



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0110602
(43) 공개일자 2013년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/04 (2006.01) H04L 1/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0032688

(22) 출원일자 2012년03월29일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

이현호

서울특별시 서초구 서초1동 1617-13번지 상지2차
리츠빌 B동 203호

고영채

서울특별시 송파구 잠실동 트리지움 327동 702호

(74) 대리인

이건주

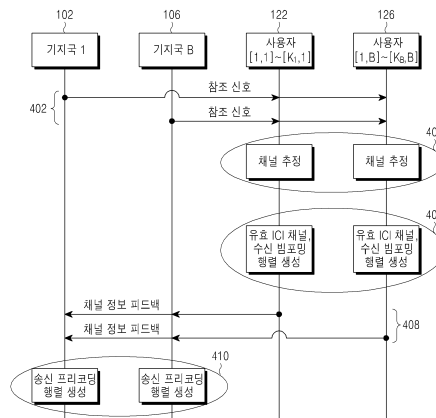
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 다중 셀룰러 네트워크에서 신호의 송수신 방법 및 장치

(57) 요약

다중 셀룰러 네트워크에서 간접 정렬을 이용한 신호의 송수신 방법 및 장치를 개시한다. 본 발명에 따른 방법은, 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들의 개수와 사용자가 속한 현재 셀 내의 사용자 수로부터 상기 현재 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수를 결정하는 과정과, 상기 셀들의 개수와 상기 전체 유효 ICI 채널 개수에 근거하여 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수를 결정하는 과정과, 상기 현재 셀의 기지국 및 타 기지국들로부터 송출되는 참조 신호에 근거하여 추정된, 상기 현재 셀의 사용자들과 각 기지국 간의 채널 행렬에 대한 정보를 획득하는 과정과, 상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 상기 타 기지국들에서 상기 현재 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 수신 빔포밍 행렬을 결정하는 과정과, 상기 채널 행렬과 상기 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 상기 현재 셀의 기지국으로 전송하는 과정과, 상기 결정된 수신 빔포밍 행렬을 이용하여 상기 j번째 셀의 기지국으로부터의 신호를 수신하는 과정을 포함한다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 수신하기 위한 방법에 있어서,
 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들의 개수 B와 사용자가 속한 j번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 상기 j번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 를 결정하는 과정과,
 상기 셀들의 개수 B와 상기 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 에 근거하여 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 를 결정하는 과정과,
 상기 j번째 셀의 기지국 및 타 기지국들로부터 송출되는 참조 신호에 근거하여 추정된, 상기 j번째 셀의 사용자들과 각 기지국 간의 채널 행렬에 대한 정보를 획득하는 과정과,
 상기 $t_{j,i}$ 와 $n_{j,i}^{(s)}$ 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 상기 타 기지국들에서 상기 j번째 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 수신 빔포밍 행렬을 결정하는 과정과,
 상기 채널 행렬과 상기 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 상기 j번째 셀의 기지국으로 전송하는 과정과,
 상기 결정된 수신 빔포밍 행렬을 이용하여 상기 j번째 셀의 기지국으로부터의 신호를 수신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 각 셀 내의 사용자 수 K_i 와 i번째 기지국이 각 타 기지국에 대해 미치는 간섭에 대응하는 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 사용자로 전송되는 데이터 스트림의 개수 d를 이용하여 각 타 기지국에 대한 송신 안테나 개수 M_i 를 결정하는 과정과,
 상기 각 타 기지국에 대한 송신 안테나 개수 M_i 와 상기 j번째 셀 내의 사용자 수 K_j 및 상기 각 타 기지국에 의한 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 를 이용하여, 상기 신호의 수신에 사용할 수신 안테나의 개수 N_j 를 결정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 는,
 하기 수학식의 범위 내에서 정해짐을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

$$(B-2)K_j + 1 \leq S_j \leq (B-1)K_j$$

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 는 상기 j번째 셀의 전체 유효 ICI 채널의 개수 S_j 를 타 기지국의 개수 (B-1)로 나눈 값과 동일하거나, 가능한 가깝도록 결정되며,

상기 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는 유효 ICI 채널 별로 가능한 균등하도록 결정되는 것을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 상기 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는, 하기 알고리즘에 의해 구해짐을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

```

For j=1:B
    If  $S_j/(B-1)$  is a natural number
         $t_{j,i}=S_j/(B-1)$  for  $i=1,2,...,B$  and  $i \neq j$ 
    Else
        Initialize  $t_{j,i}$  as  $t_{j,i} = \text{ceil}(S_j/(B-1)) - 1$  for  $i=1,2,...,B$  and  $i \neq j$ 
        Initialize  $Z = \{1,2,...,B\}$ 
        For loop=1:  $S_j - (B-1)(\text{ceil}(S_j/(B-1)) - 1)$ 
             $i_{\max} = \text{argmax}_{i \in Z, i \neq j} K_i$ 
             $Z = Z - \{i_{\max}\}$ 
             $t_{j,i_{\max}} = t_{j,i_{\max}} + 1$ 
        End
    End
    idx=1
    For i=1:B and  $i \neq j$ 
        Initialize  $n_{j,i}^{(s)}=1$  for  $s=1,2,..., t_{j,i}$ 
        Set  $n_{j,i}^{(\text{idx})} = n_{j,i}^{(\text{idx})} + (K_j - t_{j,i})$ 
         $\text{idx} = \text{idx} + (K_j - t_{j,i})$ 
    End
End

```

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 수신 빔포밍 행렬은,
 하기 수학식의 방정식으로부터 구해지는 수신 빔포밍 벡터들로 구성됨을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{q}_{j,i,m}^{(1)} &= \mathbf{H}_i^{[1,j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]} \\
 \mathbf{q}_{j,i,m}^{(2)} &= \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]} \\
 &\vdots \\
 \mathbf{q}_{j,i,m}^{(t_{j,i})} &= \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+\dots+n_{j,i}^{(t_{j,i}-1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+\dots+n_{j,i}^{(t_{j,i}-1)},j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[K_j,j]H} \mathbf{u}_m^{[K_j,j]}
 \end{aligned}$$

여기서 $q_{j,i,m}^{(s)}$ 는 i번째 기지국에서 j번째 셀의 사용자들에게 미치는 s번째 유효 ICI 채널을 구성하는 m번째 기저 벡터이며, $H_i^{[k,j]}$ 는 i번째 기지국과 j번째 셀의 k번째 사용자 사이의 채널 행렬을 나타내며, $u_m^{[k,j]}$ 는 j번째 셀의 k번째 사용자가 받게 될 m번째 데이터 스트림에 해당하는 수신 빔포밍 벡터임.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 피드백 정보는,

$H_j^{[k,j]} H_i^{[k,j]}$ 를 포함하며, 여기서 $H_i^{[k,j]}$ 는 i번째 기지국과 j번째 셀의 k번째 사용자 사이의 채널 행렬을 나타내고, $U^{[k,j]}$ 는 j번째 셀의 k번째 사용자가 받게 될 d개의 데이터 스트림에 해당하는 수신 빔포밍 벡터 $u_m^{[k,j]}$ 로 이루어진 수신 빔포밍 행렬인 것을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 유효 ICI 채널들을 나타내는 추가적인 피드백 정보를 상기 타 기지국들로 전송하는 과정을 더 포함하며,

상기 추가적인 피드백 정보는, B개의 기지국들에 대한 유효 ICI 채널의 기저 벡터 $q_{j,i,m}^{(s)}$ 로 이루어진 유효 ICI

채널 행렬 $Q_{j,i}^{(1)}, \dots, Q_{j,i}^{(t_{j,i})}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

청구항 9

다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 송신하기 위한 방법에 있어서,

다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들 내에 위치하는 사용자들로부터, 타 기지국들에서 j번째 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 상기 셀들 내의 사용자에게 의해 결정된 채널 행렬 및 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 수신하는 과정과,

상기 피드백 정보를 이용하여 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들 중 j번째 셀 내에 위치하는 각 사용자로 전송될 데이터 스트림들에 대한 송신 프리코딩 행렬을 결정하는 과정과,

상기 송신 프리코딩 행렬을 이용하여 상기 j번째 셀 내의 사용자들에게 신호를 송신하는 과정을 포함하며,

상기 유효 ICI 채널들과 상기 수신 빔포밍 행렬은, 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 정해지며,

상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 상기 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는, 상기 셀들의 개수 B와 j번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 상기 j번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 에 근거하여 결정되며,

상기 j번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 는, 상기 셀들의 개수 B와 상기 j번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 결정됨을 특징으로 하는 신호 송신 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

i번째 셀 내의 사용자 수 K_i 와 i번째 기지국이 각 타 기지국에 대해 미치는 간섭에 대응하는 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 사용자로 전송되는 데이터 스트림의 개수 d를 이용하여 i번째 기지국에서 상기 신호의 송신에 사용할 안테나 개수 M_i 를 결정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 신호 송신 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서, 상기 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 는,

하기 수학식의 범위 내에서 정해짐을 특징으로 하는 신호 송신 방법.

$$(B-2)K_j + 1 \leq S_j \leq (B-1)K_j$$

청구항 12

제 9 항에 있어서, 상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 는 상기 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널의 개수 S_j 를 타 기지국의 개수 $(B-1)$ 로 나눈 값과 동일하거나, 가능한 가깝도록 결정되며,

상기 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는 유효 ICI 채널 별로 가능한 균등하도록 결정되는 것을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서, 상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 상기 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는, 하기 알고리즘에 의해 구해짐을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

```

For j=1:B
    If  $S_j/(B-1)$  is a natural number
         $t_{j,i}=S_j/(B-1)$  for  $i=1,2,...,B$  and  $i \neq j$ 
    Else
        Initialize  $t_{j,i}$  as  $t_{j,i} = \text{ceil}(S_j/(B-1)) - 1$  for  $i=1,2,...,B$  and  $i \neq j$ 
        Initialize  $Z = \{1,2,...,B\}$ 
        For loop=1:  $S_j - (B-1)(\text{ceil}(S_j/(B-1)) - 1)$ 
             $i_{\max} = \text{argmax}_{i \in Z, i \neq j} K_i$ 
             $Z = Z - \{i_{\max}\}$ 
             $t_{j,i_{\max}} = t_{j,i_{\max}} + 1$ 
        End
    End
    idx=1
    For i=1:B and  $i \neq j$ 
        Initialize  $n_{j,i}^{(s)} = 1$  for  $s=1,2,..., t_{j,i}$ 
        Set  $n_{j,i}^{(\text{idx})} = n_{j,i}^{(\text{idx})} + (K_j - t_{j,i})$ 
         $\text{idx} = \text{idx} + (K_j - t_{j,i})$ 
    End
End

```

청구항 14

제 9 항에 있어서, 상기 수신 빔포밍 행렬은,

하기 수학식의 방정식으로부터 구해지는 수신 빔포밍 벡터들로 구성됨을 특징으로 하는 신호 수신 방법.

$$\begin{aligned} \mathbf{q}_{j,i,m}^{(1)} &= \mathbf{H}_i^{[1,j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]} \\ \mathbf{q}_{j,i,m}^{(2)} &= \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]} \\ &\vdots \\ \mathbf{q}_{j,i,m}^{(t_{j,i})} &= \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+\dots+n_{j,i}^{(t_{j,i}-1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+\dots+n_{j,i}^{(t_{j,i}-1)},j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[K_j,j]H} \mathbf{u}_m^{[K_j,j]} \end{aligned}$$

여기서 $\mathbf{q}_{j,i,m}^{(s)}$ 는 i번째 기지국에서 j번째 셀의 사용자들에게 미치는 s번째 유효 ICI 채널을 구성하는 m번째 기저 벡터이며, $\mathbf{H}_i^{[k,j]}$ 는 i번째 기지국과 j번째 셀의 k번째 사용자 사이의 채널 행렬을 나타내며, $\mathbf{u}_m^{[k,j]}$ 는 j번째 셀의 k번째 사용자가 받게 될 m번째 데이터 스트림에 해당하는 수신 빔포밍 벡터임.

청구항 15

제 9 항에 있어서, 상기 송신 프리코딩 행렬은,

하기 수학식에 의해 정해지는 송신 프리코딩 벡터들로 이루어짐을 특징으로 하는 신호 송신 방법.

$$[\mathbf{IUI}, \mathbf{ICI}, \mathbf{ISI}]^H \mathbf{v}_m^{[k,i]} = 0$$

$$\begin{aligned} \mathbf{IUI} &= [\mathbf{H}_i^{[1,i]H} \mathbf{U}^{[1,i]}, \dots, \mathbf{H}_i^{[k-1,i]H} \mathbf{U}^{[k-1,i]}, \mathbf{H}_i^{[k+1,i]H} \mathbf{U}^{[k+1,i]}, \dots, \mathbf{H}_i^{[K_i,i]H} \mathbf{U}^{[K_i,i]}] \\ \mathbf{ICI} &= [\mathbf{Q}_{1,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{1,i}^{(t_{1,i})}, \dots, \mathbf{Q}_{i-1,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{i-1,i}^{(t_{i-1,i})}, \mathbf{Q}_{i+1,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{i+1,i}^{(t_{i+1,i})}, \dots, \mathbf{Q}_{B,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{B,i}^{(t_{B,i})}] \\ \mathbf{ISI} &= [\mathbf{H}_i^{[k,i]H} \mathbf{u}_1^{[k,i]}, \dots, \mathbf{H}_i^{[k,i]H} \mathbf{u}_{m-1}^{[k,i]}, \mathbf{H}_i^{[k,i]H} \mathbf{u}_{m+1}^{[k,i]}, \dots, \mathbf{H}_i^{[k,i]H} \mathbf{u}_d^{[k,i]}] \end{aligned}$$

여기서 $\mathbf{v}_m^{[k,i]}$ 는 i번째 셀의 k번째 사용자가 m번째 데이터 스트림을 전송할 때 사용하는 송신 프리코딩 벡터이며, $\mathbf{H}_i^{[k,j]}$ 는 i번째 기지국과 j번째 셀의 k번째 사용자 사이의 채널 행렬을 나타내고, $\mathbf{u}_m^{[k,j]}$ 은 j번째 셀의 k번째 사용자가 받게 될 m번째 데이터 스트림에 해당하는 수신 빔포밍 벡터이며, $\mathbf{U}^{[k,j]}$ 는 d개의 데이터 스트림에

대한 수신 빔포밍 벡터들로 이루어진 수신 빔포밍 행렬이며, $\mathbf{Q}_{j,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{j,i}^{(t_{j,i})}$ 은 각 기지국에 대한 유효 ICI 채널 행렬임.

청구항 16

제 9 항에 있어서, 상기 피드백 정보는,

$\mathbf{H}_j^{[k,j]H} \mathbf{U}^{[k,j]}$ 를 포함하며, 여기서 $\mathbf{H}_i^{[k,j]}$ 는 i번째 기지국과 j번째 셀의 k번째 사용자 사이의 채널 행렬을 나타내고, $\mathbf{U}^{[k,j]}$ 는 j번째 셀의 k번째 사용자가 받게 될 d개의 데이터 스트림에 해당하는 수신 빔포밍 벡터 $\mathbf{u}_m^{[k,j]}$ 로 이루어진 수신 빔포밍 행렬인 것을 특징으로 하는 신호 송신 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서, 상기 피드백 정보는,

B개의 기지국들에 대한 유효 ICI 채널의 기저 벡터 $q_{j,i,m}^{(s)}$ 로 이루어진 유효 ICI 채널 행렬

$Q_{j,i}^{(1)}, \dots, Q_{j,i}^{(t_{j,i})}$ 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 신호 송신 방법.

청구항 18

다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 수신하기 위한 장치에 있어서,

다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들의 개수 B와 사용자가 속한 j번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 상기 j번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 를 결정하고, 상기 셀들의 개수 B와 상기 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 에 근거하여 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 를 결정하는 매개 변수 생성부와,

상기 j번째 셀의 기지국 및 타 기지국들로부터 송출되는 참조 신호에 근거하여 추정된, 상기 j번째 셀의 사용자들과 각 기지국 간의 채널 행렬에 대한 정보를 획득하는 채널 추정부와,

상기 $t_{j,i}$ 와 $n_{j,i}^{(s)}$ 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 상기 타 기지국들에서 상기 j번째 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 수신 빔포밍 행렬을 결정하는 수신 빔포밍 행렬 생성부와,

상기 채널 행렬과 상기 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 상기 j번째 셀의 기지국으로 전송하는 피드백부를 포함하며,

상기 결정된 수신 빔포밍 행렬은 상기 j번째 셀의 기지국으로부터의 신호를 수신하는데 이용되는 것을 특징으로 하는 신호 수신 장치.

청구항 19

다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 송신하기 위한 장치에 있어서,

다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들 내에 위치하는 사용자들로부터, 타 기지국들에서 j번째 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 상기 셀들 내의 사용자에게 의해 결정된 채널 행렬 및 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 수신하는 피드백 수집부와,

상기 피드백 정보를 이용하여 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들 중 j번째 셀 내에 위치하는 각 사용자로 전송될 데이터 스트림들에 대한 송신 프리코딩 행렬을 결정하는 송신 프리코딩 행렬 생성부를 포함하며,

상기 송신 프리코딩 행렬은 상기 j번째 셀 내의 사용자들에게 신호를 송신하는데 사용되고,

상기 유효 ICI 채널들과 상기 수신 빔포밍 행렬은, 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 정해지며,

상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 상기 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는, 상기 셀들의 개수 B와 j번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 상기 j번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 에 근거하여 결정되며,

상기 j번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 는, 상기 셀들의 개수 B와 상기 j번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터

결정됨을 특징으로 하는 신호 송신 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 다중 셀룰러 네트워크에서 신호의 송수신에 관한 것으로서, 특히, 다수의 셀들이 존재하는 네트워크에서 셀들이 간섭 신호의 영향을 최소화하면서 동시에 신호를 송신 및 수신할 수 있도록 하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 다중 셀룰러 네트워크에서는 무선 자원의 효율을 극대화하기 위해 동일한 무선 자원(시간, 주파수, 혹은 코드)을 사용하여 각 기지국이 다수의 사용자들(즉 사용자 단말들)에게 동시에 신호를 전송한다. 때문에 셀 내의 사용자 간 간섭 신호(inter-user interference, 이하 'IUI'로 칭한다) 뿐만 아니라 타 셀로부터의 간섭 신호(inter-cell interference, 이하 'ICI'로 칭한다)로 인해 전체 네트워크의 성능이 감소될 수 있다.

[0003] 이러한 다중 셀룰러 네트워크에서 시스템의 처리량을 증가시키기 위한 다양한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 특히 기지국(BS: base station) 간에 채널 혹은 데이터에 대한 정보를 공유하여 성능을 향상시키는 기술을 기지국 협력 통신이라고 한다. 하지만, 이와 같은 기지국 간의 협력을 기반으로 하는 이러한 통신 기술은 과도한 양의 백홀 인프라가 구축되어야 한다는 부담이 따른다.

[0004] 최근, 타 셀로부터 오는 간섭 신호를, 확보 가능한 신호 공간 중 일부의 부분 공간(subspace)(혹은 방향)으로 정렬시킴으로써, 간섭 신호의 영향을 받지 않는 부분 공간을 확보하는 간섭 정렬(Interference Alignment) 기법이 대두되고 있다. 간섭 정렬 기술의 신호 공간은 시간, 주파수, 혹은 안테나의 수를 확장시킴으로써 확보될 수 있는데, 안테나의 수를 확장시켜 다중 셀룰러 네트워크에서 간섭 정렬 기법을 적용시키는 기술이 연구되었다.

[0005] 그러나 종래 기술은 네트워크 내 셀의 개수로 2개로 제한하며 셀 내 사용자의 수 또한 2명으로 한정하고 있을 뿐, 셀의 개수와 셀 내 사용자의 수가 제한되지 않는 상황에 적용할 수 있는 간섭 정렬 기법에 대해서는 구체적인 방안을 제시하고 있지 않았다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 송수신하기 위한 방법 및 장치를 제공한다.

[0007] 본 발명은 다중 셀룰러 네트워크에서 셀의 개수와 셀 내 사용자의 수가 제한되지 않는 상황에 적용 가능한 신호의 송수신 방법 및 장치를 제공한다.

[0008] 본 발명은 다중 셀룰러 네트워크에서의 간섭 정렬 기술을 적용한 하향링크 신호의 송수신 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 방법은; 다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 수신하기 위한 방법에 있어서, 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들의 개수 B 와 사용자가 속한 j 번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 상기 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 를 결정하는 과정과, 상기 셀들의 개수 B 와 상기 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 에 근거하여 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 를 결정하는 과정과, 상기 j 번째 셀의 기지국 및 타 기지국들로부터 송출되는 참조 신호에 근거하여 추정된, 상기 j 번째 셀의 사용자들과 각 기지국 간의 채널 행렬에 대한 정보를 획득하는 과정과, 상기 $t_{j,i}$ 와 $n_{j,i}^{(s)}$ 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 상기 타 기지국들에서 상기 j 번째 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 수신 빔포밍 행렬을 결정하는 과정과, 상기 채널 행렬과 상기 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 상기 j 번째 셀의 기지국으로 전송하는 과정과, 상기 결정된 수신 빔포밍 행렬을 이용하여 상기 j 번째 셀의

기지국으로부터의 신호를 수신하는 과정을 포함한다.

[0010] 본 발명의 다른 실시예에 따른 방법은; 다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 송신하기 위한 방법에 있어서, 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들 내에 위치하는 사용자들로부터, 타 기지국들에서 j 번째 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 상기 셀들 내의 사용자에게 의해 결정된 채널 행렬 및 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 수신하는 과정과, 상기 피드백 정보를 이용하여 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들 중 j 번째 셀 내에 위치하는 각 사용자로 전송될 데이터 스트림들에 대한 송신 프리코딩 행렬을 결정하는 과정과, 상기 송신 프리코딩 행렬을 이용하여 상기 j 번째 셀 내의 사용자들에게 신호를 송신하는 과정을 포함하며, 상기 유효 ICI 채널들과 상기 수신 빔포밍 행렬은, 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 정해지며, 상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 상기 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는, 상기 셀들의 개수 B 와 j 번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 상기 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 에 근거하여 결정되며, 상기 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 는, 상기 셀들의 개수 B 와 상기 j 번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 결정된다.

[0011] 본 발명의 다른 실시예에 따른 장치는; 다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 수신하기 위한 장치에 있어서, 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들의 개수 B 와 사용자가 속한 j 번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 상기 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 를 결정하고, 상기 셀들의 개수 B 와 상기 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 에 근거하여 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 를 결정하는 매개 변수 생성부와, 상기 j 번째 셀의 기지국 및 타 기지국들로부터 송출되는 참조 신호에 근거하여 추정된, 상기 j 번째 셀의 사용자들과 각 기지국 간의 채널 행렬에 대한 정보를 획득하는 채널 추정부와, 상기 $t_{j,i}$ 와 $n_{j,i}^{(s)}$ 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 상기 타 기지국들에서 상기 j 번째 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 수신 빔포밍 행렬을 결정하는 수신 빔포밍 행렬 생성부와, 상기 채널 행렬과 상기 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 상기 j 번째 셀의 기지국으로 전송하는 피드백부를 포함하며, 상기 결정된 수신 빔포밍 행렬은 상기 j 번째 셀의 기지국으로부터의 신호를 수신하는데 이용된다.

[0012] 본 발명의 다른 실시예에 따른 장치는; 다중 셀룰러 네트워크에서 신호를 송신하기 위한 장치에 있어서, 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들 내에 위치하는 사용자들로부터, 타 기지국들에서 j 번째 셀의 사용자들에 미치는 유효 ICI 채널들과 상기 셀들 내의 사용자에게 의해 결정된 채널 행렬 및 수신 빔포밍 행렬을 나타내는 피드백 정보를 수신하는 피드백 수집부와, 상기 피드백 정보를 이용하여 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들 중 j 번째 셀 내에 위치하는 각 사용자로 전송될 데이터 스트림들에 대한 송신 프리코딩 행렬을 결정하는 송신 프리코딩 행렬 생성부를 포함하며, 상기 송신 프리코딩 행렬은 상기 j 번째 셀 내의 사용자들에게 신호를 송신하는데 사용되고, 상기 유효 ICI 채널들과 상기 수신 빔포밍 행렬은, 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 및 상기 채널 행렬에 대한 정보를 참조하여 정해지며, 상기 각 타 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 상기 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는, 상기 셀들의 개수 B 와 j 번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 상기 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 에 근거하여 결정되며, 상기 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 는, 상기 셀들의 개수 B 와 상기 j 번째 셀 내의 사용자 수 K_j 로부터 결정된다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 개시된 실시예에 따른 기술은 셀의 개수와 셀 내 사용자의 수가 제한되지 않는 다중 셀룰러 하향링크 네트워크에 간접 정렬 기법을 적용할 수 있도록 함으로써 신호의 송수신 성능을 향상시킬 수 있다. 더불어 송수신에 사용될 안테나의 개수가 불필요하게 증가하지 않도록 하여 기지국 및 단말에서의 자원 낭비를 방지한다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 다중 셀룰러 네트워크 시스템을 나타낸 도면.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 수신 빔포밍 행렬을 생성하기 위한 수신기의 동작을 도시한 순서도.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 송신 프리코딩 행렬을 생성하기 위한 송신기의 동작을 도시한 순서도.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 정렬을 기반으로 하는 기지국과 사용자 단말 간의 신호 흐름도.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 송신 프리코딩 행렬을 생성하는 송신기의 구조를 나타낸 블록도.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 수신 빔포밍 행렬을 생성하는 수신기의 구조를 나타낸 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 그리고, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략한다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0016] 다중 셀룰러 네트워크에서 2개 이상의 셀들과 각 셀 내에 2명 이상의 사용자들이 존재하는 상황에 적용 가능한 송수신 방법 및 장치를 설명한다.
- [0017] 다중 셀룰러 네트워크의 시스템은 다수의 기지국과 각 기지국에 포함되어 있는 다수의 사용자, 다수의 기지국과 각 기지국에 포함되어 있는 다수의 중계국(RS: relay station), 혹은 다수의 중계국과 각 중계국에 포함되어 있는 다수의 사용자로 이루어질 수 있다. 하향링크에서 각 기지국 혹은 각 중계기는 송신기가 되며, 각 사용자 즉 사용자 단말은 수신기가 된다.
- [0018] 수신기 내의 수신 빔포밍 장치는 네트워크 전체의 자유도(degrees of freedom, 이하 'DOF'로 칭한다) 혹은 다중화 이득(multiplexing gain)을 최대화시키기 위하여 ICI 채널 정보를 이용하여 계산되는 수신 빔포밍 행렬을 생성한다. 송신기 내의 송신 프리코딩 장치는 사용자 간 간섭 신호(IUI), 셀 간 간섭 신호(ICI), 또한 한 사용자에게 다수의 데이터 스트림을 전송할 경우 야기될 수 있는 스트림 간 간섭 신호(inter-stream interference, 이하 'ISI'로 칭한다)를 제거시킬 수 있는 송신 프리코딩 행렬을 생성한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 셀룰러 네트워크 시스템을 나타낸 도면이다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 다중 셀룰러 네트워크 시스템은 B개의 기지국(102,126)에 의해 각각 제어되는 B개의 셀(112,114,116)로 이루어진다. 여기서 각 기지국(102,126)은 하나 혹은 복수의 셀들을 관리할 수 있으나, 여기에서는 편의를 위해 하나의 기지국에 하나의 셀들이 종속되는 구조를 도시하였다. j번째 셀은 M_j개의 안테나를 가지는 j번째 기지국(102,104,106)과 N_j개의 안테나를 가지는 K_j명의 사용자(122,124,126), 즉 사용자 [1,j] 내지 사용자 [K_j,j]를 포함한다.
- [0021] 상기와 같이 구성되는 네트워크 내에서 셀들이 동일한 무선 자원을 활용하는 경우, ISI, IUI와 ICI가 발생하게 된다. 따라서 이러한 간섭 신호를 효과적으로 제거하여 시스템의 성능을 높이기 위해서 간섭 정렬 기법을 사용할 수 있다. 간섭 정렬 기법은 복수의 ICI 채널들을 가능한 한 최소 개수의 유효 ICI 채널들로 매핑(즉 정렬)시켜, 간섭 제거를 단순화시킬 수 있는 기술이다. 간섭 정렬은 주파수, 시간 및 공간(즉 안테나)을 포함하는 여러 공간 내에서 이루어질 수 있으며, 유효 ICI 채널은 특정 부분 공간에 대응한다.
- [0022] 먼저 수신 빔포밍 장치는 타 셀들로부터 오는 ICI 채널들을 효과적으로 정렬시키는 수신 빔포밍 행렬을 생성한다. 그러면 송신 프리코딩 장치는 수신 빔포밍 장치로부터의 피드백을 참조하여, ISI, IUI와 ICI를 제거할 수 있는 송신 프리코딩 행렬을 생성한다. 송신 프리코딩 장치와 수신 빔포밍 장치는 또한, 유효 ICI 채널들의 개수를 고려하여, 보유하고 있는 물리적인 안테나들 중에서, 하향링크 송수신을 위해 실제로 사용할 송,수신 안테나들의 개수를 결정할 수 있다.
- [0023] 첫 번째로, 수신 빔포밍 행렬을 생성하는 알고리즘에 대해 설명하기로 한다.

[0024] 수신 빔포밍 행렬은 타 셀로부터 오는 ICI 채널을 유효 ICI 채널로 정렬시키는 역할을 하게 된다. j번째 셀의 사용자들에게로 오는 ICI 채널은 총 $(B-1)K_j$ 개가 된다. 이를 S_j 개의 유효 ICI 채널로 정렬시키게 된다. 여기서 S_j 를 결정하는 방법은 안테나의 수를 결정하는 수학적식들로부터 유도되기 때문에 후에 좀 더 구체적으로 설명하도록 한다.

[0025] i번째 기지국에서(여기서 $i \neq j$) j번째 셀의 사용자들에게 미치는 유효 ICI 채널의 개수를 $t_{j,i}$ 라고 하면 K_j 개의 ICI 채널은 $t_{j,i}$ 개의 유효 ICI 채널로 정렬된다. i번째 기지국에서 j번째 셀의 사용자들에게 미치는 s번째 유효 ICI 채널은 다음 <수학적식 1>의 행렬로 표현된다.

수학적식 1

$$\mathbf{Q}_{j,i}^{(S)} = [\mathbf{q}_{j,i,1}^{(S)}, \mathbf{q}_{j,i,2}^{(S)}, \dots, \mathbf{q}_{j,i,d}^{(S)}]$$

[0026]

[0027] 여기서 d는 각 사용자들이 받게 될 데이터 스트림의 개수를 나타낸다. m번째 기저 벡터 $\mathbf{q}_{j,i,m}^{(S)}$ 은 총 $n_{j,i}^{(s)}$ 개의 ICI 채널을 정렬시킨다. 이는 각 유효 ICI 채널에 매핑(정렬)되는 ICI 채널의 개수를 의미한다. 하나의 유효 ICI 채널에 너무 많은 수의 ICI 채널이 정렬되면 필요한 안테나의 개수가 불필요하게 증가되므로, $t_{j,i}$ 와 $n_{j,i}^{(s)}$ 가 효과적으로 결정되어야 한다.

[0028] 하기 <수학적식 2>는 $t_{j,i}$ 와 $n_{j,i}^{(s)}$ 를 결정하는 ICI 채널 할당 알고리즘의 일 예를 나타낸 것이다.

수학적식 2

```

For j=1:B
    If  $S_j/(B-1)$  is a natural number
         $t_{j,i}=S_j/(B-1)$  for  $i=1,2,\dots,B$  and  $i \neq j$ 
    Else
        Initialize  $t_{j,i}$  as  $t_{j,i}=\text{ceil}(S_j/(B-1))-1$  for  $i=1,2,\dots,B$  and  $i \neq j$ 
        Initialize  $Z=\{1,2,\dots,B\}$ 
        For loop=1:  $S_j-(B-1)(\text{ceil}(S_j/(B-1))-1)$ 
             $i_{\max}=\text{argmax}_{i \in Z, i \neq j} K_i$ 
             $Z = Z - \{i_{\max}\}$ 
             $t_{j,i_{\max}} = t_{j,i_{\max}} + 1$ 
        End
    End
    End
    idx=1
    For i=1:B and  $i \neq j$ 
        Initialize  $n_{j,i}^{(s)}=1$  for  $s=1,2,\dots, t_{j,i}$ 
        Set  $n_{j,i}^{(\text{idx})} = n_{j,i}^{(\text{idx})} + (K_j - t_{j,i})$ 
         $\text{idx}=\text{idx}+(K_j - t_{j,i})$ 
    End
End

```

[0029]

[0030] 상기 <수학식 2>에 따르면, 각 기지국에 의해 야기된 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 는 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널의 개수 S_j 를 타 기지국의 개수 $(B-1)$ 로 나눈 값과 동일하거나, 혹은 가능한 가깝도록 결정된다. 또한 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 는 수신 빔포밍 행렬이 항상 존재하기 위하여 다음과 같은 조건이 만족되도록 결정된다.

$$n_{j,i}^{(s)} < \left(\sum_{f_2=1}^{\tilde{s}-1} n_{j,\tilde{i}}^{(f_2)} + 2 \right) - \sum_{f_1=1}^{s-1} n_{j,i}^{(f_1)} \text{ if } \sum_{f_1=1}^{s-1} n_{j,i}^{(f_1)} \leq \sum_{f_2=1}^{\tilde{s}-1} n_{j,\tilde{i}}^{(f_2)} + 1 \text{ and } n_{j,\tilde{i}}^{(\tilde{s})} > 1$$

(여기서 $\tilde{i} \neq i, \tilde{s} = s$)

[0031]

[0032] 상기 <수학식 2>에서 결정된 $t_{j,i}$ 와 $n_{j,i}^{(s)}$ 를 바탕으로, i 번째 기지국에서 j 번째 셀의 사용자들에게 미치는 ICI 채널은 아래 <수학식 3>과 같이 유효 ICI 채널로 정렬된다.

수학식 3

$$\begin{aligned} \text{span}(\mathbf{q}_{j,i,m}^{(1)}) &= \text{span}(\mathbf{H}_i^{[1,j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]}) = \dots = \text{span}(\mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]}) \\ \text{span}(\mathbf{q}_{j,i,m}^{(2)}) &= \text{span}(\mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]}) = \dots = \text{span}(\mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]}) \\ &\vdots \\ \text{span}(\mathbf{q}_{j,i,m}^{(t_{j,i})}) &= \text{span}(\mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+\dots+n_{j,i}^{(t_{j,i}-1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+\dots+n_{j,i}^{(t_{j,i}-1)},j]}) = \dots = \text{span}(\mathbf{H}_i^{[K_j,j]H} \mathbf{u}_m^{[K_j,j]}) \end{aligned}$$

[0033]

[0034] 여기서 $\text{span}(A)=\text{span}(B)$ 는 A 의 열벡터로 이루어진 공간과 B 의 열벡터로 이루어진 공간이 동일함을, 다시 말해서 A 에 어떤 상수(a)를 곱한 결과와 B 에 어떤 상수(b)를 곱한 결과가 동일함을 의미한다. 또한 $H_i^{[k,j]}$ 는 i 번째 기지국과 j 번째 셀의 k 번째 사용자 사이의 채널 행렬을 나타내고, $\mathbf{u}_m^{[k,j]}$ 은 j 번째 셀의 k 번째 사용자가 받게 될 m 번째 데이터 스트림에 해당하는 수신 빔포밍 벡터이다. 이러한 수신 빔포밍 벡터는 다수의 스트림을 전송하는 경우 다음 <수학식 4>의 행렬로 표현된다.

수학식 4

$$\mathbf{U}^{[k,j]} = [\mathbf{u}_1^{[k,j]}, \dots, \mathbf{u}_d^{[k,j]}]$$

[0035]

[0036] i 번째 기지국에서 j 번째 셀의 첫번째 사용자에게 미치는 ICI 채널 $H_i^{[1,j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]}$ 부터 j 번째 셀의 $n_{j,i}^{(1)}$ 번째 사용자에게

$$\mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]}$$

미치는 ICI 채널 까지 총 $n_{j,i}^{(1)}$ 개의 ICI 채널들은 첫 번째 유효 ICI 채널 $\mathbf{q}_{j,i,m}^{(1)}$ 로

정렬된다. j 번째 셀의 $n_{j,i}^{(1)}+1$ 번째 사용자에게 미치는 ICI 채널 $\mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]}$ 부터

$n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)}$ 번째 사용자에게 미치는 ICI 채널 $\mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]}$ 까

지 총 $n_{j,i}^{(2)}$ 개의 ICI 채널들은 두 번째 유효 ICI 채널 $q_{j,i,m}^{(2)}$ 로 정렬된다. 이와 같이 i 번째 기지국에서 j 번째 셀의 사용자들에게 미치는 K_j 개의 ICI 채널들은 $t_{j,i}$ 개의 유효 ICI 채널 $q_{j,i,m}^{(1)}, q_{j,i,m}^{(2)}, \dots, q_{j,i,m}^{(t_{j,i})}$ 로 정렬된다.

[0037] <수학식 4>는 하기의 <수학식 5>와 같이 다시 쓸 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned} \mathbf{q}_{j,i,m}^{(1)} &= \mathbf{H}_i^{[1,j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[1,j]} \\ \mathbf{q}_{j,i,m}^{(2)} &= \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+1,j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+n_{j,i}^{(2)},j]} \\ &\vdots \\ \mathbf{q}_{j,i,m}^{(t_{j,i})} &= \mathbf{H}_i^{[n_{j,i}^{(1)}+\dots+n_{j,i}^{(t_{j,i}-1)},j]H} \mathbf{u}_m^{[n_{j,i}^{(1)}+\dots+n_{j,i}^{(t_{j,i}-1)},j]} = \dots = \mathbf{H}_i^{[K_j,j]H} \mathbf{u}_m^{[K_j,j]} \end{aligned}$$

[0038]

[0039] 위의 <수학식 5>은 다음 <수학식 6>과 같은 행렬식으로 표현될 수 있다.

수학식 6

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{A}_{j,1} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{j,2} & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{j,B} \end{bmatrix}}_{\Delta \mathbf{P}_j \in \mathbb{C}^{\{\sum_{i=1, i \neq j}^B K_j M_i\}} \times \{\sum_{i=1, i \neq j}^B t_{j,i} M_i + K_j N_j\}}} \begin{bmatrix} -\mathbf{H}_1^{[1,j]H} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \ddots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & -\mathbf{H}_1^{[K_j,j]H} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\mathbf{H}_{j-1}^{[1,j]H} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \ddots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & -\mathbf{H}_{j-1}^{[K_j,j]H} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\mathbf{H}_{j+1}^{[1,j]H} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \ddots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & -\mathbf{H}_{j+1}^{[K_j,j]H} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\mathbf{H}_B^{[1,j]H} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \ddots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & -\mathbf{H}_B^{[K_j,j]H} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{j,1}^{(1)} \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{j,1}^{(t_{j,1})} \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{j,j-1}^{(1)} \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{j,j-1}^{(t_{j,j-1})} \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{j,j+1}^{(1)} \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{j,j+1}^{(t_{j,j+1})} \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{j,B}^{(1)} \\ \vdots \\ \mathbf{Q}_{j,B}^{(t_{j,B})} \\ \mathbf{U}^{[1,j]} \\ \vdots \\ \mathbf{U}^{[K_j,j]} \end{bmatrix} = \mathbf{0}$$

[0040]

[0041]

여기서 $\mathbf{Q}_{j,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{j,i}^{(t_{j,i})}$ 는 i번째 기지국에서 j번째 셀의 사용자들에게 미치는 ICI 채널에 대한 유효 ICI 채널의 기저 벡터 $\mathbf{q}_{j,i,m}^{(s)}$ 로 이루어진 유효 ICI 채널 행렬이며, $\mathbf{U}^{[k,j]}$ 는 K_j 명의 사용자의 d개의 데이터 스트림에 대한 수신 빔포밍 벡터 $\mathbf{u}_m^{[k,j]}$ 로 이루어진 수신 빔포밍 행렬이다. 또한 $\mathbf{A}_{j,i}^{(s)}$ 는 $M_i \times M_i$ 의 크기를 가지는 $n_{j,i}^{(s)}$ 개의 단위행렬 $\mathbf{I}_{M_i}$ 과 $M_i \times M_i$ 의 크기를 가지는 $K_j - n_{j,i}^{(s)}$ 개의 영행렬 $\mathbf{0}_{M_i}$ 로 구성되고, $\mathbf{A}_{j,i}$ 는 $t_{j,i}$ 개의 $\mathbf{A}_{j,i}^{(s)}$ 들로 구성되며 다음 <수학식 7>과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 M_i 는 하향링크 송신에 사용되고 있는 송신 안테나의 개수를 의미한다.

수학식 7

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A}_{j,i}^{(1)} &= \left[\underbrace{\mathbf{I}_{M_i}, \dots, \mathbf{I}_{M_i}}_{M_i \times n_{j,i}^{(1)} M_i}, \underbrace{\mathbf{0}_{M_i}, \dots, \mathbf{0}_{M_i}}_{M_i \times (K_j - n_{j,i}^{(1)}) M_i} \right]^T \\
 \mathbf{A}_{j,i}^{(2)} &= \left[\underbrace{\mathbf{0}_{M_i}, \dots, \mathbf{0}_{M_i}}_{M_i \times n_{j,i}^{(1)} M_i}, \underbrace{\mathbf{I}_{M_i}, \dots, \mathbf{I}_{M_i}}_{M_i \times n_{j,i}^{(2)} M_i}, \underbrace{\mathbf{0}_{M_i}, \dots, \mathbf{0}_{M_i}}_{M_i \times (K_j - n_{j,i}^{(1)} - n_{j,i}^{(2)}) M_i} \right]^T \\
 &\vdots \\
 \mathbf{A}_{j,i}^{(t_{j,i})} &= \left[\underbrace{\mathbf{0}_{M_i}, \dots, \mathbf{0}_{M_i}}_{M_i \times (K_j - n_{j,i}^{(t_{j,i})}) M_i}, \underbrace{\mathbf{I}_{M_i}, \dots, \mathbf{I}_{M_i}}_{M_i \times n_{j,i}^{(t_{j,i})} M_i} \right]^T \\
 \mathbf{A}_{j,i} &= \left[\underbrace{\mathbf{A}_{j,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{A}_{j,i}^{(t_{j,i})}}_{K_j M_i \times t_{j,i} M_i} \right]^T
 \end{aligned}$$

[0042]

[0043] 수신 빔포밍 장치는, <수학식 6>의 행렬 방정식을 구함으로써, 유효 ICI 채널 $\mathcal{Q}_{j,i}^{(t_{j,i})}$ 과 수신 빔포밍 행렬 $\mathbf{U}^{[i,j]}$ 를 구할 수 있다.

[0044] 두 번째로, 송신 프리코딩 행렬을 생성하는 알고리즘에 대해 설명하기로 한다.

[0045] 송신 프리코딩 행렬을 IUI, ISI와 유효 ICI 채널들로 이루어진 신호 공간의 영공간(null space)에 놓이게 함으로써 각 사용자들에 해당하는 모든 간섭 채널을 제거할 수 있다. i번째 셀의 k번째 사용자가 m번째 데이터 스트림을 전송할 때 사용하는 송신 프리코딩 벡터는 하기 <수학식 8>을 만족시키는 $\mathbf{v}_m^{[k,i]}$ 을 생성함으로써 구할 수 있다.

수학식 8

$$[\mathbf{IUI}, \mathbf{ICI}, \mathbf{ISI}]^H \mathbf{v}_m^{[k,i]} = \mathbf{0}$$

[0046]

[0047] 상기 <수학식 8>에서 IUI, ICI, ISI는 수신기로부터의 피드백 정보를 통해 송신기의 송신 프리코딩 장치로 전달되며, 각각 다음 <수학식 9>와 같이 표현할 수 있다.

수학식 9

$$\begin{aligned} \mathbf{IUI} &= [\mathbf{H}_i^{[1,i]H} \mathbf{U}^{[1,i]}, \dots, \mathbf{H}_i^{[k-1,i]H} \mathbf{U}^{[k-1,i]}, \mathbf{H}_i^{[k+1,i]H} \mathbf{U}^{[k+1,i]}, \dots, \mathbf{H}_i^{[K_i,i]H} \mathbf{U}^{[K_i,i]}] \\ \mathbf{ICI} &= [\mathbf{Q}_{1,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{1,i}^{(t_{1,i})}, \dots, \mathbf{Q}_{i-1,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{i-1,i}^{(t_{i-1,i})}, \mathbf{Q}_{i+1,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{i+1,i}^{(t_{i+1,i})}, \dots, \mathbf{Q}_{B,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{B,i}^{(t_{B,i})}] \\ \mathbf{ISI} &= [\mathbf{H}_i^{[k,i]H} \mathbf{u}_1^{[k,i]}, \dots, \mathbf{H}_i^{[k,i]H} \mathbf{u}_{m-1}^{[k,i]}, \mathbf{H}_i^{[k,i]H} \mathbf{u}_{m+1}^{[k,i]}, \dots, \mathbf{H}_i^{[k,i]H} \mathbf{u}_d^{[k,i]}] \end{aligned}$$

[0048]

[0049] IUI는 $M_i \times d(K_i-1)$ 의 크기를 가지는 행렬로서, K_i 명의 사용자에게 대한 채널 행렬 $\mathbf{H}_i^{[k,i]}$ 와 수신 빔포밍 행렬 $\mathbf{U}^{[k,i]}$ 로 나타낸다. 여기서 K_i 는 i 번째 기지국 내에 위치하는 사용자의 수를 의미한다. ICI는

$$M_i \times d \sum_{j=1, j \neq i}^B t_{j,i}$$

의 크기를 가지는 행렬로서, i 번째 기지국이 각 기지국에 대해 미치는 간섭에 대응하

는 유효 ICI 채널 행렬 $\mathbf{Q}_{j,i}^{(1)}, \dots, \mathbf{Q}_{j,i}^{(t_{j,i})}$ (여기서 $j=1, \dots, B$ 및 $j \neq i$)를 나타낸다. ISI는 $M_i \times (d-1)$ 의 크

기를 가지는 행렬로서, k 번째 사용자에게 대한 채널 행렬 $\mathbf{H}_i^{[k,i]}$ 와 k 번째 사용자의 m 번째 스트림을 제외한 나머지

$d-1$ 개의 데이터 스트림에 대응하는 수신 빔포밍 벡터 $\mathbf{u}_{\tilde{m}}^{[k,i]}$ for $\tilde{m} \neq m$ 를 나타낸다.

[0050] 위와 같은 송신 프리코딩 행렬과 수신 빔포밍 행렬에 대하여, i 번째 기지국에서 사용할 송신 안테나의 수 M_i 와 j 번째 셀 내의 사용자에게 사용할 수신 안테나의 수 N_j 는 각각 다음의 <수학식 10>과 같이 구해질 수 있다.

수학식 10

$$M_i \geq \left\{ d(K_i - 1) + d \sum_{j=1, j \neq i}^B t_{j,i} + (d - 1) \right\} + 1$$

[0051]

수학식 11

$$N_j \geq \frac{\left\{ \sum_{i=1, i \neq j}^B K_j M_i \right\} - \left\{ \sum_{i=1, i \neq j}^B t_{j,i} M_i \right\} + d}{K_j}$$

[0052]

[0053] 다중 셀룰러 네트워크에서 수신기의 안테나 수는 일반적으로 송신기의 안테나 수와 같거나 그보다 적다. 따라서, 위의 <수학식 10>은 다음의 <수학식 12>과 같이 다시 표현될 수 있다.

수학식 12

$$M_{\min} \geq N_j \geq \frac{\left\{ \sum_{i=1, i \neq j}^B K_j M_i \right\} - \left\{ \sum_{i=1, i \neq j}^B t_{j,i} M_i \right\} + d}{K_j} \geq \frac{\left\{ \sum_{i=1, i \neq j}^B K_j M_{\min} \right\} - \left\{ \sum_{i=1, i \neq j}^B t_{j,i} M_{\min} \right\} + d}{K_j}$$

$$M_{\min} \geq \frac{\{(B-1)K_j - S_j\}M_{\min} + d}{K_j}$$

[0054]

[0055] 또한 j번째 셀의 사용자들에게로 오는 ICI 채널은 총 (B-1)K_j개이고 이는 S_j보다 작을 수 없다. 따라서 <수학식 12>로부터 S_j의 상한과 하한을 다음 <수학식 13>과 같이 구할 수 있다.

수학식 13

$$(B-2)K_j + 1 \leq S_j \leq (B-1)K_j$$

[0056]

[0057] S_j는 <수학식 13>를 만족하는 범위 내에서 정해질 수 있다.

[0058] 일 실시예로서, 각 기지국으로 피드백해야 하는 유효 ICI 채널 정보의 양을 최소화하기 위하여, S_j는 <수학식 14>와 같이 하한 값으로서 선택될 수 있다.

수학식 14

$$S_j = (B-2)K_j + 1$$

[0059]

[0060] 다른 실시예로서 구현하는 목적에 따라 <수학식 13>을 만족하는 범위 내에서 다양하게 S_j의 값이 선택될 수 있다.

[0061] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 수신 빔포밍 행렬을 생성하기 위한 수신기의 동작을 도시한 순서도이다.

[0062] 도 2를 참조하면, 과정 202에서 수신기는 다중 셀룰러 네트워크에 속한 셀들의 개수 B와 자신이 속한 현재 셀(즉 j번째 셀) 내의 사용자 수 K_j로부터 j번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j를 결정한다. 상기 전체 유효 ICI 채널 개수는 일 예로서 <수학식 14>와 같이 계산될 수 있다. 과정 204에서 수신기는 각 타 기지국에 의한 유효 ICI 채널의 개수 t_{j,i}와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 n_{j,i}^(s)를 결정한다. 일 예로서 t_{j,i}와 n_{j,i}^(s)는 <수학식 2>의 알고리즘과 같이 타 기지국 별로 가능한한 균등하게, 각 유효 ICI 채널 별로 가능한한 균등하게 결정될 수 있다.

[0063] 과정 206에서 수신기는 자신이 속한 j번째 셀의 기지국 및 타 기지국들로부터 송출되는 참조 신호(reference signals)를 수신하여 수신기와 각 기지국 간의 채널(채널 행렬)을 추정한다. 더불어 수신기는 j번째 셀의 다른 수신기들에 의해 추정된 채널 행렬에 대한 정보를 획득할 수 있다. 이러한 다른 수신기들의 채널 행렬은 일 예로서 j번째 셀의 기지국을 통해 전달되거나 혹은 수신기들 간의 직접 통신(Device-to-Device communication)을 통해 획득될 수 있다.

[0064] 과정 208에서 수신기는 t_{j,i}와 n_{j,i}^(s) 및 상기 채널 행렬에 근거하여 타 기지국들에서 j번째 셀의 사용자들에 미

치는 유효 ICI 채널들(유효 ICI 채널 행렬들)과 수신 빔포밍 행렬을 <수학식 5> 혹은 <수학식 6>의 방정식에 따라 결정한다.

[0065] 과정 210에서 수신기는 채널 행렬과 유효 ICI 채널들 및 수신 빔포밍 행렬을 포함하는 IUI, ICI 및 ISI를 나타내는 채널 정보 피드백을 상기 수신기가 속한 셀의 기지국, 즉 송신기로 전송한다. 채널 정보 피드백은 피드백되는 정보의 양을 줄이기 위한 다양한 포맷으로 구성될 수 있다.

[0066] 과정 212에서 수신기는 각 셀 내의 사용자 수 K_i 와 i 번째 기지국이 각 타 기지국에 대해 미치는 간섭에 대응하는 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 사용자로 전송되는 데이터 스트림의 개수 d 를 이용하여, 일 예로서 <수학식 10>에 따라 각 기지국에 대한 송신 안테나 개수 M_i 를 결정하고, M_i 와 자신의 셀 내의 사용자 수 K_j 및 각 타 기지국에 의한 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 를 이용하여, 일 예로서 <수학식 11>에 따라 수신기에서 신호의 수신에 사용할 수신 안테나의 개수 N_j 를 결정한다. j 번째 셀 내의 모든 수신기는 동일한 절차에 의해 N_j 를 결정할 수 있다.

[0067] 도시하지 않을 것이지만 이후 수신기는 상기 결정된 수신 빔포밍 행렬을 이용하여 N_j 개의 수신 안테나를 통해, 송신기로부터 데이터 스트림들을 담은 신호를 수신하게 된다.

[0068] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 송신 프리코딩 행렬을 생성하기 위한 송신기의 동작을 도시한 순서도이다.

[0069] 도 3을 참조하면, 과정 302에서 송신기는 자신의 셀 내의 각 사용자로부터 IUI, ICI 및 ISI를 나타내는 채널 정보 피드백을 수신한다. IUI, ICI 및 ISI는 채널 행렬과 유효 ICI 채널들 및 수신 빔포밍 행렬을 나타내며, 앞서 설명한 바와 같은 알고리즘에 의해 각 사용자들에서 구해질 수 있다. 다른 실시예로서 채널 정보 피드백은 각 사용자에게 의해 추정된 채널 행렬을 포함하며, 송신기는 채널 행렬 및 다른 매개 변수들(parameters)을 참조하여 각 사용자에게 대한 유효 ICI 채널들 및 수신 빔포밍 행렬을 결정하고, 결정된 결과를 각 사용자에게 통보할 수 있다.

[0070] 과정 304에서 송신기는 채널 정보 피드백에 포함된 IUI, ICI, ISI를 이용하여 일 예로서 <수학식 8>에 따라 각 데이터 스트림에 대한 송신 프리코딩 벡터를 결정한다. 송신 프리코딩 행렬은 모든 데이터 스트림에 대한 송신 프리코딩 벡터로 이루어진다. 과정 306에서 송신기는 채널 정보 피드백에 근거하여, 자신의 셀 내의 사용자 수 K_i 와 i 번째 기지국이 각 타 기지국에 대해 미치는 간섭에 대응하는 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 사용자들로 전송되는 데이터 스트림의 개수 d 를 이용하여, 일 예로서 <수학식 10>에 따라 송신 안테나 개수 M_i 를 결정한다.

[0071] 도시하지 않을 것이지만 이후 송신기는 상기 결정된 송신 프리코딩 행렬을 이용하여 M_i 개의 송신 안테나를 통해, 자신의 셀 내의 사용자들에게 데이터 스트림들을 담은 신호를 송신하게 된다.

[0072] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 정렬을 기반으로 하는 기지국과 사용자 단말 간의 신호 흐름을 도시한 것이다.

[0073] 도 4를 참조하면, 과정 402에서 B개의 기지국(102,106)에서는 번갈아 가며 채널 추정을 위한 참조 신호를 모든 사용자들(122,126)에게 전송한다. 과정 404에서 각 사용자의 수신기는 각 기지국으로부터 온 참조 신호를 사용하여 각 기지국과 각 사용자 간의 채널을 추정하고, 과정 406에서 앞서 언급했던 ICI 채널 할당 알고리즘을 통하여 $t_{j,i}$ 와 $n_{j,i}^{(s)}$ 를 결정하고, 이들 결정된 매개 변수들과 상기 추정된 채널을 이용하여 <수학식 6>의 행렬을 구성함으로써 유효 ICI 채널과 수신 빔포밍 행렬을 결정한다.

[0074] 과정 408에서 각 사용자는 채널 정보를 자신의 기지국으로 피드백한다. 이때 j 번째 셀의 k 번째 사용자는 자신이 속한 기지국(j 번째 셀의 기지국)이 아닌 타 기지국, 즉 i 번째 기지국(여기서 $i \neq j$)에게는

$Q_{j,i}^{(1)}, \dots, Q_{j,i}^{(t_{j,i})}$ 를 피드백하고, 자신이 속한 셀을 관리하는 j 번째 기지국에게는 $H_j^{[k,j]}U_j^{[k,j]}$ 를 피드백할

수 있다. 다른 실시예로서 각 사용자는 $Q_{j,i}^{(1)}, \dots, Q_{j,i}^{(t_{j,i})}$ 를 j 번째 셀의 기지국으로 피드백하며, j 번째 셀의 기지국은 상기 피드백된 정보를 타 기지국으로 전달할 수 있다. 그러면 각 기지국은 <수학식 9>에서 정의된 바와 같은 IUI와 ISI에 대한 정보를 자신의 셀의 사용자들로부터 피드백받게 되고, 타 셀의 사용자로부터 직접

혹은 타 셀의 기지국을 통해 타 셀의 사용자가 결정한 유효 ICI 채널에 대한 정보를 획득하게 된다. 이를 기반으로 과정 410에서 각 기지국은 송신 프리코딩 행렬을 생성하게 된다.

[0075] 도시하지 않을 것이지만, 각 기지국과 각 사용자는 상기의 절차를 통해 결정된 송신 프리코딩 행렬과 수신 빔포밍 행렬을 이용하여 하향링크 신호를 송수신하게 된다.

[0076] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 송신 프리코딩 행렬을 생성하는 송신기의 구조를 도시한 것으로서, 도시한 바와 같이 각 송신기는 송신 프리코딩 행렬 생성부(502)와 피드백 수집부(504)로 이루어진다. 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 수신 빔포밍 행렬을 생성하는 수신기의 구조를 도시한 것으로서, 도시한 바와 같이 각 수신기는 매개 변수 생성부(602), 채널 추정부(604), 수신 빔포밍 행렬 생성부(606), 피드백 부(608)로 구성된다.

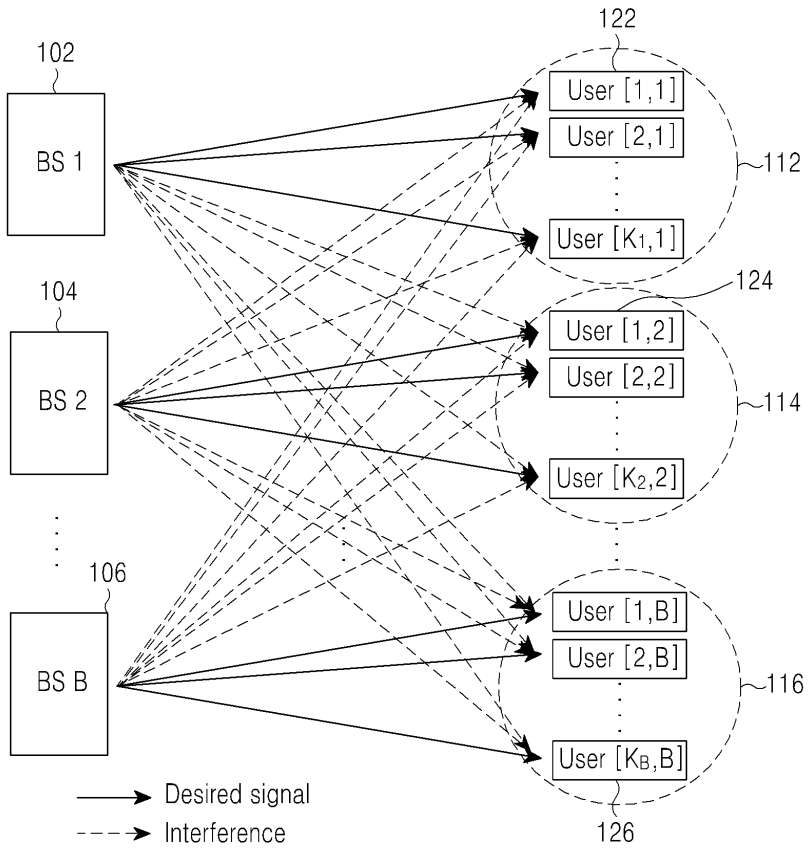
[0077] 먼저 수신기의 매개 변수 생성부(602)는 j 번째 셀의 전체 유효 ICI 채널 개수 S_j 를 결정하고, 앞서 설명한 ICI 채널 할당 알고리즘에 따라 각 타 기지국에 의한 유효 ICI 채널의 개수 $t_{j,i}$ 와 각 유효 ICI 채널에 정렬되는 ICI 채널의 개수 $n_{j,i}^{(s)}$ 를 결정한다. 채널 추정부(604)에서는 각 기지국과의 채널에 대한 정보를 추정하게 된다. 수신 빔포밍 행렬 생성부(606)는 상기 추정된 채널 정보를 이용하여 <수학식 6>과 같은 행렬식을 정의하고, 이를 통해 유효 ICI 채널과 수신 빔포밍 행렬을 생성한다. 피드백 부(608)는 상기 추정된 채널 정보와 유효 ICI 채널 및 수신 빔포밍 행렬을 피드백 정보에 담아 송신기로 전송한다.

[0078] 다음으로, 송신기의 피드백 수집부(504)는 자신의 셀 및/또는 타 기지국의 셀들 내에 위치하는 다수의 수신기들로부터 피드백 부(608)를 통하여 전송되는 피드백 정보를 취합하여 송신 프리코딩 행렬 생성부(502)로 전달한다. 송신 프리코딩 행렬 생성부(502)는 피드백 정보를 이용하여 <수학식 8>을 통해 송신 프리코딩 행렬을 생성한다.

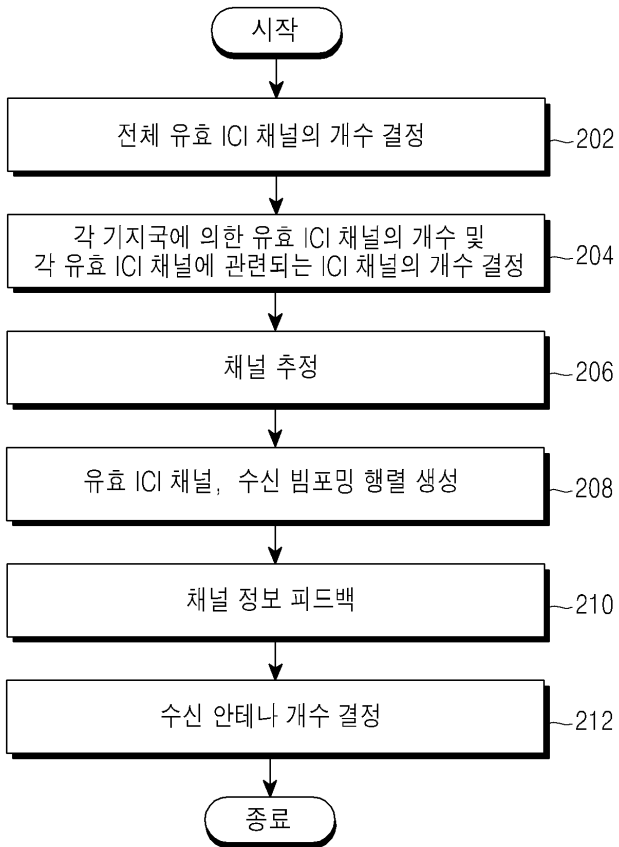
[0079] 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능하다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

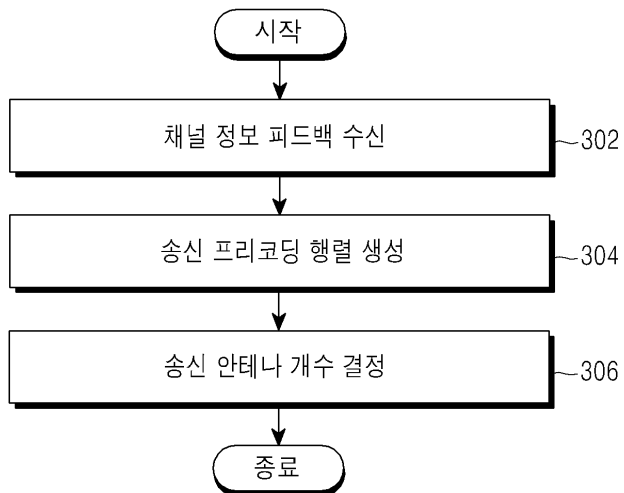
도면1



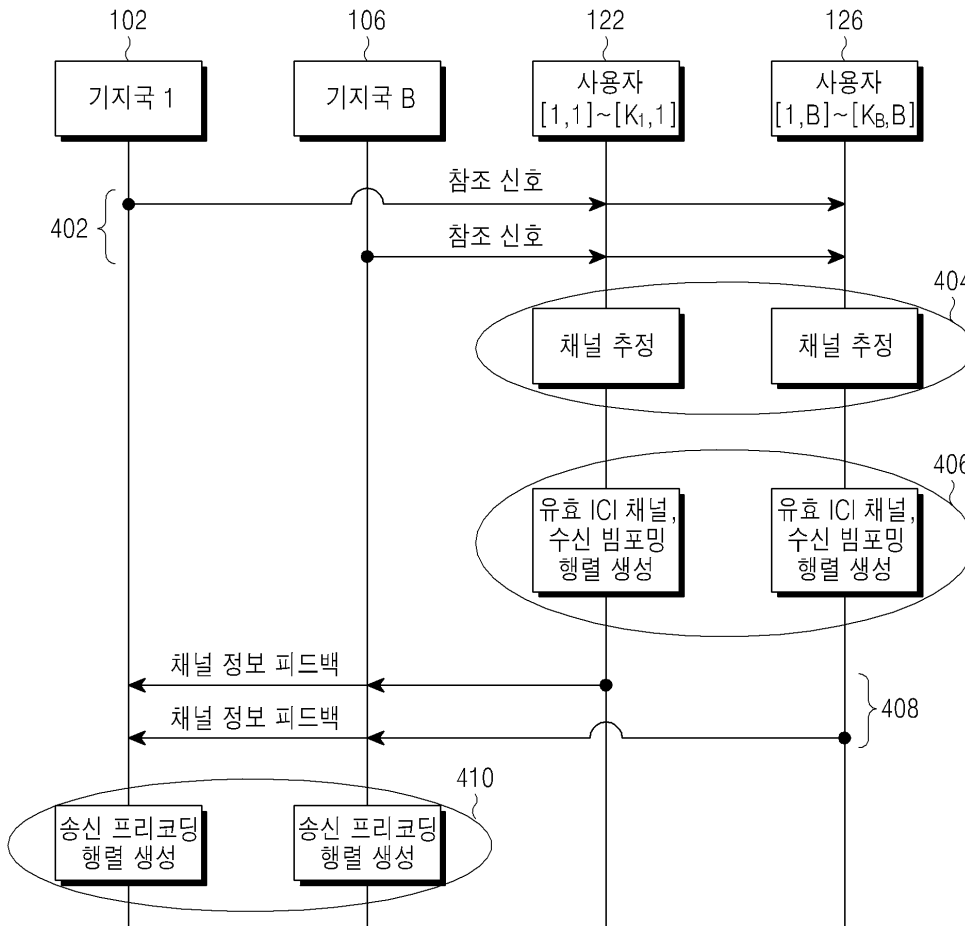
도면2



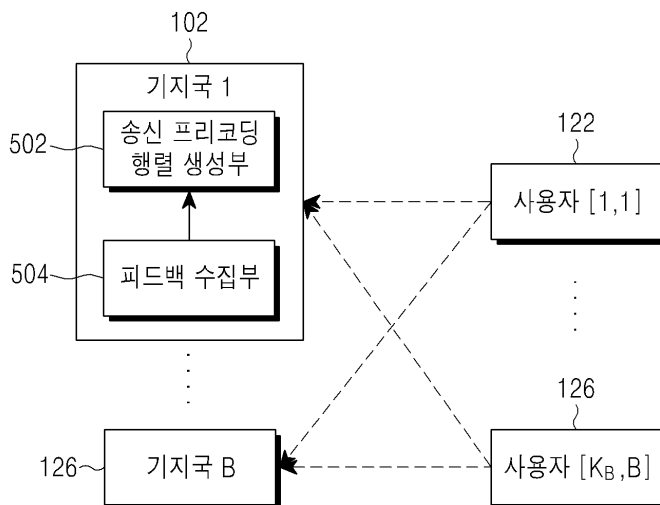
도면3



도면4



도면5



도면6

