q}_e$를 구축하도록 형성되며, $\mathbf{Q}_1$는 이전 심볼 주기에 대한 정합 필터 수열을 나타내며, $\mathbf{Q}_2$는 다음 심볼 주기에 대한 정합 필터 수열을 나타내고, $\mathbf{Q}_1$ 및 $\mathbf{Q}_2$는 다음 방정식 $\mathbf{Q}_1 = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \left(\mathbf{J}_{N+L-1}^T\right)^N\right]\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_{1,1}, \cdots, \vec{q}_{k,1}, \cdots \vec{q}_{K^*,1}\right]$ 및 $\mathbf{Q}_2 = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \mathbf{J}_{N+L-1}^N\right]\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_{1,2}, \cdots, \vec{q}_{k,2}, \cdots \vec{q}_{K^*,2}\right]$에 따라 표현되며, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$는 이전 및 다음 심볼 주기에 대한 ISI 정합 필터 수열인 데이터 전송방법.

청구항 20

제 1항 내지 제 10항 및 제 12항 내지 제 17항 중 어느 한 항에 있어서,

시스템 값 λ_k 은 연속 간섭 소거, SIC, 방식의 수신기를 기반으로 다음 방정식에 따라 결정되며:

$$\lambda_k = E_k \vec{q}_k^H \mathbf{C}_k^{-1} \vec{q}_k$$

$\mathbf{C}_{k-1}$ 는 $\mathbf{C}_0 = 2\sigma^2 \mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$ 를 이용할 때 $k = 1, \cdots K^*$ 에 대하여 다음 방정식을 풀어 반복 결정되는 공분산 매트릭스이고:

$$\mathbf{C}_k = \mathbf{C}_{k-1} + E_k \vec{q}_k \vec{q}_k^H + E_k \vec{q}_{k,1} \vec{q}_{k,1}^H + E_k \vec{q}_{k,2} \vec{q}_{k,2}^H$$

$\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$ 는 이전 및 다음 심볼 주기에 대한 ISI 정합 필터 수열이며, $\vec{q}_k$ 는 정합 필터 역확산 서명 수열인 데이터 전송방법.

청구항 21

제 1항 내지 제 20항 중의 어느 한 항의 방법을 실행하도록 구성된 장치.

청구항 22

제 21항에 있어서,

상기 장치는 무선 전송 기지국인 장치.

청구항 23

제 1항 내지 제 20항 중의 어느 한 항의 방법을, 사용 시 실행하도록 작동 가능하고 컴퓨터에서 실행 가능한 컴퓨터.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 모바일 무선(radio) 시스템 데이터 전송 분야에 관한 것이다. 더 구체적으로, 제한되지는 않지만, 본 발명의 실시예들은 모바일 무선 시스템에서 전송을 위하여 데이터 심볼을 확산(spread)하도록 사용되는 확산 수열(sequence)을 결정하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 모바일 무선 시스템 기술은 데이터 속도(rate; 비트율)를 증가시킨다는 전체적 목표를 가지고 계속 진보하고 있다. 3세대 무선 라디오 시스템은 코드분할 다중접근 전송 방식을 이용하며 전세계적으로 광범위하게 이용되어 왔다. 3세대 파트너 프로젝트(3GPP)는 다중코드 광대역 코드분할 다중접근(CDMA) 시스템으로서 유니버셜 모바일 텔레커뮤니케이션 시스템(UMTS)의 릴리스 5(Release 5) 사양 내의 고속 다운링크 패킷접근(HSDPA) 시스템을 개발해 왔다. 3세대 무선 휴대폰(cellular) 시스템의 성공은 기본적으로 다운링크 용량을 향상시킨 HSDPA 시스템이 이용하는 효율적인 자원 할당 방식에 크게 의존한다.

[0003] 적응 변조 및 코딩과, 복합 자동 재전송 요청과 같은 실시 기술이 최근 이용 가능함에 따라, 인터넷 중심 애플리케이션을 위한 인터넷 가능 스마트폰을 도입하는 것이 가능해졌다. HSDPA 시스템의 트렌드는 고속의 데이터 전송 속도 애플리케이션을 가진 스마트폰을 위한 다운링크 용량(throughput)을 향상시키는 것이다.

[0004] HSDPA 다운링크의 용량은 광범위하게 진전되어 왔다. 최근에는, 실제 얻을 수 있는 용량은 다중입력 다중출력(MIMO) HSDPA 시스템을 사용하는 경우의 이론적인 상한값보다 훨씬 낮음이 발견되었다.

[0005] HSDPA 다중코드 CDMA 시스템을 위한 다운링크 용량의 최적화는 두 부분의 문제로 고려되어 왔다. 첫째 문제는 다운링크 유저를 위한 서명 수열(signature sequence) 및 전력 할당이다. 두 번째 문제는 주어진 자원 할당에 대한 링크 용량 최적화이다.

[0006] 첫번째 문제는 전송을 위한 유저들의 스케쥴링에 관련된다. 이것은 다운링크 전송에 대하여 광범위하게 실험되었다. 다운링크 주파수 선택 채널을 위한 전체 속도 최적화라는 관점에서 전력 할당과 관련하여 서명 수열 설계

와 할당이 연구되었다. 또한, 어떤 설계 방법이 수신기 역확산 필터 계수를 최소화하는 최소 자승 오류(MSE)와 송신기 서명 수열을 반복 계산하도록 활용될 수 있는지 고려되어 왔다. 게다가, 서명 수열의 최적 세트가 존재함이 밝혀졌는데, 이는 MIMO 시스템의 송신기 및 수신기 안테나 사이에서 주어진 채널 임펄스 응답의 주어진 세트에 대하여 전체 링크 용량을 증가시킨다. 더욱, 주어진 채널 임펄스 응답의 세트에 대하여 직교(orthogonal) 서명 수열의 최적 세트가 확인되는 시스템들이 고려되어 왔다.

[0007] 최적 확산 수열의 이용은 채널 상태 정보(CSI)가 송신기 및 수신기 양쪽에서 모두 이용가능할 것을 필요로 한다. 송신기에서의 CSI는 다운링크 및 업링크 채널 양쪽에 걸쳐 많은 시그널링 오버헤드(signalling overhead)를 요구한다. 그러므로, 각각의 MIMO 다운링크 송신기 안테나가 동일한 직교 확산 수열 세트를 이용하게 함으로써 시그널링 부하를 최소화하려는 다양한 방법이 고려되었다. 한 접근법이 3GPP에 의해 고려되어 직교 변수 확산 인자(OVSF)라는 주어진 고정 세트 크기를 이용하는 방법으로 표준화되었다. MIMO시스템은, 각각의 안테나에 대하여 이용 가능한 OVSF 서명 수열의 주어진 단일 세트보다 더 큰 서명 수열 세트 크기를 필요로 한다. 3GPP는 주어진 세트를 미리 코딩한 가중치로 곱하고 가중된 확산 수열 세트를 연관시켜(concatenating) OVSF 세트 크기를 증가시키는 방법을 표준화하였다. 다음 각각의 전송심볼은 전송 전에 각각의 MIMO 안테나에서 상이한 확산 수열로 확산된다. 그러므로, 각각의 전송 심볼에 대한 각각의 안테나에서 이용된 확산 수열들을 연관시킴으로써 고유의 미리 코딩된 확산 수열이 생성된다. 연관된 확산 수열은 다른 전송 심볼에 대한 송신기에서 이용가능한 남은 확산 수열 세트에 직교한다. 그러나, 확산 수열의 직교성은 주파수 선택 다중경로 채널에 대한 전송 후 수신단에서 상실된다. 선형 MMSE 이퀄라이저 다음에 역확산기를 두어 각각의 수신기에서 확산 수열의 직교성을 회복하고 다중경로 채널에 대한 전송 후 전송 심볼을 복구하는 것이 제안되었다.

[0008] 최근의 연구는, 다중경로 채널에 걸쳐 동작할 때 선형 MMSE 이퀄라이저에 나타나는 자기 간섭(SI) 문제를 고려하였다. 이 문제에 있어 목표는 현재 실제의 달성 가능한 전송률과 HSDPA 용량의 이론적 상한값과의 큰 격차를 줄이는 것이다. 독립 심볼 레벨 MMSE 이퀄라이저 다음에 심볼 레벨 연속 간섭 소거(SIC) 방식이 오는 수신기는 셀간(intra-cell) 자기 간섭을 다룬다. HSDPA 표준에 맞춘 하이브리드 선형 이퀄라이저/간섭 소거 수신기가 활용될 수 있다고 제안되었다. 더욱, HSDPA 다운링크 용량 최적화를 위하여 칩 또는 심볼 레벨 MMSE 이퀄라이저와 같이 SIC 수신기를 이용하는 것이 제안되었다.

[0009] 칩 레벨 MMSE 선형 이퀄라이저 다음에 역확산기 및 심볼 레벨 SIC를 배치하는 사용은 칩간 간섭(ICI) 및 또한 모든 스트림간 간섭을 억제하는 것으로 여겨진다. 선형 칩 레벨 MMSE 이퀄라이저로서 채널 정합 필터(CMF)는 다중 경로 채널 중앙부 탭에서 에너지를 수집하여 신호 대 잡음비를 최대로 함이 밝혀졌다. 칩 레벨 이퀄라이저는, 전송 심볼 스트림 중의 하나를 감지하도록 송신기 확산 수열 중의 하나에 의해 역확산되는 전송 칩 수열의 평가(estimate)를 생성하도록 이용된다. 그 다음 복구된 심볼이 이용되어 칩 레벨에서 반복하여 간섭을 제거한다. 각 반복은 칩 레벨 선형 이퀄라이저 계수의 계산을 필요로 한다. 전체 반복수는 전송 데이터 스트림의 수와 같다.

[0010] 두 번째의 다운링크 용량 최적화 문제를 해결하기 위한 선형 MMSE 이퀄라이저와 단일 단계 SIC 감지기가 있는 수신기의 사용은 송신기 및 수신기의 합동 최적화를 필요로 한다. 다중코드 MIMO 시스템에서 두 단계 연속 간섭 소거 방식에 대해서는 상이한 데이터 스트림에 걸쳐 다양한 전송 전력 할당 방식이 유도될 수 있다. 송신기 전력 최적화가 된 2단계 SIC 감지 방식은 다중코드 다운링크 전송에 대하여 용량 성능을 개선할 수 있다. 그러나, SIC, 이퀄라이저 계수 및 전력 할당 계산 각각의 반복은 수신 신호에 대한 공분산(covariance) 매트릭스의 역변환(inversion)을 필요로 한다. 공분산 매트릭스는 보통 고차원이며, 따라서 수신기에서의 반복 전력 할당, 선형 MMSE 이퀄라이저 및 SIC 실행은 계산적으로 비대하다. 대형 매트릭스의 역변환을 간단히 하면, 선형 MMSE 이퀄라이저 다음에 심볼 레벨 SIC를 두는 구현이 실제 가능한지 연구되어 왔다.

[0011] 송신기 설계를 최적화하는 다양한 시도들이 행해져왔다. 보통, 다중코드 다운링크 용량 최적화를 위해 전력을 분배할 때 상이한 최적화 기준이 이용된다. 어떤 기술들은 송신기 설계 최적화 기준에 중점을 두고, 어떤 기술들은 공동(joint) 속도 및 전력 할당 기준에 집중한다. 최근, 게임 이론 접근법이 공동 속도 및 전력 적응(adaptation) 방법에 추가로 도입되었는데, 이는 *L.Zhao and J.Mark, "업링크 광대역 할코드분 다중 접근 시스템에서 무선 자원 관리를 위한 공동 속도 및 전력 적응(Joint rate and power adaptation for radio resourse management in uplink wideband code division multiple access systems)" IET Communications, vol.2, no.4, pp. 562 - 572, April 2008*에서 일반화되어 있는데, 다음의 세가지 주제 하에서 기술된다:

[0012] 1. 첫번째 기준은 채널 이득의 주어진 실현화를 위하여 속도를 최적화하기 위하여 전송 전력을 최적화하는 시스템을 포함하는 것이다. 전형적인 예는, *L. Y. Hoon and K. S. Wu, "페이딩 채널에 대한 ds-cdma 통신에서 일반*

화된 공동 전력 및 속도 적응(Generalized joint power and rate adaptation in ds-cdma communications over fading channels)", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 57, NO. 1, PP 603-608, Jan. 2008 인데, 심볼수와 심볼당 비트수를 최적화한다. 목표는, 각각의 수신기에서 목표 신호 대 잡음비(SINR)를 만족시키면서 전송 전력과 확산 수열의 반복 조정을 통해 전체 속도를 최대로 하는 것이다. 전송 전력은, 각각의 수신기에서 목표 신호 대 잡음비를 만족하도록 반복 조정될 수 있다. 또한, 목표 신호 대 잡음비(SNR)에 대한 전체 전송 에너지는 각 수신기의 출력에서 최소화될 수 있다. 이러한 유형의 최적화는 마진 적응형 로딩 방법(margin adaptive loading method)으로 알려져 있다. 전송 전력과 확산 수열은, 전체 전송 전력을 주어진 전체 전력 한계 이하로 유지하면서 다중코드 병렬 채널에 대하여 전체 속도를 최대로 하도록 최적화될 수 있다. 이러한 반복 에너지 할당은 속도 적응형 로딩 방법으로 알려져 있다.

[0013] 2. 두번째 방법은 수신기에서 전송 전력, 속도 및 서명 수열과 또 선형 MMSE 이퀄라이저를 공동으로 최적화하여 전체 속도를 최대화하면서, 목표 레벨에서 수신 전력을 유지하는 것을 목표로 한다. 이 방법의 한 예는 *S. Ulukus and A. Yener, "cdma 네트워크를 위한 반복 송신기 및 수신기 최적화(Iterative transmitter and receiver optimization for cdma network)", IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 3, no. 6, pp. 1879 - 1884, Nov. 2004* 인데, 선형 MMSE 이퀄라이저로 전송 확산 수열 및 수신기 세트를 공동으로 최적화한다. 목표는, 각각의 수신 신호 전력 레벨이 송신기에 알려질 때, 각각의 수신기에서 용량을 최대화하거나 최소 자승 에러를 최소화하는 것이다.

[0014] 3. 세 번째 방법의 예는 *L.Zhao and J.Mark, "업링크 광대역 코드분할 다중 접근 시스템에서 무선 자원 관리를 위한 공동 속도 및 전력 적응(Joint rate and power adpatation for radio resource management in uplink wideband code division multiplke access system)", IET Communications, vol. 2, no. 4, pp. 562 - 572, April 2008*은 수신 및 간섭 신호 전력의 분산을 필요로 하는 전개 기준으로서 평균 시스템 성능을 이용한다.

[0015] 첫번째와 두번째 적응형 방식 그리고 특히 마진 및 속도 적응형 로딩 영역에서는, 유저가 이동하므로 링크 이득의 변화보다 속도 및 전력 적응이 더욱 빠르다고 가정한다. *T.Bogale, L. Vandendorpe, and B. Chalise, "다운링크 조정 기지국 시스템을 위한 강건한 송수신기 최적화: 분산 알고리듬(Robust transreceiver optimization for downlink coordinated base station systems: Distributed algorithm,)" IEEE Transactions on Signal Processing, vol. PP, no. 99, p. 1, 2011* 에서는 강건한 마진 적응형 로딩 방식이, MIMO 다운링크 전송에 대한 유저당(또는 스트림당)의 MSE 제한을 받는 전체 전송 전력을 최소화 하도록 시험되었다. 속도 적응형 로딩 방식은 주어진 확산 수열 고정 길이에 대하여 전체 속도를 최대화하도록 주어진다. 속도 적응형 최적화 방법은, *N. Vucic, H. Bpche, and S. Shi, "다운링크 멀티유저 mimo 시스템의 강건한 송수신기 최적화(Robust tranceiver optimization in downlink multiuser mimo systems)", IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 57, no. 9, pp. 3576 - 3587, Sept. 2009*에 제시되었는데, 제한된 전체 전송 전력을 고려할 때 다운링크 MIMO 시스템의 가중 MSE를 최소화하기 위한 것이다. 속도 적응형 로딩 방식은 *T.Bogale, B. Chalise and L. Vandendorpe, "다운링크 멀티유저 mimo 시스템을 위한 강건한 송수신기 최적화(Robust transreceiver optimization for downlink multiuser mimo systems,)" IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 59, no. 1, pp 446 - 453, Jan. 2011*에 주어지는데, 기지국 안테나 마다의 전력 제한이 있는 가중 MSE를 최소화하기 위한 것이다.

[0016] 현재의 HSDPA 시스템 사양에서는, 각각의 채널에 하나의 속도 또는 두 개의 이산 속도가 로딩되도록 동일 에너지 할당 방식이 이용된다. MMSE 수신기의 변수들이 통상 최대-최소 가중치 SINR 기준 또는 전체 MSE 최소화 기준을 이용하여 최적화된다. 최근에는, 2 그룹 자원 할당 방식으로 알려진 반복 전력 적응형 방법이 *Z. He, M.Gurcan, and H. Ghani, "펨토셀 네트워크에서 hsdpa에 대한 시간 유효 자원 할당 알고리듬(Time-efficient resource allocation algorithm over hsdpa in femtocell networks,)" in Personal, Indoor and Mobile Radio Communications workshops (PIMRC Workshops), 2010 IEEE 21st International Symposium on, Sept. 2010, pp. 197 ~ 202,* 및 *Z. He and M. Gurcan , "주파수 선택 채널에서 2 그룹 할당을 이용한 hsdpa의 최적화된 자원 할당(Optimized resource allocation of hsdpa using two group allocation in frequency selective channel,)", in IEEE International Conference on Wireless Communicaitons Signal Processing, 2009. WSCP 2009, nOV. 2009, PP. 1 -5* 에 기재된 것과 같이 개발되었다. 이 방법에서는, 제한된 전체 전송 전력 하의 다중코드 다운링크 채널에 대하여 2개의 상이한 이산 비트 속도가 로딩된다.

[0017] 이 분야의 다양한 발전에도 불구하고, 다중입력 다중출력(MIMO) HSDPA 시스템을 이용할 때 실제로 얻는 데이터 용량은 이론적인 상한값보다 상당히 작다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명의 실시예들은 전술한 문제들의 적어도 일부를 최소화하는 것을 시도한다.

과제의 해결 수단

[0019] 본 발명의 태양에 따라, 데이터가 전송되는 복수의 병렬 단일입력 단일출력 또는 다중입력 다중출력 채널을 가지는 무선 데이터 전송 시스템에서의 데이터 전송 방법이 제공되는데, 데이터는 복수의 데이터 심볼로 표시되며, 데이터 심볼은 전송 전에 복수의 확산 수열로 확산된다. 본 방법은, 시스템 값 λ_k이 연관된 서명 수열 k의 신호 대 잡음비를 나타낼 때 복수의 서명 수열 K 각각의 서명 수열 k에 대한 시스템 값을 결정하는 과정, 복수의 서명 수열 K과 연관된 시스템 값에 따라 데이터 심볼을 확산하는데 이용되는 확산 수열 K^*의 수를 결정하는 과정, 선택된 확산 수열의 수가 결정된 서명 수열 K^*의 수에 대응할 때 복수의 서명 수열 K과 연관된 시스템 값 λ_k에 따라 복수의 서명 수열 K로부터 데이터 심볼을 확산하는데 이용되는 서명 수열 S을 선택하는 과정, 및 선택된 서명 수열 S을 이용하여 데이터 심볼을 확산하는 과정을 포함한다.

[0020] 수열 K^*의 수를 결정하는 것 및 심볼을 확산하는데 이용되는 서명 수열 S을 선택하는 것은: K_{best}가 평균 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}$을 결정하는데 활용되는 서명 수열의 초기값이고 평균 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}$을 계산하기 위하여 각각의 서명 수열에 동등한 전송 에너지 ξ_2가 할당되는 경우, $K_{best}=K$에서 $K_{best}=1$까지 평균 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}=\frac{\sum_{k}^{K_{best}}\lambda_k}{K_{best}}$을 계산하는 과정; 및 평균 시스템 값 벡터 $\vec{\lambda}_{mean}$가 K_{best} = 1 에서 $K_{best}=K$에 대하여 복수의 평균 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}$을 포함하는 경우, 데이터 심볼을 확산하는데 이용되는 서명 수열의 수를 결정하고 평균 시스템 값 벡터 $\vec{\lambda}_{mean}$에 따라 심볼을 확산하는데 이용되는 서명 수열 S을 선택하는 과정에 의하여 행해질 수 있다.

[0021] 데이터 심볼을 확산하는데 이용되는 서명 수열 K^*의 수는 $K_{best}=1$에서 $K_{best}=K$에 대하여 다음의 방정식이 만족될 때:

[0022] $$\lambda^*\left(b_{p_{K_{best}}}\right)\le\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}<\lambda^*\left(b_{p_{K_{best}+1}}\right).$$

[0023] 서명 수열 K_{best}의 초기값과 동일한 것으로 또한 결정될 수 있는데, 여기서 는 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{best}}$평균 시스템 값이고, $b_{p_{K_{best}}}$는 각각의 데이터 심볼에 할당될 수 있는 이산 데이터 속도이며, 목표 시스템 값 $\lambda^*(b_p)$에 대한 복수개의 P 이산 속도에 대한 p = 1에서 p = P 까지의 정수값에 대한 b_1에서 b_P 까지의 복수의 데이터 속도로부터 선택되는데, 목표 시스템 값 $\lambda^*(b_p)$은 다음 방정식:

[0024] $$\lambda^*\left(b_{p_k}\right)=\frac{\Gamma\left(2^{b_p}-1\right)}{1-\Gamma\left(2^{b_p}-1\right)}$$

[0025] 을 이용하여 데이터 속도 ζ_2 의 관점에서 결정되는데, 여기서 Γ 는 변조 방식에 대한 갭 밸류(gap value)이며 선택된 서명 수열 S은 가장 높은 시스템 값 λ_k 을 가지는 복수의 서명 수열 K의 K^*서명 수열이다.

[0026] 또한, 수열 K^*의 수의 결정 및 심볼 확산에 이용되는 서명 수열 S의 선택은 $K_{opt}=K$에서 $K_{opt}=1$까지 최소 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}=\min\left(\vec{\lambda}\right)$을 계산하는 과정으로서, K_{opt}는 최소 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}$을 계산하기 위하여 활용되는 서명 수열의 초기수이며, 각각의 서명 수열에는 동등한 전송 에너지 E_K가 할당되고, $K_{opt}=K$ 에서 $K_{opt}=1$ 까지 복수의 최소 시스템 값 $\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}$을 포함하는 최소 시스템 값 $\vec{\lambda}_{\min}$에 따라 데이터 심볼을 확산하도록 이용되는 서명 수열 S을 선택하고 서명 수열 K^*의 수를 결정한다.

[0027] 데이터 심볼을 확산하기 위해 이용되는 서명 수열 K*의 수는 또한 $K_{opt}=1$ 에서 $K_{opt}=K$까지에 대하여 다음 부등식을 만족할 때 서명 수열 K_{opt} 의 초기수와 같도록 결정되며:

[0028] $$\lambda^*\left(b_{p_{K_{opt}}}\right)\le\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}<\lambda^*\left(b_{p_{K_{opt}+1}}\right).$$

[0029] $\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}$는 최소 시스템 값이며, $b_{p_{Kopt}}$는, 각각의 심볼에 대해 할당될 수 있는 이산 데이터 속도이며, 목표 시스템 값 $\lambda^*\left(b_p\right)$ 에 대한 복수의 P 이산 속도에 대한 p = 1 에서 p = P 까지의 p의 정수값에 대하여 b_1 에서 b_P 까지 복수의 데이터 속도로부터 선택되고, 선택된 서명 수열 S은 최고 시스템 값 λ_k을 가지는 복수의 서명 수열 K의 K^* 서명 수열이다.

[0030] 본 방법은, 서명 수열 S를 선택하기 이전에, 최고의 시스템 값 λ_k 을 가지는 복수의 서명 수열 K의 서명 수열 k로부터 최하의 시스템 값 λ_k을 가지는 복수의 서명 수열 K의 서명 수열 k까지 복수의 서명 수열 K를 정렬하는(ordering) 과정을 더 포함할 수 있는데, 고 시스템 값 λ_k은 높은 신호 대 잡음비를 나타내며, 그리고 선택된 서명 수열 S는 정렬된 서명 수열의 제 1 K* 서명 수열이다.

[0031] 또한, 시스템 값 λ_k에 따라 선택된 복수의 서명 수열 S에 대하여 데이터 속도 b_{p_k}를 할당하는 과정으로서, 할당된 데이터 속도 b_{p_k}의 합이 심볼 주기당의 전체 데이터 속도에 대응한다. 데이터 속도 b_{p_k}는 서명 수열 K^*의 수를 결정할 때 할당될 수 있다.

[0032] 전체 데이터 속도는 다음을 만족하는 최대 정수 숫자 m_{EE}를 발견함으로써 결정되며:

[0033] $$\left(K^*-m_{EE}\right)\lambda^*\left(b_{p_{K^*}}\right)+m_{EE}\lambda^*\left(b_{p_{K^*+1}}\right)\le K^*\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K^*}$$

[0034] 여기서, 서명 수열의 제 1그룹 $\left(K^*-m_{EE}\right)$은 이산 데이터 속도 $b_{p_{K^*}}$에서 데이터를 전송하는데 이용되며, 서명 수열의 제 2그룹은 남은 m_{EE} 서명 수열을 포함하며, 동등 에너지 할당에 대응하는 경우에 있어서 이산 속도

$b_{p_{K^*+1}}$에서 데이터를 전송하도록 이용된다.

[0035] 더욱, 전체 데이터 속도는 다음을 만족하는 최대 정수 k^{th} 를 발견함으로써 결정되고:

[0036] $$(K^* - m_{ES})\lambda^*(b_{p_{K^*}}) + m_{ES}\lambda^*(b_{p_{K^*+1}}) \le K^*\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K^*}$$

[0037] 서명 수열의 제 1그룹 $(K^* - m_{EE})$은 이산 데이터 속도 $b_{p_{K^*}}$에서 데이터를 전송하는데 이용되며, 서명 수열의 제 2그룹은 남은 m_{ES}서명 수열을 포함하며 이산 속도 $b_{p_{K^*+1}}$에서 데이터를 전송하도록 이용된다.

[0038] 본 방법은 더욱, 전체 전송 에너지에 대한 심볼 주기당 전체 데이터 속도를 최대화하기 위하여, 할당된 전송 데이터 속도 b_{p_k} 및 대응하는 시스템 값 λ_k에 따라 복수의 선택된 서명 수열 K에 전송 에너지를 할당하는 과정을 더 포함할 수 있으며, 할당된 전송 에너지의 합은 전체 전송 에너지 E_T에 대응한다.

[0039] 전송 에너지 $E_{k,i}$는, 평균 시스템 값이 서명 수열 K^*의 수를 결정하는데 이용되는 연속 간섭 소거, SIC, 방식이 없는 수신기를 기반으로 다음 방정식을 반복하여 결정되며:

[0040] $$E_{k,i} = \frac{\lambda^*(b_{p_{K^*}})}{\vec{q}_k^{\,H}\,\mathbf{C}_{i-1}^{-1}\,\vec{q}_k}$$

[0041] 여기서 i는 반복수이고, $\mathbf{C}_{i-1}^{-1}$는 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{i-1}$를 역변환하여 결정되는 역변환 공분산 매트릭스이며, 공분산 매트릭스 γ_k는 다음 방정식 $\mathbf{C}_{i-1} = \mathbf{Q}_e\mathbf{A}_{e(i-1)}^2\mathbf{Q}_e^H + 2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+l-1)}$ 을 이용하여 확장 정합 필터 서명 수열 매트릭스 $[\cdot]_{mm}^H$ 및 확장 진폭 매트릭스 $\mathbf{A}_{e,(i-1)} = \mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{A}_{(i-1)}$의 관점에서 표시될 수 있는데, $\otimes$는 크로넥커(kronecker) 곱셈이며, 진폭 매트릭스 $\mathbf{A}_{(i-1)} = diag\left[\sqrt{E_{1,(i-1)}}, \sqrt{E_{2,(i-1)}}, \cdots, \sqrt{E_{K^*,(i-1)}}\right]$는 전송 에너지의 관점에서 표현되며, $2\sigma^2$은 노이즈 분산, $E_{k,i}$는 수신기 안테나의 수, N은 프로세스 이득, L은 다중 경로 지연 확산 길이이며, 학장 정합 필터 수신기 수열 매트릭스 $\mathbf{Q}_e$는 다음의 방정식 $\mathbf{Q}_e = [\mathbf{Q}, \mathbf{Q}_1, \mathbf{Q}_2]$에 따라 표현되고, $\mathbf{Q}_1$는 이전 심볼 주기에 대한 정합 필터 수열을 표시하며, $\mathbf{Q}_2$는 다음 심볼 주기에 대한 정합 필터 수열을 표시하고, $\mathbf{Q}_1$ 및 $\mathbf{Q}_2$는 $\mathbf{Q}_1 = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \left(\mathbf{J}_{N+L-1}^T\right)^N\right]\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_{1,1}, \cdots, \vec{q}_{k,1}, \cdots \vec{q}_{K^*,1}\right]$

[0042] 및 $\mathbf{Q}_2 = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \mathbf{J}_{N+L-1}^N\right]\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_{1,2}, \cdots, \vec{q}_{k,2}, \cdots \vec{q}_{K^*,2}\right]$에 따라서 표현되고, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$는 서명 수열 K^*의 수의 이전 및 다음 심볼 주기에 대한 ISI 정합 필터 수열이며, $\mathbf{J}_{N+L-1} = \begin{bmatrix} \vec{0}_{(N+L-2)}^T & 0 \\ \mathbf{I}_{N+L-2} & \vec{0}_{N+L-2} \end{bmatrix}$ 는 쉬프트 매트릭스이고, 정합 필터 역확산 서명 수열 매트릭스 $\mathbf{Q} = \left[\vec{q}_1, \cdots, \vec{q}_k, \cdots \vec{q}_{K^*}\right]$는 다음 방정식 Q = HS에 따라 결정되고, $\vec{q}_k$는 길이 N의 복수의 전송 서명 수열 $\mathbf{S} = \left[\vec{s}_1, \cdots, \vec{s}_k, \cdots \vec{s}_{K^*}\right]$에 대한 정합 필터 수신기 역확산 서명 수열이고, H는 주파수 선택 다중 경로 채널에 대한 MIMO 시스템 컨볼루션 매트릭스이고, 컨볼루션 매트릭스 H는 다음

$$\mathbf{H}=\begin{bmatrix}\mathbf{H}^{(1,1)} & \cdots & \mathbf{H}^{(1,N_T)}\\ \vdots & \cdots & \vdots\\ \mathbf{H}^{(N_R,1)} & \cdots & \mathbf{H}^{(N_R,N_T)}\end{bmatrix}$$

방정식 에 따라 표현되며, N_T는 전송기 안테나의 전체수이고, 채널 임펄스 응답 벡터 $\vec{h}^{(n_r,n_t)}=\left[h_0^{(n_r,n_t)},\cdots,h_{L-1}^{(n_r,n_t)}\right]$를 가지는 수신기 안테나 n_r 및 송신기 안테나 n_t 각각의 쌍 사이의 채널 컨볼루션 매트릭스 $\mathbf{H}^{(n_r,n_t)}$는 다음 방정식

$$\mathbf{H}^{(n_r,n_t)}=\begin{bmatrix}\vec{h}^{(n_r,n_t)} & 0 & \cdots & 0\\ 0 & \vec{h}^{(n_r,n_t)} & \cdots & \vdots\\ \vdots & \cdots & \ddots & 0\\ 0 & 0 & \cdots & \vec{h}^{(n_r,n_t)}\end{bmatrix}$$

[0043]

[0044] 의 관점에서 표현될 수 있다.

[0045] 전송에너지 $E_{k,i}$는 또한 연속 간섭 소거, SIC, 방식을 가지는 수신기를 토대로 주어진 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$에 대하여 다음 방정식을 풀어 반복적으로 결정될 수 있는데, 여기서 평균 시스템 값은 서명 수열 K^*의 수를 결정하는데 이용된다:

$$E_{k,j}=\frac{\gamma^*\left(b_{p_k}\right)}{\xi-\frac{E_{k,(i-1)}\left|\xi_3\right|^2}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}-\frac{E_{k,(i-1)}\left(\left|\xi_4\right|^2-2\frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}\xi_6+\left(\frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}\right)^2\left|\xi_5\right|^2\left|\xi_3\right|^2\right)}{1+E_k\left(\xi_2-\frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}\left|\xi_5\right|^2\right)}}$$

[0046]

[0047] 여기서, 역변환 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$는 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}$의 역행렬이며 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}$는 $\mathbf{C}_0=2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$를 이용할 때 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 다음 방정식을 풀어 반복 결정된다:

[0048] $$\mathbf{C}_k=\mathbf{C}_{k-1}+E_k\vec{q}_k\vec{q}_k^H+E_k\vec{q}_{k,1}\vec{q}_{k,1}^H+E_k\vec{q}_{k,2}\vec{q}_{k,2}^H$$

[0049] 여기서 목표 SNR $\gamma^*\left(b_{p_k}\right)$은 다음 방정식을 이용하여 결정된다:

[0050] $$\gamma_k^*\left(b_{p_k}\right)=\Gamma\left(2^{b_{p_k}}-1\right)$$

[0051] 가중치 팩터 $\xi,\xi_1,\xi_2,\xi_3,\xi_4,\xi_5$ 및 ξ_6 은 SIC 수신기 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$ 및 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$및 $\vec{q}_{k,2}$에 있어서

[0052] $$\xi=\vec{q}_k^H\vec{d},\quad \xi_1=\vec{q}_{k,1}^H\vec{d}_1,\quad \xi_2=\vec{q}_{k,2}^H\vec{d}_2$$

[0053] $$\xi_3=\vec{q}_k^H\vec{d}_1,\quad \xi_4=\vec{q}_k^H\vec{d}_2,\quad \xi_5=\vec{q}_{k,1}^H\vec{d}_2,\quad \xi_6=Real\left(\xi_3\xi_4^*\xi_5\right)$$

[0054] 을 이용하여 구축되는데, 여기서 거리 벡터 $\vec{d}$, $\vec{d}_1$, $\vec{d}_2$는 다음 방정식을 이용하여 결정된다.

[0055] $$\vec{d}=\mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_k,\quad \vec{d}_1=\mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_{k,1},\quad \vec{d}_2=\mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_{k,2}$$

[0056] $\mathbf{C}_0^{-1} = \frac{1}{2\sigma^2}\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$인 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$에 대하여 그리고 에너지 할당 E_k 및 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}, E_k$, σ^2를 가진 MIMO 시스템 세트에 대하여, 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_k^{-1}$는, 거리 벡터 $\vec{d}$, $\vec{d}_1$ 및 ξ_5을 결정하고, 가중치 팩터 $\xi, \xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5$ 및 ξ_6을 결정하고, 다음 방정식에서 $k = 1, \cdots, K^*$에 대하여 할당 에너지 E_k를 이용하여 가중된 에너지 텀(term) ζ_1 및 ζ_2을 결정함으로써, 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$ 및 에너지 $\mathrm{E_k}$ 를 이용하여 k = 1에서 시작하여 $k = 1, \cdots, K^*$에 대하여 상기 역변환 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_k^{-1}$가 구축될 수 있다:

[0057] $$\zeta_1 = \frac{E_k}{1 + E_k\,\xi_1}, \quad \zeta_2 = \frac{E_k}{1 + E_k\left(\xi_2 - \zeta_1|\xi_5|^2\right)};$$

[0058] 다음 방정식을 풀어 감소(interim) 매트릭스 $\mathbf{Z}_1$, $\mathbf{Z}_2$, $\mathbf{Z}_3$을 결정한다:

[0059] $$\mathbf{Z}_1 = \vec{d}_1\,\vec{d}_1^{\,H}, \quad \mathbf{Z}_2 = \vec{d}_2\,\vec{d}_2^{\,H}, \quad \mathbf{Z}_3 = \vec{d}_1\,\vec{d}_2^{\,H}$$

[0060] 다음 방정식을 풀어 역변환 기약(reduced) 공분산 매트릭스 $\mathbf{D}_k^{-1}$ 를 결정한다:

[0061] $$\mathbf{D}_k^{-1} = \mathbf{C}_{k-1}^{-1} - \left(\zeta_1^2\zeta_2|\xi_5|^2 + \zeta_1\right)\mathbf{Z}_1 - \zeta_2\mathbf{Z}_2 + \zeta_1\zeta_2\left(\xi_5\,\mathbf{Z}_3 + \xi_5^*\,\mathbf{Z}_3^H\right)$$ 그리고

[0062] 다음 방정식을 이용하여 공분산 매트릭스 K_{MF}의 역변환을 구축한다:

[0063] $$\mathbf{C}_k^{-1} = \mathbf{D}_k^{-1} - \zeta\mathbf{Z}_4;$$

[0064] 여기서, 가중된 에너지 텀 ζ 은 다음 방정식을 풀어 결정되는데:

[0065] $$\zeta = \frac{E_k}{1 + E_k\left(\xi - \frac{E_k|\xi_3|^2}{1+E_k\,\xi_1} - \frac{E_k\left(|\xi_4|^2 - 2\frac{E_k}{1+E_k\,\xi_1}\xi_6 + \left(\frac{E_k}{1+E_k\,\xi_1}\right)^2|\xi_5|^2|\xi_3|^2\right)}{1 + E_k\,\left(\xi_2 - \frac{E_k}{1+E_k\xi_1}|\xi_5|^2\right)}\right)},$$

[0066] 중간 매트릭스 $\mathbf{Z}_4$는 다음 방정식을 이용하여 결정된다:

[0067] $$\mathbf{Z}_4 = \vec{d}_3\vec{d}_3^{\,H};$$

[0068] 또, 거리벡터 $\vec{d}_3$는 다음 방정식을 이용하여 결정된다:

[0069] $$\vec{d}_3 = \mathbf{D}_k^{-1}\vec{q}_k$$

[0070] 전체 데이터 속도 $b_{T,K}$를 최대화하는 서명 수열의 전체 수를 결정함으로써 서명 수열 K^*의 수를 결정하는 것을 포함하는 연속 비트 로딩법을 토대로 반복 워터 필링(water-filling)을 이용하여 서명수열 K^*의 수가 결정되고, 데이터를 확산하는데 이용되는 서명 수열 S가 선택될 수 있다.

[0071] 복수의 정합 필터 서명 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$, 및 $\vec{q}_{k,2}$에 대해, 반복 워터필링 최적화 방법은, 서명 수열 K_{opt}의 초기 숫자를 설정하는 과정, 서명 수열 K_{opt} 의 초기 숫자와 연관된 시스템 값 γ을 결정하는 과정, 다음 방정식을

이용하여 채널 SNR 벡터 $\vec{g}$를 결정하는 과정:

[0072] $$\left[\vec{g}\right]_k = \frac{\lambda_k}{E_k\left(1-\lambda_k\right)};$$

[0073] 에너지 할당 E_k에 대해서는, 다음 방정식을 이용하여 워터 필링 상수 K_{WF}를 결정하며:

[0074] $$K_{WF} = \frac{1}{K_{opt}}\left(E_T + \Gamma\sum_{k=1}^{K_{opt}}\frac{1}{\left[\vec{g}\right]_k}\right)$$

[0075] 여기서, E_T는 전체 전송 에너지이고, 다음 방정식을 이용하여 복수의 서명 수열 K의 각각의 서명 수열 k에 할당될 에너지 E_k를 결정하며:

[0076] $$E_k = K_{WF} - \frac{\Gamma}{\left[\vec{g}\right]_k}$$

[0077] 서명 수열 K_{opt}의 초기 숫자와 연관된 시스템 값 $\left|\vec{\lambda}\right|_k = \lambda_k$에 따라 정합 필터 서명 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$을 오름차순으로 재정렬하여 정합 필터 서명 수열의 정렬 리스트를 제공하는 과정, 정합 필터 서명 수열의 정렬 리스트의 제1 정합 필터 수열 $\vec{q}_1$, $\vec{q}_{1,1}$ 및 $\vec{q}_{1,2}$ 을 삭제하는 과정, 할당 에너지 E_1가 음수이면 $K_{opt} = K_{opt} - 1$로 설정하는 과정, 위 과정들을 반복하는 과정, 다음을 이용하여 전송될 비트 $b_{T,K}$ 의 전체 숫자를 결정하는 과정:

[0078] $$b_{T,K} = \sum_{k=1}^{K_{opt}}\log_2\left(1+\frac{\lambda_k}{\Gamma\left(1-\lambda_k\right)}\right);$$

[0079] K^* = K_{opt}를 이용하여 고려 대상인 복수의 서명 수열 K의 서명 수열 K^*의 수를 결정하는 과정을 포함한다.

[0080] 반복 워터 필링법은, 초기에 서명 수열의 전체 수를 K^* = K로 설정하고, 전송될 전체 데이터 속도 및 K^* = K - 1 값에 대한 서명 수열 K^*의 수를 서명 수열 $\vec{q}_{k,1}$의 수가 K^* = 1값에 도달하기까지 결정하고, 그리고 전체 데이터 속도를 최대화하는 복수의 서명 수열 K에 대한 서명 수열 K^*의 수를 선택함으로써, 서명 수열 $\vec{q}_{k,2}$의 수를 결정할 수 있다.

[0081] 시스템 값은 다음 방정식으로 결정될 수 있다:

[0082] $$\lambda_k = \gamma_k\varepsilon_k$$

[0083] 여기서 γ_k는 MMSE 수신기의 역확산 유닛의 출력에서의 신호 대 잡음비이며, ε_k는 역확산 유닛의 출력에서의 평균 자승 에러이며, 평균 자승 에러는 $\lambda_k = 1-\varepsilon_k$만큼 시스템 값과 관련 있다.

[0084] 더욱, 시스템 값 b_{p_k}은 연속 간섭 소거, SIC, 방식 없는 수신기를 토대로 다음 방정식에 따라 결정될 수 있는데:

[0085] $$\lambda_k = E_k\vec{q}_k^H\mathbf{C}^{-1}\vec{q}_k$$

[0086] 여기서 C는 다음 방정식 $\mathbf{C} = \mathbf{Q}_e\mathbf{A}_e^2\mathbf{Q}_e^H + 2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+l-1)}$을 이용하여 확산(extended) 정합 필터 서명 수열 매트릭스 $\mathbf{Q}_e$ 및 확산 진폭 매트릭스 $\mathbf{A}_e = \mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{A}$의 관점에서 표시될 수 있는데, 여기서 $\otimes$는 크로네커 곱셈이고 진폭 매트릭스 $\mathbf{A} = diag\left[\sqrt{E_1}, \sqrt{E_2}, \cdots, \sqrt{E_{K^*}}\right]$ 인데, 여기서 정합 필터 역확산 서명 수열 매트릭스

$\mathbf{Q}=\left[\vec{q}_1,\cdots,\vec{q}_k,\cdots\vec{q}_{K^*}\right]$는 다음의 방정식 $\mathbf{Q}_e=\left[\mathbf{Q},\mathbf{Q}_1,\mathbf{Q}_2\right]$ 을 이용하여 확산 정합 필터 서명 수열 매트릭스 $\mathbf{Q}_e$를 구축하도록 형성되는데, $\mathbf{Q}_1$은 이전 심볼 주기에 대한 정합 필터 수열을 나타내며, $\mathbf{Q}_2$는 다음 심볼 주기에 대한 정합 필터 수열을 나타내고, $\mathbf{Q}_1$ 및 $\mathbf{Q}_2$는 다음 방정식 $\mathbf{Q}_1=\left[\mathbf{I}_{N_R}\otimes\left(\mathbf{J}_{N+L-1}^T\right)^N\right]\mathbf{Q}=\left[\vec{q}_{1,1},\cdots,\vec{q}_{k,1},\cdots\vec{q}_{K^*,1}\right]$ 및 $\mathbf{Q}_2=\left[\mathbf{I}_{N_R}\otimes\mathbf{J}_{N+L-1}^N\right]\mathbf{Q}=\left[\vec{q}_{1,2},\cdots,\vec{q}_{k,2},\cdots\vec{q}_{K^*,2}\right]$에 따라 표현되는데, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$는 이전 및 다음 심볼 주기에 대한 ISI 정합 필터 수열이다.

[0087] 시스템 값 λ_k는 또한 연속 간섭 소거, SIC, 방식을 가지는 수신기를 토대로 다음 방정식에 따라 결정될 수 있는데:

[0088] $$\lambda_k=E_k\vec{q}_k^H\mathbf{C}_k^{-1}\vec{q}_k$$

[0089] $\mathbf{C}_{k-1}$은 $\mathbf{C}_0=2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$를 사용할 때 $k=1,\cdots,K^*$에 대한 다음 방정식을 풀어 연속 결정될 수 있는 공분산 매트릭스이며:

[0090] $$\mathbf{C}_k=\mathbf{C}_{k-1}+E_k\vec{q}_k\vec{q}_k^H+E_k\vec{q}_{k,1}\vec{q}_{k,1}^H+E_k\vec{q}_{k,2}\vec{q}_{k,2}^H$$

[0091] 여기서 $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$ 는 이전 및 다음 심볼 주기에 대한 ISI 정합 필터 수열이고, $\vec{q}_k$는 정합 필터 역확산 서명 수열이다.

[0092] 본 발명의 다른 태양에 의하면, 전술한 어느 방법이라도 실행하도록 구성된 장치가 제공된다. 이 장치는 무선 전송 기지국일 수 있다.

[0093] 본 발명의 또 다른 태양에 의하면, 전술한 어느 방법이라도 실행하도록 사용시 작동 가능하고 컴퓨터에서 실행될 수 있는 컴퓨터 판독 가능한 매체가 제공된다.

[0094] 본 발명의 실시예들은 연속 간섭 소거 방식을 모델화하도록 확장되는 HSDPA MIMO 시스템에 대한 시스템 모델을 제공한다. 이 방식은 반복 공분산 매트릭스 역변환법과 통합될 수 있다. 이는 공분산 매트릭스의 역변환을 간단하게 한다. 이러한 방법은 전송 에너지를 반복 계산하고 주어진 HSDPA MIMO 시스템에서 각각의 병렬 채널에 대한 전송 데이터 속도를 할당하도록 이용될 수 있다.

[0095] 본 발명의 실시예들은 전송 에너지를 할당하기 전에 전송 비트율을 얻을 수 있는 신규한 방법을 제공한다. 할당된 속도들은 주어진 전체 전송 에너지에 대하여 합용량(sum capacity)합을 최적화하면서 전송 에너지를 계산하도록 반복 공분산 매트릭스 역변환들과 함께 이용될 수 있다. 합용량은 확산 수열의 수를 동적으로 변화시킴으로써 향상될 수 있다. 이 방식은 최적 전송 숫자의 확인과 또한 확산 수열들이 MIMO 송신기와 수신기 안테나 사이에서 주어진 전송 채널 컨볼루션 매트릭스에 대하여 이용되는 것을 필요로 한다.

[0096] 본 발명의 실시예는 이전 전개된 2 그룹 동등 SNR 알고리듬 및 동등 에너지 할당 방식을 이용하여 확산 수열의 최적 숫자를 발견하는 두 개의 상이한 알고리듬을 제공한다.

[0097] 본 발명의 실시예는 제시된 확산 수열의 최적수와 확산 수열 선택 방식을 이용할 때 시스템 값 상한치에 근접한 성능을 달성한다.

[0098] 본 발명의 실시예는 심볼 레벨 선형 MMSE 이퀄라이저 다음에 단일 레벨 SIC 감지기가 있는 수신기를 제공한다. 본 발명의 실시예는 단일유저 다중코드 다운링크 전송 시스템에 대하여 전송 전력과 수신기를 최적화한다. 본 발명의 수신기는 주파수 선택 채널에 대한 다중코드 다운링크 전송을 위한 각각의 반복에 있어 대형 공분산 매트릭스를 역변환할 필요 없이 반복하여 ICI 및 ISI 간섭을 억제할 수 있는 점에서 유리하다.

[0099] 본 발명의 실시예는 이산 전송 속도 및 제한 전체 전송 전력을 이용할 때 단일 유저에 대한 다운링크 합용량을 최대화하는 반복 전송 전력/에너지 적응 방식을 또한 제공한다.

[0100] 본 발명의 실시예는 전체 속도를 향상시키기 위하여 시스템값 최적화 기준으로 알려진 에너지 적응 기준을 활용

한다. 시스템값 접근법은 전체 최소 자승 에러(MMSE) 최소화 기준의 개선된 버젼이다.

[0101] 본 발명의 실시예에서 전력/에너지 적응법은 수신된 간섭 전력 분포 또는 목표 레벨에서 각 목적지의 수신 신호 유지에 촛점을 둘 필요 없이 반복 실행될 수 있다. 이 방법은 선형 MMSE 및 SIC 수신기를 이용하여 원하는 목표 레벨에서 신호대 잡음비를 유지하도록 각각의 채널에 할당된 전력을 최적화함으로써 전체 전송비를 최대로 할 수 있다.

[0102] 본 발명의 실시예들에 따라서 MIMO 송신기 및 수신기와 다중 확산 수열을 활용하는 시스템이 고려된다. 데이터 심볼들은 주파수 선택 다중경로 채널에 걸친 전송 전에 복수의 확산 수열을 이용하여 확산될 수 있다. 수신기에서 각각의 확산 수열은 수신기에서 신호 대 잡음비를 나타내는 연관된 시스템 값을 가질 수 있다. 각각의 확산 수열에 대한 시스템값은 전송 다중 경로 채널에 의존할 수 있다. 그러므로, 여기 개시된 전송 시스템 최적화는, 확산 수열이 가장 높은 시스템 값을 유지하며, 주어진 전체 전송 에너지에 대응하는 주어진 전체 수신 신호 대 잡음비에 대하여 이용되는 확산 수열의 수를 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0103] 본 발명의 대표적인 실시예들이 다음 도면을 참조로 기술될 것이다:

도 1은 HSDPA MIMO 송신기 및 수신기 구성의 개념도를 제공한다.

도 2는 연속 간섭 소거 수신기의 개념도를 제공한다.

상세한 설명 및 도면을 통하여 동일한 참조 번호는 동일한 부분을 표시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0104] 이제, 발명의 제1 실시예가 도 1을 참조로 설명될 것이다.

[0105] 도 1에서, 송신기(100)는 $k=1,\cdots,K^*$ 에 대하여 $\vec{u}_k$의 입력 벡터를 수신하며 이 입력 데이터는 인코딩되어 인코딩 유닛(101) 내부로 매핑된다. 인코딩 유닛(101)에 의하여 생성된 $k=1,\cdots,K^*$에 대한 인코딩 데이터 $\vec{d}_k$는 적응 변조 및 코딩 유닛(102)으로 처리되어 각각의 채널 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 인코딩된 데이터를 심볼 벡터 $\vec{x}_k=[x_k(1),\cdots,x_k(\rho),\cdots,x_k(N^{(x)})]^T$로 변환한다. 다음 전송 심볼 에너지는 전력 제어 유닛(103)을 이용하여 조정된다. 에너지 가중 데이터 심볼은 (104)의 벡터 생성 장치를 이용하여 심볼 주기 $\rho=1,\cdots,N^{(x)}$에 걸쳐 가중된 심볼을 포함하는 전송 벡터 $\mathbf{A}\vec{y}(\rho)=\mathbf{A}\left[y_1(\rho),\cdots,y_k(\rho),\cdots,y_{K^*}(\rho)\right]^T$로 변환된다. 다음 데이터 심볼들은 확산 유닛(105)에서 복수의 확산 수열에 의해 확산된다. 다음 확산 심볼은 펄스 형상 필터(106)를 이용하여 필터링되어 MIMO 송신기(107a,107b,...,107$^{\vec{d}_j=0\|\vec{u}_k\|}$)로부터의 전송을 위한 전송 신호를 생성한다.

[0106] 다음 전송된 신호들은 MIMO 수신기(201a,201b,...,201N)에 의하여 수신기(200)에서 수신된다. 다음 수신된 신호들은 칩 정합 필터 유닛(202)에 의하여 칩 주기 간격에서 주파수 강하(frequency down) 전환, 필터링 및 샘플링된다. 다음 샘플링된 데이터 벡터들은 벡터 연관 장치(vector concatenation unit; 203)에서 연관되어 각각의 심볼 주기에 대한 전송 데이터 심볼을 평가하도록 역확산 수열을 이용하여 역확산 유닛(204)에 의해 역확산된다. 다음 평가된 데이터 심볼들은 재조직되어 수신기 벡터 매핑 유닛(205) 및 판단 유닛(206)을 이용하여 각각의 확산 수열에 대한 평가 데이터를 생성한다.

[0107] 전술한 송신기 및 수신기 유닛 각각은 실제의 MIMO 송신기(107a,107b,...,107N) 및 수신기(201a,201b,...,201N)와는 별도로 소프트웨어로 실행될 수 있다.

[0108] 본 발명의 본 실시예의 시스템은 시스템이 도달할 수 있는 전체 데이터 속도를 향상시키기 위하여 전술한 데이터 전송 장치에서 어느 확산 수열이 이용될 수 있는지를 결정하도록 설계된다. 본 발명의 실시예들은 도달 가능한 데이터 속도를 향상시키기 위하여, 학산 유닛(105)에 의한 확산을 위하여 어느 확산 수열이 활용되어야 하는지 결정하기 위하여 시스템 값을 이용하는 원리 근저를 기반으로 한다.

[0109] 시스템 값은 데이터가 전송되는 채널 특성을 나타내는 변수이다. 시스템 값은 역확산 유닛의 출력에서 정규화된 이용 가능한 신호 에너지이다. 정규화된 전체 에너지와 시스템 값의 차이는 역확산유닛의 출력에서 평균 자승에러를 낳는다. 정규화 에너지, 시스템 값의 평균 자승 에러에 대한 비율은 역확산 유닛의 출력에서 신호 대 잡음비를 가져온다. 그러므로, 시스템 값은 채널에 걸쳐 신호 대 잡음비를 나타내게 된다.

[0110] 시스템 값은, 전송 채널 특성이 주어지는 경우, 어느 확산 수열이 더 강하며 어느 것이 약할 것인지에 관하여 행해질 결정을 허용한다. 그러므로, 약한 확산 수열이 전송 프로세스로부터 배제될 수 있으며, 따라서 오직 더 강한 확산 수열이 데이터 심볼을 확산하는데 이용되며, 따라서 증가된 데이터 속도를 얻을 수 있다.

[0111] 본 발명의 제 1실시예에 따른 시스템 값의 결정이 이하 설명된다.

[0112] 이 실시예에서, 주어진 전체 에너지 E_T 및 p = 1,2,...,P 에 대하여 비트 속도의 셋트, $\{b_{p_k}\}_{p_k=1}^{P}$,로 부터 심볼 당 비트 속도 b_{p_k} 로 실행 가능한 각각의 K 확산 수열 및 전체 N_T 및 N_R 의 송신기 및 수신기를 가지는 도 1에 도시한 다중코드 CDMA 다운링크 시스템이 고려된다.

[0113] 확산 수열의 특별한 셋트에 대응하는 약한 채널을 제거함으로써, 채널당 심볼을 전송하는 병렬 전송 채널의 수는 K^* 확산 수열로 감소한다. 각각의 채널에 대한 의도된 심볼을 위한 데이터는 $k=1,\cdots,K^*$ 에 대하여 (Nv ×1)차 벡터 $\vec{u}_k$ 안에 위치한다. 다음, 이들 데이타 팩킷 각각은 채널 인코딩되어 (B × 1)차 벡터 $\vec{d}_k$ 를 형성하고, 심볼 당 $b=\log_2 M$ 속도에서 데이터를 전송하는 M 광역(constellation)을 가지는 직각 위상차(quadrature) 진폭 변조 방식(QAM)을 이용하여 심볼에 매핑된다. 채널 인코더 속도는 $r_{code}=\frac{N_U}{B}$ 이며, 실행 가능한 이산 속도는 p = 1,...,P 에 대하여 $b_p = r_{code}\log_2 M$ 로 주어지는데 여기서 P는 이용가능한 이산 데이터 속도의 수이다.

[0114] 데이터는 전송 시간 간격(TTI)에서 패킷으로 전송되는데, 패킷당 전송되는 심볼수는 $N^{(x)}$ 로 표시되는데, 여기서 $N^{(x)}=\frac{TTI}{NT_c}$ 이며 N은 확산 수열 길이이고, T_c 는 칩 주기이며, NT_c 는 심볼 주기이다. 주기 $\rho=1,\cdots,N^{(x)}$ 에 대하여 각각의 벡터 $\vec{d}_k$ 에 대응하는, 전송 심볼은 각각의 채널 $k=1,\cdots,K^*$ 에 대하여 $N^{(x)}$ ×1차 심볼 벡터 $\vec{x}_k=[x_k(1),\cdots,x_k(\rho),\cdots,x_k(N^{(x)})]^T$ 를 형성하는데 사용된다. 전송 전체 블록은 다음과 같이 $(N^{(x)}\times K^*)$ 차 전송 심볼 매트릭스로 표현될 수 있다:

$$\mathbf{X}=\left[\vec{x}_1,\cdots,\vec{x}_k,\cdots,\vec{x}_{K^*}\right]$$

$$=\left[\vec{y}(1),\cdots,\vec{y}(\rho),\cdots\vec{y}(N^{(x)})\right]^T$$

[0115] 각각 (1) 및 (2)의 식이다.

[0116] 전송 벡터 $\vec{y}(\rho)=\left[y_1(\rho),\cdots,y_k(\rho),\cdots,y_{K^*}(\rho)\right]^T$ 는 심볼 주기 $\rho=1,\cdots,N^{(x)}$ 에 대하여, 심볼을 포함하는데, 유닛 평균 에너지는 $k=1,\cdots,K^*$ 에 대하여 $E\left[y_k(\rho)y_k^*(\rho)\right]=1$ 이다.

[0117] 전력 할당은 확산 이전에 심볼상에서 실행된다. 모든 K^* 채널에 대한 에너지는 $\sum_{k=1}^{K^*}E_k\le E_T$ 이도록 전체 에

너지 E_T를 따르는 진폭 매트릭스 $\mathbf{A} = diag\left(\sqrt{E_1},\cdots,\sqrt{E_k},\cdots,\sqrt{E_{K^*}}\right)$내에 저장된다.

[0118] 에너지 할당 이후, 진폭 가중 심볼들이 $n_t = 1,\cdots,N_T$에 대하여 $N \times K^*$차 확산 수열 $\mathbf{S}_{n_t} = \left[\vec{s}_{n_t,1},\cdots\vec{s}_{n_t,k},\vec{s}_{n_t,K^*}\right]$로 확산된다. 전체 N_T 송신기 안테나를 가진 MIMO 시스템에 대하여 $N_T N \times K^*$의 서명 수열 매트릭스가 다음과 같이 형성된다:

[0119] $$\mathbf{S} = \left[\vec{s}_1,\cdots,\vec{s}_{K^*}\right] = \left[\mathbf{S}_1^T,\cdots,\mathbf{S}_{n_t}^T,\cdots\mathbf{S}_{N_T}^T\right]^T \quad (3)$$

[0120] 여기서, $\left|\vec{s}_k\right|^2$ = 1이다. 매 심볼 주기 $\rho = 1,\cdots,N^{(x)}$에서 길이 N 전송 벡터:

[0121] $$\vec{z}_{n_t}(\rho) = \left[z_{n_t,1}(\rho),\cdots,z_{n_t,N}(\rho)\right]^T = \mathbf{S}_{n_t}\mathbf{A}\vec{y}(\rho) \quad (4)$$

[0122] 가 $n_t = 1,\cdots,N_T$에 대하여 ζ 안테나의 입력에서 형성된다. 벡터 $\vec{z}_{n_t}(\rho)$의 각 성분은, n_t^{th}전송기 안테나를 이용하여 원하는 전송 캐리어 주파수에서 확산 신호를 전송하도록 컨버터 변조기를 이용하여 변조되기 이전에 칩 주기 T_c의 정수배에서 펄스 형성 필터로 공급된다.

[0123] 각각의 TTI에서, 파일럿 신호가 각각의 수신기에서 채널 조건을 측정하여 이 평가값을 송신기로 피드백한다. 채널 조건은 이 TTI에 대하여 변하지 않는 것으로 가정한다. n_t^{th}송신기 안테나에서 n_r^{th}수신기 안테나까지 모든 확산 수열 채널에서의 블록 $N^{(x)}$내의 모든 심볼은 L개의 나눌 수 있는(resolvable) 경로가 있는 다중경로 환경의 동일한 채널 조건을 겪는다. 이는 채널 임펄스 응답 함수 $\vec{h}^{(n_r,n_t)} = \left[h_0^{(n_r,n_t)} \quad \cdots \quad h_{L-1}^{(n_r,n_t)}\right]^T$에 의해 표현될 수 있고 그것의 대응 (N + L - 1) × N)차 채널 컨볼루션 매트릭스 $\mathbf{H}^{(n_r,n_t)}$는 다음과 같다:

[0124] $$\mathbf{H}^{(n_r,n_t)} = \begin{bmatrix} h_0^{(n_r,n_t)} & 0 & & 0 \\ \vdots & h_0^{(n_r,n_t)} & & \vdots \\ h_{L-1}^{(n_r,n_t)} & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & h_{L-1}^{(n_r,n_t)} & & h_0^{(n_r,n_t)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & & h_{L-1}^{(n_r,n_t)} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

[0125] 전체 ($k = 1,\ldots,K^*$ × N_TN)차 MIMO 채널 컨볼루션 매트릭스는 다음과 같이 형성된다:

[0126] $$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}^{(1,1)} & \cdots & \mathbf{H}^{(1,N_T)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{H}^{(N_R,1)} & \cdots & \mathbf{H}^{(N_R,N_T)} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

[0127] 수신기에서, 채널 임펄스 응답이 송신기 서명 수열 S과 컨볼브(convolve)되므로 결과물인 다중경로는 송신기 안테나에서 역확산 서명 수열이 확산 서명 수열보다 더 길게 한다. $N_R(N+L-1)\times K^*$차 수신기 정합 필터 서명 수열 매트릭스는 다음과 같이 얻어진다:

[0128] $$\mathbf{Q} = \mathbf{HS} = \left[\vec{q}_1, \ldots \vec{q}_k, \ldots \vec{q}_{K^*}\right] \quad (7)$$

[0129] 여기서, $N_R(N + L - 1)$차 벡터 $\vec{q}_k = \mathbf{H}\vec{s}_k$는 수신기 정합 필터 역확산 수열이다. 이는 심볼간 간섭(inter-symbol-interference) 및 코드간 간섭(inter-code-interference)을 가져온다. 수신기에서 ISI는 $N_R(N+L-1)\times 3K^*$ 차 확장 정합 필터 매트릭스를 형성함으로써 다룰 수 있다:

[0130] $$\mathbf{Q}_e = \left[\mathbf{Q}, \quad \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \left(\mathbf{J}^T\right)^N\right]\mathbf{Q}, \quad \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \mathbf{J}^N\right]\mathbf{Q}\right] \quad (8)$$

[0131] 여기서, 서명 수열 매트릭스 $\left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \left(\mathbf{J}^T\right)^N\right]\mathbf{Q} = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \left(\mathbf{J}^T\right)^N\right]\mathbf{HS}$와 $\left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \mathbf{J}^N\right]\mathbf{Q} = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \mathbf{J}^N\right]\mathbf{HS}$는 다음과 같이 표현된다:

[0132] $$\mathbf{Q}_1 = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \left(\mathbf{J}^T\right)^N\right]\mathbf{HS} = \left[\vec{q}_{1,1}, \ldots \vec{q}_{k,1}, \ldots \vec{q}_{K^*,1}\right] \text{ 및} \quad (9)$$

[0133] $$\mathbf{Q}_2 = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \mathbf{J}^N\right]\mathbf{HS} = \left[\vec{q}_{1,2}, \ldots \vec{q}_{k,2}, \ldots \vec{q}_{K^*,2}\right] \quad (10)$$

[0134] $\vec{q}_{k,1} = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \left(\mathbf{J}^T\right)^N\right]\vec{q}_k$ 및 $\vec{q}_{k,2} = \left[\mathbf{I}_{N_R} \otimes \mathbf{J}^N\right]\vec{q}_k$는 이전의 그리고 다음의 심볼 주기에 대응하는 수신기 서명 수열들이며 ISI를 다루는데 이용된다. (N + L - 1) × (N + L - 1)차 매트릭스는 $\mathbf{J}_{N+L-1} = \begin{bmatrix} \vec{\mathbf{0}}^T_{(N+L-2)} & 0 \\ \mathbf{I}_{(N+L-2)} & \vec{\mathbf{0}}_{(N+L-2)} \end{bmatrix}$ 로 정의된다. 편의상 첨자는 J 매트릭스 표시에서 제외하기로 한다. 매트릭스 $\mathbf{J}^N$가 컬럼 벡터상에 작용할 때, 그것은 컬럼을 N칩만큼 다운쉬프트하여 컬럼의 위를 N 제로로 채운다. 송신기와 수신기의 클럭이 완전히 동기화된다(synchronized)고 가정하면 수신된 신호는 먼저 베이스밴드로 저역 변환된다(down-converted). 각각의 수신기 칩 정합 필터의 출력에서의 신호들은 칩 주기 간격 E_T에서 샘플링된다. n_r^{th} 수신기에서의 칩 정합 필터는 ρ의 심볼 주기에 대하여 처리될 전체 (N+L-1)개의 샘플 $\vec{r}_{n_r}(\rho) = \left[r_{n_r,1}(\rho) \quad \ldots \quad r_{n_r,(N+L-1)}(\rho)\right]^T$을 가진다. n_r^{th} 수신된 신호 매트릭스는 $\mathbf{R}_{n_r} = \left[\vec{r}_{n_r}(1), \cdots, \vec{r}_{n_r}(\rho), \cdots \vec{r}_{n_r}(N^{(x)})\right]$로 주어진다. 심볼 주기에서 모든 안테나 요소들을 포함하는 수신 정합 필터는 $\rho = 1, \ldots, N^{(x)} - 1$에 대하여 크기 $N_R(N+L-1)$의 벡터 $N_T K \times K$ $\left[\vec{r}_1^T(\rho), \cdots, \vec{r}_{n_r}^T(\rho), \cdots, \vec{r}_{N_R}^T(\rho)\right]^T$ 로 주어진다. 심볼 주기, ρ,에 걸친 수신 신호 벡터는 송신기 벡터 $\vec{y}(\rho)$의 관점에서 다음과 같이 주어진다:

[0135] $$\vec{r}(\rho) = \mathbf{Q}_e\left(\mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{A}\right)\begin{bmatrix} \vec{y}(\rho) \\ \vec{y}(\rho-1) \\ \vec{y}(\rho+1) \end{bmatrix} + \vec{n}(\rho) \quad (11)$$

[0136] 여기서, ⊗는 크로네커 곱셈이며, $N_R(N+L-1)$ 차 노이즈 벡터 $\vec{n}(\rho)$는 1차 노이즈 분산이 $\sigma^2 = \frac{N_0}{2}$인 노이즈 공분산 매트릭스 $E\left[\vec{n}(\rho)\vec{n}^H(\rho)\right] = 2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$ 를 가진다. MIMO 수신기에 대한

$N_R(N+L-1)\times N^{(x)}$ 차 수신 신호 매트릭스는 $\mathbf{R}=\left[\vec{r}(1),\cdots,\vec{r}(\rho),\cdots\vec{r}(N^{(x)})\right]=\left[\mathbf{R}_1^T,\cdots,\mathbf{R}_{n_r}^T,\cdots\mathbf{R}_{N_R}^T\right]^T$ 로 주어진다.

[0137] 심볼 주기, ρ,에 걸친 수신 신호 벡터 $\vec{r}(\rho)$는 $\hat{\vec{y}}(\rho)=\mathbf{W}^H\vec{r}(\rho)$ 를 이용하여 송신된 심볼벡터 $\vec{y}(\rho)$의 평가값으로서 크기 K^* 컬럼 백터 $\hat{\vec{y}}(\rho)=\left[\hat{\vec{y}}_1(\rho),\cdots,\hat{\vec{y}}_k(\rho),\cdots,\hat{\vec{y}}_{K^*}(\rho)\right]^T$ 를 생성하도록 이용된다.

[0138] $N_R(N+L-1)\times K^*$ 차 매트릭스 $\mathbf{W}=\left[\vec{w}_1,\cdots,\vec{w}_k,\cdots,\vec{w}_{K^*}\right]$는 에 대하여 MMSE 선형 이퀄라이저 역확산 필터 계수 $\vec{w}_k$를 가진다. $\vec{w}_k^H\vec{q}_k=1$임을 확실히 하고, j ≠ k에 대하여 상호 상관(cross-correlation) $\vec{w}_k^H\vec{q}_j$을 최소화하도록 정규화된 MMSE 역확산 필터 계수 벡터가 다음과 같이 주어진다:

[0139] $$\vec{w}_k=\frac{\mathbf{C}^{-1}\vec{q}_k}{\vec{q}_k^H\mathbf{C}^{-1}\vec{q}_k} \qquad (12)$$

[0140] $$\mathbf{C}=\mathbf{Q}_e\left(\mathbf{I}_3\otimes\mathbf{A}^2\right)\mathbf{Q}_e^H+2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)} \qquad (13)$$

[0141] 여기서, $\mathbf{C}=E\left[\vec{r}(\rho)\vec{r}^H(\rho)\right]$는 수신 신호 벡터 $\vec{r}(\rho)$의 $N_R(N+L-1)\times N_R(N+L-1)$차 공분산 매트릭스이다. (13)에 주어진 공분산 매트릭스 C는 $\mathbf{C}_0=2\sigma^2\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$ 및 $\mathbf{C}=\mathbf{C}_{K^*}$을 이용할 때 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 다음을 이용하여 반복 계산될 수 있다:

[0142] $$\mathbf{C}_k=\mathbf{C}_{k-1}+E_k\vec{q}_k\vec{q}_k^H+E_k\vec{q}_{k,1}\vec{q}_{k,1}^H+E_k\vec{q}_{k,2}\vec{q}_{k,2}^H$$

[0143] 각각의 수신기의 출력에서, 송신된 신호 $y_k(\rho)$및 평가된 신호 $\hat{y}_k(\rho)$ 사이의 최소 자승 에러 $\varepsilon_k=E\left[\left|\hat{y}_k(\rho)-y_k(\rho)\right|^2\right]$는 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 $\varepsilon_k=1-E_k\vec{q}_k^H\mathbf{C}^{-1}\vec{q}_k=\frac{1}{1+\gamma_k}=1-\lambda_k$ 로 주어진다.

여기서, $\gamma_k=\frac{1-\varepsilon_k}{\varepsilon_k}$ 는 각각의 수신기의 출력에서의 신호 대 잡음비(SNIR)이며, λ_k는 다음과 같이 주어지는 시스템 값이다:

[0144] $$\lambda_k=1-\varepsilon_k=\frac{\gamma_k}{1+\gamma_k}=E_k\vec{q}_k^H\mathbf{C}^{-1}\vec{q}_k \qquad (15)$$

[0145] 시스템 값이 정의되었으므로, 전체 시스템 성능을 향상시키기 위하여 시스템 값에 따른 약한 채널을 결정하는 방법에 대하여 더 상세히 설명한다.

[0146] MIMO 다운링크 합용량 최적화의 주 목적은 라그랑지안 이중 목적 함수를 기초로 한 전체 MMSE 최소화 기준을 이용하여 전체 MMSE $\varepsilon_T=\sum_{k=1}^{K^*}\varepsilon_k$를 최소화하는 것이다:

[0147] $$L(\varepsilon_k,E_k,\lambda)=\sum_{k=1}^{K^*}\varepsilon_k+\lambda\left(\sum_{k=1}^{K^*}E_k-E_T\right) \qquad (16)$$

[0148] λ는 라그랑지안 배수이다. 목적 함수는 전체 속도 $b_T=\sum_{k=1}^{K^*}b_{p_k}$를 최대화하는데, b_{p_k}는 $k=1,\cdots,K^*$에 대

하여 각각의 확산 수열 심볼에 할당되는 비트의 수이다. 일단 에너지가 할당되면, 대응하는 속도가 결정될 수 있다. 변수 ε_k및 Ek가 속도 b_{p_k}의 함수로 표현된다면, (16)에 주어진 최적화는 에너지 제한 $\sum_{k=1}^{K^*} E_k \le E_T$을 받는 E_k 및 λ에 대한 해법을 제공한다. 최소 자승 에러 에너지 ε_k는 시스템 값 λ_k의 관점에서 $\varepsilon_k = 1-\lambda_k$로 주어진다. (16)에서 에너지 E_k는 (15)에서 확인되는 것과 같이 $E_k = \frac{\lambda_k}{\vec{q}_k^H \mathbf{C}^{-1} \vec{q}_k}$ 에 의하여 시스템 값 λ_k에 관련된다. 각각의 채널에 걸쳐 전송될 비트 속도 b_{p_k}는 Γ가 격차값(gap value)일 때 $b_{p_k} = \log_2\left(1+\frac{\gamma_k}{\Gamma}\right)$의 관점에서 SNR $\gamma_k = \frac{\lambda_k}{1-\lambda_k}$ 에 관련된다. 목표 SNR $\gamma^*\left(b_{p_k}\right)$은 다음으로 주어진다:

[0149] $$\gamma_k^*\left(b_{p_k}\right) = \Gamma\left(2^{b_{p_k}} - 1\right) \quad (17)$$

[0150] 그리고 심볼당 b_{p_k}비트를 전송하도록 필요한 목표 시스템 값 λ_k은 이하로 주어진다:

[0151] $$\lambda_k^*\left(b_{p_k}\right) = \frac{\Gamma\left(2^{b_{p_k}} - 1\right)}{1+\Gamma\left(2^{b_{p_k}} - 1\right)} \quad (18).$$

[0152] 최적화 인자들이 모두 시스템 값의 관점에서 표시되므로, 본 발명의 이 실시예에서의 시스템 값은 (15)에 주어진 $\lambda_k = E_k \vec{q}_k^H \mathbf{C}_k^{-1} \vec{q}_k$ 를 이용하여 계산될 수 있다. 그러나, SIC 방식이 활용되는 다른 실시예에서 이해할 수 있듯이 상이한 시스템 값 결정이 이용될 수 있다, 본 발명의 실시예에 따라, 평균 시스템 값은 따라서 다음:

[0153] $$\lambda_{mean} = \frac{\lambda_T}{K^*} = \frac{\sum_{k=1}^{K^*} \lambda_k}{K^*} \quad (19)$$

[0154] 과 같이 되는데, $k = 1, \cdots, K^*$에 대하여 전체 시스템 값 λ_T은 $E_k = \frac{E_T}{K^*}$일 때 최대값을 가진다. 제안된 SIC 방식을 가진 그리고 가지지 않은 MMSE 수신기에 대해서는 전체 시스템 값은:

[0155] $$C_T = \sum_{k=1}^{K^*} \log_2\left(1+\frac{\lambda_k}{\Gamma(1-\lambda_k)}\right) = K^* \log_2\left(1+\frac{\lambda_{mean}}{\Gamma(1-\lambda_{mean})}\right) \quad (20)$$

[0156] 인데, Γ는 격차값이다. (20)에서, 평균 시스템 값 λ_{mean}에 대응하는 용량을 가진 전체 채널수의 곱셈(배수; multiplication)은 전체 용량에 매우 근사한 근접치를 준다.

[0157] 본 발명의 제 1실시예에서, 이전의 에너지 할당에 대한 필요 없이 이산 속도를 할당하도록 반복 비트 로딩 방법이 생성된다. 이 반복법은 주어진 전체 숫자 $I_{\max}$에 대하여 반복함으로써 제안된 SIC 방식이 없는 MIMO 시스템을 이용할 때 주어진 전체 에너지 E_T와 함께 동작한다. 그러나, SIC 방식과 함께 이용될 때도 비슷한 접근법이 적용된다. 시스템 파라미터들은 N_R, N_T, σ^2, K^*, L, $\mathbf{H}$인 것으로 고려된다. 매트릭스 $\mathbf{Q}$, $\mathbf{Q}_1$ 및 $\mathbf{Q}_2$를 구축할 목적으로 서명 수열 $\mathbf{S} = [\vec{s}_1 \ \cdots \ \vec{s}_K]$이 활용 가능할 것이다. 처음에는, 각각의 반복법은 $\vec{q}_k = [\mathbf{Q}]_k$, $\vec{q}_{k,1} = [\mathbf{Q}_1]_k$ 및 $\vec{q}_{k,2} = [\mathbf{Q}_2]_k$를 이용하여 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$및 $\vec{q}_{k,2}$ 들을 생성하여 $k = 1, \cdots, K^*$

에 대하여 초기 시스템 값 λ_k을 생성할 것이다.

[0158] 다중 경로 채널은 시스템값들 λ_k이 임의로 변하는 진폭을 가지도록 한다. 이것은, 더 높은 데이터 속도를 전송할 수도 있었던 양호한 채널을 배제함으로써 전체 속도를 저하시킬 수 있는 불량 채널로서 일부 확산 수열을 포함하게 영향을 줄 수 있다. 시스템 값의 이용을 토대로 한 서명 수열 선택 방식이 일체화되어 약한 서명 수열을 제거하도록 그들을 확인할 수 있다.

[0159] 반복법은 서명 수열의 최적수 K^*와 이들의 배열 순서를 확인하기 위하여 S로부터 하부 세트 수열을 선택할 것이다. 이 방법은 K = K 에서 K = 1까지 수열의 전체수를 변화시킨다. 이 방법은 처음에는 전체 K = K의 확산 수열을 취하며, 각각의 확산 수열에 똑같이 전체 이용가능한 에너지를 할당함으로써 모든 연관된 시스템 값들을 계산한다. 시스템 값과 대응하는 확산 수열들은 오름차순으로 시스템 값들을 가지도록 정렬된다. 확산 수열의 대응하는 숫자에 대하여 평균 시스템 값과 또한 서명 수열 세트가 기억된다. 최소 시스템 값에 대응하는 확산 수열은 제거되며, K = K - 1과 대응하는 시스템 값을 이용하여 확산 수열의 수가 감소하고, 확산 수열의 수를 K = K에서 K = 1까지 변화시킴으로써 평균 시스템 값 계산 및 서명 수열 배열과 제거 과정이 확산 수열의 감소된 수에 대하여 반복된다. K = 1에서 K = K까지 변하는 확산 수열의 수에 대하여, 만약 모든 확산 수열이 동일한 전송 속도를 이용한다면, 각각의 확산 수열에 전송될 데이터 속도 b_p를 결정하도록 평균 시스템 값들이 이용된다. 데이터 속도 b_p의 배수를 최대화하는 확산 수열의 수와 확산 수열의 대응하는 수가 확산 수열의 최적수 K^*이도록 선택된다. 확산 수열의 최적수에 대응하는 저장된 서명 수열 세트는 확산 수열의 정렬된 세트이도록 선택된다. 확산 수열의 최적 숫자에 대응하는 데이터 속도 b_p와, $\{b_p : p = 1, \cdots P\}$의 이산 데이터 속도 세트에서 이용가능한 다음 번의 데이터 속도 b_{p+1} 와 대응하는 목표 시스템 값들이 이용되어, 서명 수열의 최적 숫자에 대응하는 평균 시스템 값을 고려함으로써 심볼 당 b_p비트 속도에서 데이터를 전송하도록 이용될 채널의 수 K^*- m 와 속도 b_{p+1}에서 데이터를 전송하도록 이용될 채널의 수 m를 결정할 것이다. 데이터 속도 b_p 및 b_{p+1}과 확산 수열의 수 K^*- m 과 m이 결정된 이후에, 요구되는 속도 b_p 및 b_{p+1}에서 데이터를 전송하는데 필요한 에너지가 주어진 전체 에너지 한도 $\sum_{k=1}^{K^*} E_k \le E_T$에 대하여 반복적으로 계산된다.

[0160] 수열의 최적 숫자, 정렬 순서 및 데이터 속도와 에너지 할당을 결정하는 상세한 설명이 다음에 주어진다.

[0161] 이 방법은 K^* = K 에서 시작함으로써 $k = 1, \cdots, K^*$ 및 K^*에 대한 에너지 E_k를 동적으로 조절하여 할당된 에너지 및 정렬된 서명 수열의 숫자를 크기 K^* 벡터 $\vec{k}_{order}$의 요소로 회귀시킬(return) 것이다. 벡터 $\vec{k}_{order}$는 $k = 1, \cdots, K^*$에 대하여 $\left[\vec{k}_{order}\right]_k = k$를 이용하여 초기화될 것이다. 처음에는 $k = 1, \cdots, K^*$에 대하여 (15)에 주어진, 시스템 값 $\vec{q}_{k,2}$이, (13)에 주어진 $E_k = \frac{E_T}{K^*}$ 및 $\mathbf{C}^{-1}$를 이용하여 크기 K^* 벡터 $\vec{\lambda} = \left[\lambda_1, \cdots \lambda_{K^*}\right]$의 요소로서 생성될 것이다. 그 다음에는, 벡터 $\vec{\lambda}$가 이용되어 $\vec{q}_k = \vec{q}_{a_k}$, $\vec{q}_{k,1} = \vec{q}_{a_k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2} = \vec{q}_{a_k,2}$를 이용하여 정합 필터 수열을, $k = 1, \cdots, K^*$에 대하여 $\left[\vec{k}_{order}\right]_k = \left[\vec{k}_{order}\right]_{a_k}$를 이용하여 벡터 $\vec{k}_{order}$를 재구성하는데, 여기서 a_k는 $\vec{\lambda}$의 k^{th} 최소 요소의 지수이다.

[0162] 각각의 반복의 처음에, (15)에 주어진 $k = 1, \cdots, K^*$에 대한 시스템 값 λ_k세트는, 변수 N, L, N_R, σ^2및 업데이트된 에너지 세트 E_k 및 벡터 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$, $\vec{q}_{k,2}$ 및 $\vec{k}_{order}$와 또한 (13)에 주어진 $\mathbf{C}^{-1}$를 이용하여 구축될 것이다.

각각의 반복 루프 내에서, $\vec{\lambda} = \left[\lambda_1, \cdots \lambda_{K^*}\right]$로 주어지는 시스템 값들은 오름차순으로 재정렬될 것이다. 필요하면 최적 숫자 K^*와 대응하는 에너지가 업데이트 될 것이다. k^{th} 최소 요소의 지수가 이용되어 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$, $\vec{q}_{k,2}$, 할당된 에너지 E_k 및 벡터 $\vec{k}_{order}$의 요소를 재정렬할 것이다. 반복 알고리듬은 반복의 진행에 따라 필요하면, 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$, $\vec{q}_{k,2}$의 수, 에너지, 그리고 또한 벡터 $\vec{k}_{order}$의 크기를 감소시킬 것이다. 주어진 반복수에 도달하면, 반복 루프는 종료하거나 처음에서 시작하여 또 반복될 것이다.

[0163] 반복을 완료하면, 데이터 속도 b_{p_k}, 에너지 및 $k=1,\cdots,K^*$에 대한 재수열화된 서명 수열 $\vec{s}_k$세트가 회귀된다(return). 시스템 값 λ_k의 구축에 관련된 매트릭스 $\mathbf{C}^{-1}$및 결과물로서의 에너지 E_k가 이용가능하여 (12)를 이용하여 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 MMSE 필터계수 $\vec{w}_k$를 계산한다. 전체 시스템 값, λ_T, 평균 시스템 값, λ_{mean}, 그리고 또한 각각의 반복 방법에 대한 합용량이 (19) 및 (20)을 각각 이용하여 계산될 수 있다.

[0164] 먼저 이산 속도를 할당하고, 속도 이전에 에너지를 할당할 필요 없이 수열의 최적수를 발견함으로써 전체 용량을 최대로 하는 접근법이 더욱 자세히 논의될 것이다.

[0165] 이용가능한 이산 속도의 관점에서 (18)에서 확인된 목표 시스템 값으로, 전체 용량 속도가 $R_T = Kb_{P_k}$이도록 각각의 채널에 대하여 동일한 데이터 속도를 전송하는 동등 SNR 로딩에 대하여, 마진 적응형(MA) 로딩 알고리듬이 처음에 고려될 것이다. 동등 SNR 로딩 방식은 $\sum_{k=1}^{K^*} E_k \le E_T$인 동일한 에너지 제한하에서 동작한다. 동등 에너지 로딩은 현재의 HSDPA 표준에 적응된 전략이며, 동등 SNR 로딩 방식보다 실행이 더욱 용이한 수신기에서 변화하는 SNR들을 생성한다. 동등 SNR 로딩은, 더 높은 전체 비트 속도를 전달하기 위하여 각 수신기에서 고정 SNR을 얻도록 전송 에너지의 조절을 필요로 한다.

[0166] 동등 SNR에 대한 수열 $k=1,\cdots,K^*$의 수는 전체 속도 $R_{T,SNR}$를 최대로 하도록 최적화될 것이다. 알고리듬은 처음에 임시 최적수 Kopt = K로 설정하고, $k=1,\cdots K_{opt}$에 대하여 벡터 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$와 변수 E_T, N_T, N_R, σ^2, K, L를 이용할 것이다. 초기값 $\vec{b}_{\min} = \vec{0}_K$을 가지는 크기 K 벡터와, 초기값 $\mathbf{K}_{squences} = 0_{K\times K}$을 가지는 $N_T K \times K$차 매트릭스 $\mathbf{K}_{squences}$가 다음 반복 과정의 일부로서 생성될 것이다.

[0167] 1. $k=1,\cdots K_{opt}$에 대하여 $\left[\mathbf{K}_{squences}\right]_{k,K_{opt}} = \left[\vec{k}_{order}\right]_k$이다. Ek = ($E_T$/Kopt)로 놓음으로써 시스템 값 λ_k은 SIC가 없는 조건하에서 (15)를 이용하여 $k=1,\cdots K_{opt}$에 대하여 생성된다. 두 개의 크기 K 벡터의 K_{opt}^{th}요소들은 $\left[\vec{\lambda}_{mean}\right]_{K_{opt}} = \frac{\sum_k^{K_{opt}} \lambda_k}{K_{opt}}$로 그리고 시스템 값의 최소치와 같은 $\left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_{K_{opt}}$에 의하여 생성된다. 크기 Kopt 시스템 값 벡터는 $\vec{\lambda} = \left[\lambda_1, \cdots, \lambda_{K_{opt}}\right]^T$를 이용하여 구축된다.

[0168] 2. 다음에, 변수 a_k이 시스템 값 벡터 $\vec{\lambda}$의 k^{th}최소 요소의 지수로서 이용된다. 지수 a_k는 벡터 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$, $\vec{q}_{k,2}$를 재수열화하고 $k=1,\cdots K_{opt}$에 대하여 $\vec{q}_k = \vec{q}_{a_k}$, $\vec{q}_{k,1} = \vec{q}_{a_k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2} = \vec{q}_{a_k,2}$그리고 $\left[\vec{k}_{order}\right]_k = \left[\vec{k}_{order}\right]_{a_k}$를 이용하여 벡터 $\vec{k}_{order}$의 요소들을 재정렬하기 위하여 채용된다. 수열들

$\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$, $\vec{q}_{k,2}$의 전체 숫자, K_{opt} 및 벡터 $\vec{k}_{order}$의 크기, K_{opt},는 $k=1,\cdots K_{opt}$에 대하여 $\vec{q}_k=\vec{q}_{k+1}$, $\vec{q}_{k,1}=\vec{q}_{(k+1),1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}=\vec{q}_{(k+1),2}$ 및 또한 $\left\lfloor \vec{k}_{order} \right\rfloor_k = \left\lfloor \vec{k}_{order} \right\rfloor_{k+1}$ 를 이용하여 $K^*=K^*-1$에서 $l<l_{max}$로 감소한다.

[0169] 3. $K_{opt}=K_{opt}$ - 1로 놓음으로써 스텝들이 스텝1에서 시작하여 반복되며, 만약 $k=1,\cdots,K^*$이면 다음의 스텝이 행해진다.

[0170] 4. 벡터 $\vec{b}_{mean}$의 k^{th} 요소가 k = 1,...,K 에 대하여 $\left\lfloor \vec{b}_{mean} \right\rfloor_k = b_{p_k}$ 이도록 설정되며, 여기서 이산 비트 값 b_{p_k}은 다음 부등식을 만족하도록 선택된다:

[0171] $$\lambda^*\left(b_{p_k}\right) \le \left\lfloor \vec{\lambda}_{mean} \right\rfloor_k < \lambda^*\left(b_{p_k+1}\right) \quad (21)$$

[0172] 동등 SNR 로딩 방식에 대하여 전송 수열의 최적 숫자는 $K^*_{SNR} = \arg\left(\max_{1\le k\le K}\left(k\left\lfloor \vec{b}_{mean} \right\rfloor_k\right)\right)$로 주어지는데, 여기서 K^*_{SNR} 은 k = 1,...,K에 대하여 $k\left\lfloor \vec{b}_{mean} \right\rfloor_k$를 최대로 하는 정수이다. 전체 속도$R_{T,SNR}=K^*_{SNR}b_{p_k}$는 인데, 여기서 $b_{p_k}=\left\lfloor \vec{b}_{mean} \right\rfloor_{K^*_{SNR}}$이다. 전체 속도는 다음 번 이용 가능한 속도 b_{p_k+1}를 어떤 채널 m의 수에 로딩시키고 다음을 이용하여 심볼당 비트의 전체수를 전송함으로써 더 개선될수 있다:

[0173] $$R_{T,SNR}=\left(K^*_{SNR}-m\right)b_{p_k}+mb_{p_k+1} \quad (22)$$

[0174] 정수 m에 대하여 다음 부등식을 만족한다:

[0175] $$\left(K^*_{SNR}-m\right)\lambda^*\left(b_{p_k}\right)+m\lambda^*\left(b_{p_k+1}\right) \le K^*_{SNR}\left\lfloor \vec{\lambda}_{mean} \right\rfloor_{K^*_{SNR}} \quad (23)$$

[0176] 따라서 에너지의 전송 이전에 $R_T=\left(K^*_{SNR}-m\right)b_{p_k}+mb_{p_k+1}$ 가 결정될 수 있다.

[0177] 5. 동등 SNR 로딩 방식에 대한 서명 수열 $\mathbf{S}^{(SNR)}=\left[\vec{s}_1^{(SNR)},\cdots,\vec{s}_{K^*_{SNR}}^{(SNR)}\right]$은 원래의 수열 매트릭스 $\mathbf{S}=\left[\vec{s}_1 \quad \cdots \quad \vec{s}_K\right]$를 이용하여 그리고 $k=1,\cdots,K^*_{SNR}$ 에 대하여 $k=1,\cdots,K^*_{SNR}$인 경우 $\vec{s}_k^{(SNR)}=\vec{s}_{a_k}$로 설정함으로써 구축될 수 있다.

[0178] 제시된 전체 속도 $R_{T,SNR}=\left(K^*_{SNR}-m\right)b_{p_k}+mb_{p_k+1}$ 를 최대로 하는 방법이 역확산 유닛의 출력에서 두 개의 특정 SNR을 유지하는, 반복 에너지 조정 방법이 이하 제안된다.

[0179] 코드 K^*의 최적 수 및 각각의 채널에 대한 할당 비트 속도 b_{p_k} 또는 b_{p_k+1}에 대하여, $k=1,\cdots,K^*$에 대한 전송 에너지 E_k는 SIC 방식 없이 MIMO 시스템에 대하여 반복 계산될 수 있다. $k=1,\cdots,K^*$에 대한 정합 필터 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$은 정렬된 수열에 대하여 이용 가능한 것으로 가정한다. SIC 방식이 없는 시스템에 대하여, 전송 에너지는 (15) 및 선정된 속도 b_{p_k} 및 b_{p_k+1}에 대한 (18)에 주어진 목표 시스템 값 λ^*_k을 이용하여 다음과 같이 반복 계산될 수 있다:

[0180] $$E_{k,i}=\frac{\lambda_k^*}{\vec{q}_k^H\,\mathbf{C}_{i-1}^{-1}\vec{q}_k}\ \text{for}\ \ k=1,\cdots,K^* \qquad (24)$$

[0181] 변수 i는 반복 숫자이며 (24)에서의 는, 모든 채널에 대해 처음에 $E_{k,0}=\frac{E_T}{K^*}$를 할당함으로써 k = 1,2,...,K에 대한 $E_{k,(i-1)}$ 및 (13)을 이용하여 계산된다. 이 반복은 에너지가 고정값에 수렴할 때까지 또는 반복의 최대수, $\mathbf{S}$, 에 이르기까지 계속된다.

[0182] SIC 기반 수신기가 활용되는 본 발명의 제 2실시예가 이제 설명될 것이다. 본 발명의 제 1실시예 및 제 2실시예의 특징은 매우 유사하며, 따라서, 본 발명의 제 2실시예의 특징이 본 발명의 제 1실시예의 특징과 같은 점은 상세히 설명되지 않을 것이다.

[0183] 도 2는 SIC 기반 수신기를 활용하는 본 발명의 제 2실시예의 시스템을 도시한다. 도 1과 같이, 수신기(300)는 복수의 MIMO 수신기(301a,301b,....,301N_R)을 포함한다. 수신기 칩 정합 필터(302)는 수신된 무선 주파수 신호를 다운 컨버젼 하고(down convert) 다운 컨버젼 된 신호를 필터링하여 각각의 수신기 안테나 출력에서 ρ의 심볼 주기 동안 처리될 샘플링된 신호 벡터 $\vec{r}_{n_r}(\rho)=\left[r_{n_r,1}(\rho)\ \ \ldots\ \ r_{n_r,(N+L-1)}(\rho)\right]^T$ 를 생성한다. 수신된 벡터 연관 유닛(303)은 신호 벡터 $\vec{r}_{n_r}(\rho)=\left[r_{n_r,1}(\rho)\ \ \ldots\ \ r_{n_r,(N+L-1)}(\rho)\right]^T$ 를 연관시켜 에 대여 심볼 주기 $\vec{r}(\rho)=\left[\vec{r}_1^T(\rho),\cdots,\vec{r}_{n_r}^T(\rho),\cdots,\vec{r}_{N_R}^T(\rho)\right]^T$ 에서 모든 안테나 요소에 대응하는 수신 정합 필터 신호 샘플을 생성한다. 수신 신호 매트릭스 생성기(304)는 수신 신호 매트릭스 $\mathbf{R}_{K^*}=\left[\vec{r}(1),\ldots,\vec{r}(N^{(x)})\right]$를 생성한다. 유닛(305,305,308)으로 구성되는 연속 간섭 소거(SIC) 수신기는 매트릭스 $\mathbf{R}_{K^*}$로 시작하여 $\mathbf{R}_{k-1}=\mathbf{R}_k-\sqrt{E_k}\,\mathbf{\Phi}_k$ 를 이용하여 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 감소된 데이터 매트릭스 $\mathbf{R}_{k-1}$를 반복하여 생성하는 반복 수신기이고, 유닛(305,306,308)으로 구성되는 조합된(combined) SIC 수신기는 역확산 유닛(306)을 이용하여 $k=K^*,(K^*-1),\ldots,1$에 대한 $\hat{\vec{x}}_k^T=\vec{w}_k^H\mathbf{R}_k$의 역확산 신호 벡터를 생성한다. 판단 유닛(308)은 역확산 신호를 이용하여 대응하는 전송된 비트 스트림 $\hat{\vec{u}}_k$ 및 또한 전송된 심볼 벡터 $\vec{x}_{k,D}$의 평가치를 생성한다. 판단 유닛(308)의 출력에서 감지된 데이터 스트림 $\vec{x}_{k,D}$은 기여 평가기 유닛(contribution estimator unit; 305)에 의해 이용되어 $\mathbf{R}_{k-1}=\mathbf{R}_k-\sqrt{E_k}\,\mathbf{\Phi}_k$를 이용할 때 감소 데이터 매트릭스 $\mathbf{R}_{k-1}$계산에 이용되는 기여 매트릭스 $\mathbf{\Phi}_k$를 생성한다. 다음 검지된 데이터 스트림은 데이터 정렬 유닛(309)에 의해 정렬되어 감지된 데이터 수열을 생성한다. 심볼 매트릭스 생성 유닛(307)은 평가된 심볼 벡터 $\hat{\vec{x}}_k$를 이용하여 수신 심볼 매트릭스 $\vec{\mathbf{X}}$를 생성한다.

[0184] SIC 기반 수신기가 활용될 때 시스템 값 λ_k의 정의 및 결정 또한 변한다. 그러므로, SIC 기반 수신기를 활용하는 시스템에 따른 시스템 값 λ_k의 결정에 대하여 이하 설명한다.

[0185] 연속 간섭 소거(SIC) 방식의 사용은 주어진 전체 전송 에너지 E_T에 대하여 신호 대 잡음비가 향상되어 주어진 비트 속도를 달성하기 위하여 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 채널 당 에너지를 덜 필요로 하는 등 여러 장점을 가진다.

[0186] 도 2에 도시한 것과 같이 작동하는 SIC 방식은 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 (14)에 주어진 반복 공분산 매트릭스 관계를

이용하여 고유의 공분산 매트릭스 $\mathbf{C}_k$를 구축하며, 검지 프로세스에 이용되기 위한 $\mathbf{C}_k^{-1}$을 계산한다.

[0187] SIC 수신기의 동작은 다음과 같이 $k=1,\cdots,K^*$에 대하여 (12)를 재공식화함으로써 생성되는 MMSE 선형 이퀄라이저 상수 E_k의 설계에 의존한다:

[0188] $$\vec{w}_k = \frac{\mathbf{C}_k^{-1}\vec{q}_k}{\vec{q}_k^H\mathbf{C}_k^{-1}\vec{q}_k} \quad (25)$$

[0189] SIC 수신기 실행에서는, (11)에 주어진, 수신 신호 벡터 $\vec{r}(\rho)$는 ρ = 1,...,$N^{(X)}$에 대하여 모아져서 수신 신호 매트릭스 $\mathbf{R}=\left[\vec{r}(1),\ldots,\vec{r}(N^{(x)})\right]$를 형성하며, 수신기는 $\mathbf{R}_{K^*}=\mathbf{R}$로 설정함으로써 작동하여 $k=K^*,\left(K^*-1\right),\ldots,1$에 대하여 $\mathbf{R}_{k-1}=\mathbf{R}_k-\sqrt{E_k}\mathbf{\Phi}_k$를 반복 이용하여 $N_R\left(N+L-1\right)\times N^{(x)}$차 감소 데이터 매트릭스 를 생성한다. $N_R\left(N+L-1\right)\times N^{(x)}$차 매트릭스 는 $\mathbf{\Phi}_k=\vec{q}_k\vec{x}_{k,D}^T+\vec{q}_{k,1}\vec{x}_{k,D1}^T+\vec{q}_{k,2}\vec{x}_{k,D2}^T$에 의해 주어진다. 크기 $N^{(x)}$컬럼 벡터 $\vec{x}_{k,D}$는 감지된 데이터 스트림이며, $\vec{x}_{k,D1}=\mathbf{J}_{N^{(x)}}\vec{x}_{k,D}$ 및 $\vec{x}_{k,D2}=\mathbf{J}_{N^{(x)}}^T\vec{x}_{k,D}$는 이전 및 다음 심볼 주기 각각에서 수신된 ISI 심볼을 포함하는 로우(row) 벡터이다. 감지된 데이터 스트림 $\vec{x}_{k,D}$의 채널 k에 대한 감소 신호 매트릭스 $\mathbf{R}_k$로의 기여는 $\sqrt{E_k}\mathbf{\Phi}_k$를 이용하여 평가된다. 평가된 심볼 벡터 $\vec{x}_{k,D}$는, (25)를 이용하여 계산되어 $\hat{\vec{x}}_k^T=\vec{w}_k^H\mathbf{R}_k$의 역확산 신호 벡터 및 또한 대응하는 전송 비트 스트림 $\hat{\vec{u}}_k$의 평가치를 산출하는 각각의 MMSE 역확산 벡터 $\vec{w}_k$를 이용하여 생성된다. 디코딩된 비트 벡터 $\hat{\vec{u}}_k$는 수신기에서 재코딩되어 재변조되며 판단장치의 출력에서 전송 심볼 벡터 $\vec{x}_{k,D}$를 재생성한다. 다음, 각각의 채널 k에 대하여 수신기는 평가 데이터 심볼 $\vec{x}_{k,D}$을 재확산하며 재확산 데이터 스트림은 해당하는 채널을 통과하여 $\mathbf{\Phi}_k$를 생성한다. 일단 $\mathbf{R}_{k-1}$가 생성되면, 각각의 채널에 대한 수신 심볼 벡터는 $k=K^*,\ldots,1$에 대한 모든 전송 데이터 스트림이 평가될 때까지 $\hat{\vec{x}}_{k-1}^T=\vec{w}_{k-1}^H\mathbf{R}_{k-1}$를 이용하여 반복하여 생성된다. 다음, SIC 기반 MMSE 수신기는 $k=1,\ldots,K^*$에 대하여 다음과 같은 변경 시스템 값을 가지게 된다:

[0190] $$\lambda_k = E_k\vec{q}_k^H\mathbf{C}_k^{-1}\vec{q}_k \quad (26)$$

[0191] 그리고 시스템 값이 오름차순으로 정렬되면, SIC 기반 수신기에 대하여 최상의 성능이 달성될 수 있다.

[0192] SIC 수신기가 있는 반복 공분산 매트릭스 역변환 방법의 이용은 나아가 수신기 감지 복잡성을 감소시킨다. 반복 매트릭스 역변환 방법은 또한 이산 전송 속도 $b_T=\sum_{k=1}^{K^*}b_{p_k}$의 총합 최적화에 이용되도록 SIC 시스템 값 λ_k을 $k=1,\ldots,K^*$에 대하여 생성하는데 사용되는데, b_{pk}는 $k=1,\ldots,K^*$에 대하여 각각의 확산 수열 심볼에 대해 할당된 비트의 이산수이다. SIC 시스템 값 λ_k은 또한 에너지 제한 $\sum_{k=1}^{K^*}E_k\le E_T$을 받는 에너지 최적 할당을 위해서도 이용될 것이다.

[0193] 연속 간섭 소거 수신기에 대한 복잡함의 주된 이유는 $k=1,\ldots,K^*$에 대하여 (26)에 주어진 시스템 값 λ_k과

(25)에 주어진 역확산기 $\vec{w}_k$를 계산하는 것에 관련된 매트릭스 역변환 $\mathbf{C}_k^{-1}$의 숫자이다. 이것은 반복 공분산 매트릭스 역변환의 공식화에 대한 동기를 제공한다. 목적은 역변환 매트릭스 $\mathbf{C}_k^{-1}$가 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$의 함수이도록 하는 시스템 값과 역확산기 계산을 위하여 요구되는 공분산 매트릭스 역변환을 제거하는 것이다. $\mathbf{D}_k = \mathbf{C}_{k-1} + E_k \vec{q}_{k,1}\vec{q}_{k,1}^H + E_k \vec{q}_{k,2}\vec{q}_{k,2}^H$ 인 경우 (14)를 로 재배열하고 매트릭스 역변환 공식 $(\mathbf{A}+\mathbf{UBV})^{-1} = \mathbf{A}^{-1} - \mathbf{A}^{-1}\mathbf{U}(\mathbf{B}^{-1}+\mathbf{VA}^{-1}\mathbf{U})\mathbf{VA}^{-1}$ 를 이용하여 역변환 매트릭스 $\mathbf{C}_k^{-1}$ 및 $\mathbf{D}_k^{-1}$는 다음과 같이 계산될 수 있다:

[0194] $$\mathbf{D}_k^{-1} = \mathbf{C}_{k-1}^{-1} - \left(\zeta_1^2\zeta_2|\xi_5|^2 + \zeta_1\right)\mathbf{Z}_1$$

[0195] $$-\zeta_2\mathbf{Z}_2 + \zeta_1\zeta_2\left(\xi_5\,\mathbf{Z}_3 + \xi_5^*\,\mathbf{Z}_3^H\right) \qquad (27)$$

[0196] $$\mathbf{C}_k^{-1} = \mathbf{D}_k^{-1} - \zeta\mathbf{Z}_4 \qquad (28)$$

[0197] 여기서 거리 벡터 $\vec{d}$, $\vec{d}_1$, $\vec{d}_2$ 및 $\vec{d}_3$를 다음과 같이 정의한다:

[0198] $$\vec{d} = \mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_k,\quad \vec{d}_1 = \mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_{k,1},\quad \vec{d}_2 = \mathbf{C}_{k-1}^{-1}\vec{q}_{k,2},\quad \vec{d}_3 = \mathbf{D}_k^{-1}\vec{q}_k \qquad (29)$$

[0199] 가중치 함수는 다음을 이용하여 생성된다:

[0200] $$\xi = \vec{q}_k^H\vec{d},\quad \xi_1 = \vec{q}_{k,1}^H\vec{d}_1,\quad \xi_2 = \vec{q}_{k,2}^H\vec{d}_2,$$

[0201] $$\xi_3 = \vec{q}_k^H\vec{d}_1,\quad \xi_4 = \vec{q}_k^H\vec{d}_2,\quad \xi_5 = \vec{q}_{k,1}^H\vec{d}_2,\quad \xi_6 = Real\left(\xi_3\xi_4^*\xi_5\right) \qquad (30)$$

[0202] 가중 에너지 변수는 다음으로 주어진다:

[0203] $$\zeta = \frac{E_k}{1+E_k\left(\xi - \frac{E_k|\xi_3|^2}{1+E_k\,\xi_1} - \frac{E_k\left(|\xi_4|^2 - 2\frac{E_k}{1+E_k\,\xi_1}\xi_6 + \left(\frac{E_k}{1+E_k\,\xi_1}\right)^2|\xi_5|^2|\xi_3|^2\right)}{1+E_k\,\left(\xi_2 - \frac{E_k}{1+E_k\xi_1}|\xi_5|^2\right)}\right)}$$

[0204] $$\zeta_1 = \frac{E_k}{1+E_k\,\xi_1},\quad \zeta_2 = \frac{E_k}{1+E_k\left(\xi_2 - \zeta_1|\xi_5|^2\right)} \qquad (31)$$

[0205] 중간 매트릭스 $\mathbf{Z}_1$, Z_2, $\mathbf{Z}_3$, Z_4 및 는 다음과 같이 정의한다:

[0206] $$\mathbf{Z}_1 = \vec{d}_1\vec{d}_1^H,\quad \mathbf{Z}_2 = \vec{d}_2\vec{d}_2^H,\quad \mathbf{Z}_3 = \vec{d}_1\vec{d}_2^H,\quad \mathbf{Z}_4 = \vec{d}_3\vec{d}_3^H \qquad (32)$$

[0207] $k = 1,\ldots,K^*$에 대한 주어진 에너지 할당 및 $\vec{q}_k$, $\mathbf{E}_k$ 및 $\vec{q}_{k,2}$, E_k, σ^2 및 또한 $\mathbf{C}_0^{-1} = \frac{1}{2\sigma^2}\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$ 를 가진 주어진 MIMO 시스템 변수 세트에 대하여 매트릭스 $\mathbf{C}_k^{-1}$ 및 시스템 값 λ_k들은 k = 1에서 시작하여 다음과 같이 구축된다.

[0208] 1. 거리벡터 $\vec{d}$, $\vec{d}_1$ 및 $\vec{d}_3$가 (29)를 이용하여 생성된다. (30)에 주어진 가중치 팩터 $\xi, \xi_1, \ldots, \xi_6$ 들이 계산되어 (31) 및 $k = 1,\ldots,K^*$ 에 대한 할당 에너지 Ek를 이용하여 가중 에너지 텀(term) ζ, ζ_1, ζ_2 및 을 생

성한다. (32)에 주어진 중간 매트릭스 $\mathbf{Z}_1$, $\mathbf{Z}_2$ 및 Z3는 (27)을 적용하여 $\mathbf{D}_k^{-1}$를 구축하도록 계산된다.

[0209] 2. (29) 및 (32)로 주어지는 거리 벡터 $\vec{d}_3$와 대응하는 매트릭스 $\mathbf{Z}_4$는 (28)에 주어진 $\mathbf{C}_k^{-1}$를 구축하도록 이용된다.

[0210] 3. 시스템 값은 $\lambda_k = E_k \vec{q}_k^H \mathbf{C}_{k-1}^{-1} \vec{q}_k$를 이용하여 얻어진다.

[0211] 4. k = K^*이면 알고리듬을 중지한다. 그렇지 않으면, k = k+1로 설정하고, 1단계에서 시작하여 단계들이 반복된다.

[0212] (26)에 주어진 시스템 값 λ_k은 (28)을 이용하여 재배열되어 k^{th} SIC 수신기의 출력에서 신호 대 잡음비 γ_k를 (29),(30),(31) 및 (32)에 주어진 관계를 이용하여 다음의 형태로 간단히 한다:

$$\gamma_k = \frac{\lambda_k}{1-\lambda_k} = E_k \vec{q}_k^H \mathbf{D}_k^{-1} \vec{q}_k$$

[0213] (33)

[0214] 제안된 SIC 기반 반복 방법은, (27) 및 (28) 및 $\mathbf{C}_0^{-1} = \frac{1}{2\sigma^2}\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$에서 시작한 이전 반복에서 구축한 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$를 이용하여 제 1채널 k = 1에서 시작하여 $\mathbf{C}_k^{-1}$를 계산한다. 이 반복 공분산 매트릭스 역변환 방법은 신호 대 잡음비 γ_k 및, SIC 기반 HSDPA 다운링크 합용량 성능을 최대화하기 위하여 오름차순으로 정렬될 $k=1,\cdots K^*$ 에 대한 시스템 값 λ_k을 생성하는데 이용될 것이다.

[0215] k^{th} 채널의 에너지, $E_{k,i}$,는 (i-1)th반복에서 모든 K 채널의 에너지를 이용하여 업데이트될 필요가 있는 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$ 및 (24)를 이용하여 업데이트된다. 이것은 오직 $E_{k,i-1}$에만 의존하는 반복 에너지 할당 $E_{k,i}$의 공식화를 유도하여 공분산 매트릭스 역변환 $\mathbf{C}_k^{-1}$이, E_k를 이용하여 채널당 한 번 만 업데이트 될 수 있도록 한다.

[0216] 에너지 반복 마다 어떤 매트릭스도 역변환 할 필요 없이, 반복하여 에너지 Ek 를 계산하는 방법이 이하 설명된다.

[0217] (33)을 다음과 같이 재배열하여:

$$E_{k,i} = \frac{\gamma_k^*}{\vec{q}_k^H \mathbf{D}_{k,(i-1)}^{-1} \vec{q}_k}$$

[0218] (34)

[0219] $\mathbf{C}_{i-1}^{-1}$ 및 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$, $\vec{q}_{k,2}$로 부터 구축된 변수 및 $E_{k,i-1}$들의 관점에서 $E_{k,i}$를 생성한다. 이를 위하여 (27)을 이용하여 (34)에 주어진 텀 $\vec{q}_k^H \mathbf{D}_k^{-1} \vec{q}_k$이 다음과 같이 (34)를 재공식화한다:

$$E_{k,i} = \frac{\gamma_k^*}{\xi - \frac{E_{k,(i-1)}|\xi_3|^2}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1} - \frac{E_{k,(i-1)}\left(|\xi_4|^2 - 2\frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}\xi_6 + \left(\frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}\right)^2 |\xi_5|^2|\xi_3|^2\right)}{1+E_k\left(\xi_2 - \frac{E_{k,(i-1)}}{1+E_{k,(i-1)}\xi_1}|\xi_5|^2\right)}}$$

[0220] (35)

[0221] 여기서, 가중치 팩터 터 $\xi, \ldots, \xi_6$ 들은, (30) 및 (29)에 주어진 거리 벡터 $\vec{d}$, $\vec{d}_1$ 및 $\vec{d}_2$를 이용하고

$\mathbf{C}_0^{-1} = \frac{1}{2\sigma^2}\mathbf{I}_{N_R(N+L-1)}$로 설정하고, 시작 채널 숫자를 k = 1이도록 하여 $\mathbf{C}_{i-1}^{-1}$ 및 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$로부터 구축된다. 이 반복 에너지 계산은 바람직한 전송 속도 b_{pk} 및 b_{pk+1}를 위하여 (17)로부터 목표 SNR 값 $\gamma^*\left(b_{p_k}\right)$ 및 $\gamma^*\left(b_{p_k+1}\right)$의 이용을 필요로 한다. 에너지 E_k에 대한 초기값은 $E_k = \frac{E_T}{K^*}$로 설정되며, 다음에 채널 k에 대한 선택된 전송 속도 b_{pk}에 대응하는 목표 SNR γ_k^*에 대하여 (35)를 이용하여 반복하여 업데이트된다. 반복은 에너지가 고정값에 수렴하거나 주어진 반복수 I_{max}의 수에 도달할 때까지 계속된다. 일단 에너지 E_k가 생성되면, $E_{k,i}$ 및 $\mathbf{C}_{k-1}^{-1}$의 관점에서의 $\mathbf{C}_k^{-1}$의 구축은, (32)를 이용하여 계산되어 (27)을 이용하여 $\mathbf{D}_k^{-1}$를 구축하고 (29)를 이용하여 $\vec{d}_3 = \mathbf{D}_k^{-1}\vec{q}_k$를 생성하고 (32)를 이용하여 또한 Z_4를 생성하는 중간 매트릭스 Z1, Z2 및 Z3를 필요로 한다. 가중 에너지 텀 ζ이 다음에 $\zeta = \frac{E_k}{1+\gamma_k^*}$를 이용하여 계산된다. 결과값인 $\mathbf{D}_k^{-1}$, $\mathbf{Z}_4$ 및 ζ를 이용하여 역변환 매트릭스 $\mathbf{C}_k^{-1}$가 (28)을 이용하여 구축된다. 이 과정은 모든 에너지 및 공분산 매트릭스의 역변환들이 $k = 1,\ldots,K^*$에 대한 모든 채널에 대하여 생성될 때까지 각각의 채널에 대하여 반복된다. 에너지가 일단 할당되면, 송신기는 수신기에게 할당 에너지를 공급한다.

[0222] 본 발명의 세 번째 실시예에 따라, 확산 수열의 선택은 이산 비트 로딩 알고리듬에 기반을 둔 최소 시스템 값에 의하여 달성될 수 있다. 최소 시스템 값 기반 접근법은 본 발명의 제 1 및 제 2실시예의 관점에서 논의한 평균 시스템 값 기반 접근법을 대신한다. 그러므로, 본 발명의 제 3실시예는 본 발명의 제 1실시예의 비(非) SIC 기반 수신기 또는 본 발명의 제2 실시예의 SIC 기반 수신기에 적용 가능하다. 본 발명의 제 1 또는 제 2 실시예와 상이한 본 발명의 실시예의 특징만이 상세히 논의될 것이다.

[0223] 동일한 에너지 케이스에 대한 수열 K_{EE}^*의 숫자들이 전체 속도 $R_{T,EE}$를 최대로 하기 위해 최적화될 것이다. 알고리듬은 처음에 임시 최적 숫자를 $K_{opt} = K$로 설정하고, $k = 1,\cdots,K_{opt}$에 대한 벡터 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2}$와, $\vec{k}_{order}$ 그리고 또한 변수 N_R, N_T, σ^2, K^*, L, $\mathbf{H}$를 이용할 것이다. 초기값이 $\vec{b}_{\min} = \vec{0}_K$인 크기 K 벡터와 초기값이 $\mathbf{K}_{squences} = 0_{k\times k}$인 $N_T K \times K$ 차 매트릭스 $\mathbf{K}_{squences}$가, 본 발명의 제 1실시예의 일부로서 제시된 처음의 세 단계를 수행한 후에 다음의 반복 과정의 일부로서 생성될 것이다.

[0224] 1. 최소 비트 속도 벡터 $\vec{b}_{\min}$의 k^{th} 요소가, 다음 부등식을 만족하도록 이산 비트 값 $b_{p'}$을 선택함으로써 k = 1,...,K에 대하여 $\left[\vec{b}_{\min}\right]_k = b_{p_k}$로 설정된다:

[0225] $$\lambda^*\left(b_{p_k}\right) \le \left[\vec{\lambda}_{\min}\right]_k < \lambda^*\left(b_{p_k+1}\right) \qquad (36)$$

[0226] 2. 최적 숫자 K_{EE}^*는 $K_{EE}^* = \arg\left(\max_{1\le k\le K}\left(k\left[\vec{b}_{\min}\right]_k\right)\right)$로 주어지고, 전체 속도는 $R_{T,EE} = K_{EE}^* b_1^{(\min)}$인데 동등 에너지 로딩 방식에 대하여 $b_1^{(\min)} = \left[\vec{b}_{\min}\right]_{K_{EE}^*}$이다. 비트의 전체 수는, 비트 전체수를 전송하도록 속도 $b_2^{(\min)} = \left[\vec{b}_{\min}\right]_m$ 인 $m = \arg\left(\max_{1\le k<\left(K-K_{EE}^*-1\right)}\left(k\left[\vec{b}_{\min}\right]_k\right)\right)$를 최대화하는 m채널 전체를 확인함으로써 더 증가할

수 있다:

[0227] $$R_{T,EE} = \left(K_{EE}^{*} - m\right)b_1^{(\min)} + mb_2^{(\min)} \quad (37)$$

[0228] 3. 동등 에너지 로딩 방식에 대한 서명 수열 $\mathbf{S}^{(EE)} = \left[\overleftarrow{s}_1^{(EE)}, \cdots, \overleftarrow{s}_{K_{EE}^{*}}^{(EE)}\right]$은 원래의 수열 매트릭스 $\mathbf{S} = \left[\vec{s}_1 \quad \ldots \quad \vec{s}_K\right]$를 이용하고 $k = 1, \cdots, K_{EE}^{*}$에 대하여 $c_k = \left[\mathbf{K}_{squences}\right]_{k,K_{EE}^{*}}$인 경우 $\vec{s}_k^{(EE)} = \vec{s}_{c_k}$로 설정함으로써 구축된다.

[0229] 동등 에너지 로딩 방식에 대하여, 각각의 채널 $k = 1, \cdots, K_{EE}^{*}$에 대하여 에너지는 $E_k = \frac{E_T}{K_{EE}^{*}}$로 설정된다.

[0230] 본 발명의 제 4실시예에 따라 본 발명의 제 1실시예의 평균 시스템 값 비트 로딩 방법을 대신하여, 반복 워터 필링 기반 연속 비트 로딩 방법이 활용된다. 또, 본 발명의 제 4실시예는 본 발명의 제 1실시예의 비 SIC기반 수신기 또는 본 발명의 제 2실시예의 SIC 기반 수신기와 더불어 이용될 수 있다. 더욱, 본 발명의 전술한 실시예와 상이한 본 발명의 제 4실시예의 특징 만이 이하 상세히 기술될 것이다.

[0231] 이 방법은 처음에 채널의 최적수 K* 를 K = K*이도록 설정할 것이다, 처음에, $k = 1, \cdots, K^{*}$에 대하여 (15)에 주어진 시스템 값 λ_k의 세트가, (13)에 주어진 $E_k = \frac{E_T}{K^{*}}$ 및 $\mathbf{C}^{-1}$를 이용하여 크기 K* 벡터 $\vec{\lambda} = \left[\lambda_1, \cdots \lambda_{K^{*}}\right]$의 요소로서 생성될 것이다. 다음 벡터 $\vec{\lambda}$가 사용되어 $k = 1, \cdots, K^{*}$에 대하여 $\vec{q}_k = \vec{q}_{a_k}$, $\vec{q}_{k,1} = \vec{q}_{a_k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2} = \vec{q}_{a_k,2}$를 이용하여 정합 필터 수열을, 그리고 $\left[\vec{k}_{order}\right]_k = \left[\vec{k}_{order}\right]_{a_k}$를 이용하여 벡터 $\vec{k}_{order}$를 재배열할 것인데, a_k는 $\vec{\lambda}$의 k^{th} 최소 요소의 지수이다. 다음에 반복이 개시된다. 각각의 반복 동안, 시스템 값들은 (26) 또는 (15)를 이용하여 계산되며, 시스템 값들과 대응하는 서명 수열들은 시스템 값들이 오름차순으로 나타나도록 정렬될 것이다. 다음 시스템 값들이 이용되어 채널 SNR 값과 워터 필링 상수를 계산한다. 채널 SNR과 워터 필링 상수들은 각각의 채널에 에너지를 할당하도록 이용될 것이다. 만약 제 1 확산 수열에 대한 에너지가 음이면, 제 1확산 수열은 제거되고 제 1에너지 할당이 양이 될 때까지 위의 단계가 반복된다. 양의 제 1에너지 할당에 대하여 시스템 값 계산,서명 수열과 시스템 값의 재배열, 채널 SNR 및 워터 필링 계산, 그리고 또한 에너지 할당 계산이 주어진 반복수에 대하여 반복될 것이다. 최종 에너지 할당이 있으면 대응하는 시스템 값들이 이용되어 각각의 호가산 수열에 대한 신호 대 잡음비를 계산할 것이다. SNR 값들이 각각의 확산 수열에 할당되는 속도를 결정하기 위하여 이용된다.

[0232] 워터 필링 밥법은 다음과 같이 반복된다:

[0233] 1. 루프 계수기, I, 가 I = 1로 설정된다. 만약 $K^{*} < K$이면, 에너지 E_k 및 수열 $\vec{q}_k$, $\vec{q}_{k,1}$, $\vec{q}_{k,2}$의 숫자 따라서 벡터 $\vec{k}_{order}$의 크기, K^{*}, 가, $E_k = E_{k+1}$ 및 $\vec{q}_k = \vec{q}_{k+1}$, $\vec{q}_{k,1} = \vec{q}_{(k+1),1}$ 및 $\vec{q}_{k,2} = \vec{q}_{(k+1),2}$ 그리고 $k = 1, \cdots K^{*}$에 대하여 $\left[\vec{k}_{order}\right]_k = \left[\vec{k}_{order}\right]_{k+1}$를 이용하여 $K^{*}+1$에서 K^{*}까지 감소한다.

[0234] 2. 대상이 되는 시스템에 대하여 시스템 값 λ_k 세트가 (26) 또는 (15)를 이용하여 생성되어 $k = 1, \cdots K_{EE}^{*}$에 대하여 $\left[\vec{g}\right]_k = \frac{\lambda_k}{E_k\left(1-\lambda_k\right)}$를 이용하여 크기 K^{*} 채널 SNR 벡터 $\vec{g}$를 구축한다. 워터 필링 상수는

$K_{WF} = \frac{1}{K^*}\left(E_T + \Gamma \sum_{k=1}^{K^*} \frac{1}{\left[\vec{g}\right]_k} \right)$ 로 계산된다. 에너지들은 $k = 1, \cdots K^*$ 에 대하여 $E_k = K_{WF} - \frac{1}{\left[\vec{g}\right]_k}$ 를 이용하여 할당된다.

[0235] 3. 다음에 텀 a_k 이 $\vec{g}$ 의 k^{th} 최소 요소의 지수로서 이용된다. 지수 a_k 는 $k = 1, \cdots, K_*^*$ 에 대하여 $\vec{q}_k = \vec{q}_{a_k}$, $\vec{q}_{k,1} = \vec{q}_{a_k,1}$ 및 $\vec{q}_{k,2} = \vec{q}_{a_k,2}$ 및 $E_k = E_{a_k}$ 및 또한 $\left[\vec{k}_{order}\right]_k = \left[\vec{k}_{order}\right]_{a_k}$ 를 이용하여 벡터 $\vec{k}_{order}$ 의 요소, 벡터들 및 에너지를 재수열화하도록 채택된다.

[0236] 4. 만약 $E_1 < 0$ 이면, 이용될 채널수는 $K^* = K^* - 1$ 로 설정되며, 단계 1 에서 시작하여 단계들이 반복된다. 그렇지 않으면, I = I + 1을 이용하여 계수가 증가하며, 만약 $I < I$ 이면 단계들은 단계 2에서 시작하여 반복된다.

[0237] 반복 워터 필링 알고리듬은 $\vec{s}_k^{(WF)} = \vec{s}_{a_k}$ 를 이용하여 재배열된 서명 수열 및 비이산 속도를 회귀시키는데(return), $k = 1, \cdots, K^*$ 에 대하여 $a_k = \left[\vec{k}_{order}\right]_k$ 이다. 반복 워터 필링 합용량 상한은 마지막 반복 $I = I_{\max}$ 동안 확인된 시스템 값을 이용하여 얻어질 수 있다.

[0238] 수열의 최적수 및 또한 수열의 순서를 결정하기 위한 워터 필링 알고리듬을 실행한 후에, 이 알고리듬은 1 단계에서 이용가능한 코드의 전체수를 K에서 1까지감소시킴으로써 다시 실행된다. 다음, 최고 전체 속도를 가져오는 코드의 전체 수가 코드의 최적수로서 선택된다.

[0239] 본 발명의 앞서의 실시예들이 모두 MIMO 시스템에 관한 것이지만, 본 발명의 대체 가능한 실시예에 따라 SISO 기반 시스템들이 활용된다는 것이 이해될 것이다. SISO 기반 시스템에서는 $N_T = 1$ 및 $N_R = 1$ 임이 이해될 것이다.

[0240] 확산 수열 및 채널의 텀들이 상호 교환 가능함이 이해될 것이다.

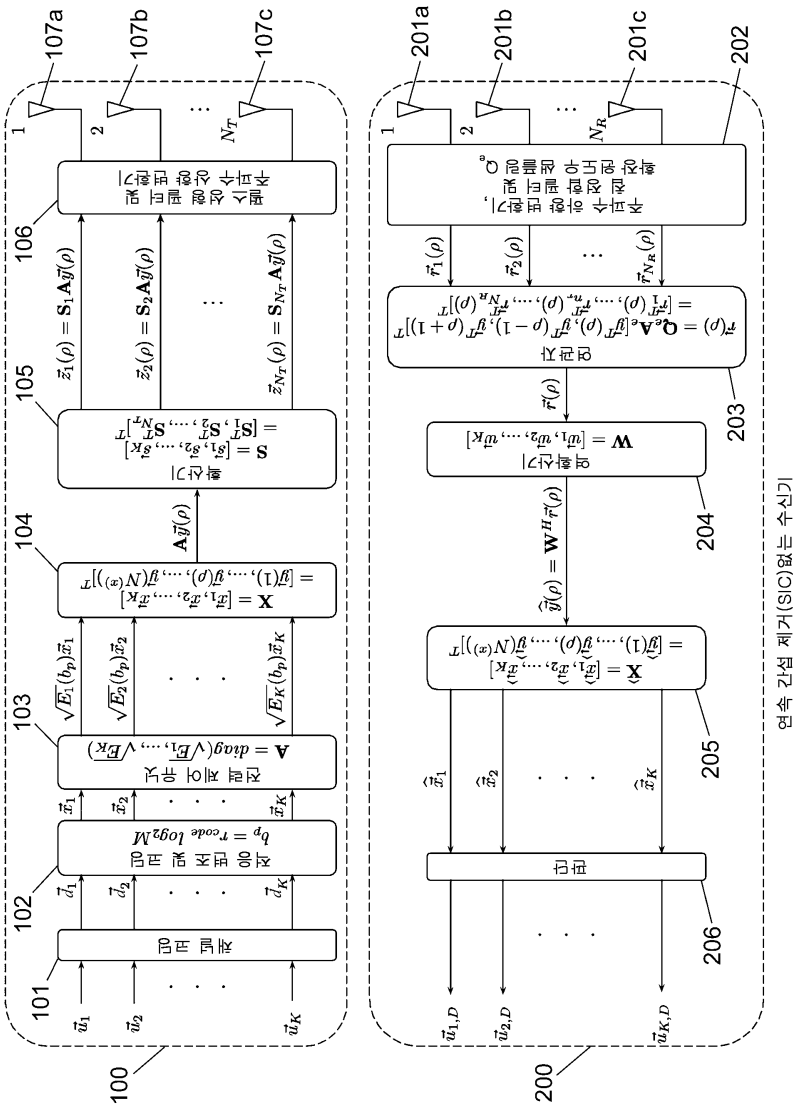
[0241] 이상 서술한 다양한 방법들은 하드웨어 또는 컴퓨터 프로그램에 의하여 실행될 수 있다. 컴퓨터 프로그램에 의하여 실행될 때 컴퓨터는 컴퓨터 프로그램을 저장하는 메모리와 컴퓨터 프로그램을 실행하는 프로세서를 가지도록 구비될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 앞서 설명한 다양한 방법의 하나 이상의 기능을 실행하도록 컴퓨터를 지시하도록 구성되는 컴퓨터 코드를 포함할 수 있다. 이 방법을 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램 및/또는 코드는 컴퓨터와 같은 장치에, 컴퓨터 판독 가능 매체상으로 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는, 예를 들어, 전자, 자기, 광학, 전자기, 적외선 또는 반도체 시스템, 또는 예를 들어 인터넷 상에서 코드를 다운로딩 하기 위한 데이터 전송용 도파 미디엄일 수 있다. 물리적인 컴퓨터 판독 가능한 매체의 예는 제한되지 않으며 반도체 또는 고형체 메모리, 자기 테이프, 제거 가능한 컴퓨터 디스켓, 랜덤 억세스 메모리(RAM), 판독 전용 메모리(ROM), 견고한 자기 디스크 및 CD-ROM, CD-R/W 또는 DVD와 같은 광학 디스크를 포함한다.

[0242] 전술한 다양한 방법에 따라 하나 이상의 프로세스를 수행하기 위하여 컴퓨터 코드에 맞춘 컴퓨터와 같은 장치들이 구성될 수 있다.

[0243] 앞서 설명한 어느 실시예도 적절한 곳이면 다른 실시예와 조합될 수 있음이 이해될 것이다. 더욱, 앞서 설명한 실시예들은 오직 예시로서 제시되었으며, 본 발명의 권리범위는 후속하는 청구범위에 의해서만 제한된다.

도면

도면1


100
101
채널 코딩
102
적응 변조 및 코딩
$b_p = r_{code} \log_2 M$
103
전력 제어 유닛
$\mathbf{A} = diag(\sqrt{E_1}, ..., \sqrt{E_K})$
104
$\mathbf{X} = [\vec{x}_1, \vec{x}_2, ..., \vec{x}_K]$
$= [\vec{y}(1), ..., \vec{y}(\rho), ..., \vec{y}(N_{(x)})]^T$
$\mathbf{A}\vec{y}(\rho)$
105
확산기
$\mathbf{S} = [s_1, s_2, ..., s_K]$
$= [\mathbf{S}_1^T, \mathbf{S}_2^T, ..., \mathbf{S}_{N_T}^T]^T$
106
$\vec{z}_1(\rho) = \mathbf{S}_1\mathbf{A}\vec{y}(\rho)$
$\vec{z}_2(\rho) = \mathbf{S}_2\mathbf{A}\vec{y}(\rho)$
$\vec{z}_{N_T}(\rho) = \mathbf{S}_{N_T}\mathbf{A}\vec{y}(\rho)$
펄스 성형 필터 및
주파수 상향 변환기
107a
107b
107c
1
2
N_T
200
201a
201b
201c
202
주파수 하향 변환기,
정합 필터 및
확장 원뿔무 샘플링 Q_e
203
연관자
$\vec{r}(\rho) = \mathbf{Q}_e\mathbf{A}_e[\vec{y}^T(\rho), \vec{y}^T(\rho-1), \vec{y}^T(\rho+1)]^T$
$= [\vec{r}_1^T(\rho), ..., \vec{r}_{n_r}^T(\rho), ..., \vec{r}_{N_R}^T(\rho)]^T$
$\vec{r}_1(\rho)$
$\vec{r}_2(\rho)$
$\vec{r}_{N_R}(\rho)$
204
역확산기
$\mathbf{W} = [\vec{w}_1, \vec{w}_2, ..., \vec{w}_K]$
$\hat{\vec{y}}(\rho) = \mathbf{W}^H\vec{r}(\rho)$
205
$\hat{\mathbf{X}} = [\hat{\vec{x}}_1, \hat{\vec{x}}_2, ..., \hat{\vec{x}}_K]$
$= [\hat{\vec{y}}(1), ..., \hat{\vec{y}}(\rho), ..., \hat{\vec{y}}(N_{(x)})]^T$
206
판단
$\vec{u}_{1,D}$
$\vec{u}_{2,D}$
$\vec{u}_{K,D}$
연속 간섭 제거(SIC)없는 수신기

도면2

