



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103220080 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201210031525. 2

(22) 申请日 2012. 01. 18

(71) 申请人 上海贝尔股份有限公司

地址 201206 上海市浦东新区宁桥路 388 号

申请人 阿尔卡特朗讯

(72) 发明人 武露 杨红卫 米歇尔·佩吕耶罗
让-皮埃尔·巴莱什(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司
11287

代理人 刘国伟

(51) Int. Cl.

H04L 1/00 (2006. 01)

H04W 88/02 (2009. 01)

H04W 88/08 (2009. 01)

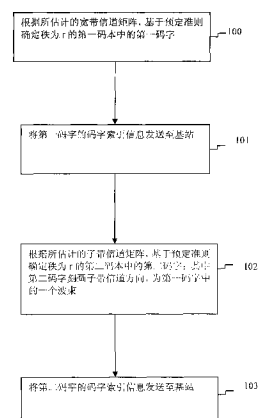
权利要求书4页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

用于量化信道状态信息的方法与装置

(57) 摘要

本发明揭示一种用于量化信道状态信息的方法与装置。根据本发明的一实施例,其提供从用户终端向基站提供码字索引的方法,该基站配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线。该方法包含:根据所估计的宽带信道矩阵,所述用户终端基于第一预定准则确定秩为 r 的第一码本中的第一码字;其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots, N_t$;将该第一码字的码字索引发送至该基站;对于每个子带,根据所估计的子带信道矩阵,用户终端基于第二预定准则确定秩为 r 的第二码本中的第二码字,其中第二码字刻画子带信道方向,为第一码字中的一个波束;及将第二码字的码字索引发送至基站。本发明可以较低的 PMI 反馈开销获得很高的系统性能增益。



1. 一种方法,其从用户终端向基站提供码字索引,所述基站配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线,包含:

根据所估计的宽带信道矩阵,所述用户终端基于第一预定准则确定秩为 r 的第一码本中的第一码字,其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots, N_t$;

将所述第一码字的码字索引发送至所述基站;

对于每个子带,根据所估计的子带信道矩阵,所述用户终端基于第二预定准则确定秩为 r 的第二码本中的第二码字,其中所述第二码字刻画子带信道方向,为所述第一码字中的一个波束;以及

将所述第二码字的码字索引发送至所述基站。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中包含该第一码字与第二码字的码字 W 中的第 r 列表示为:

$$W(:, r) = \text{diag}(D(:, r)) * W_{\text{tmp}}(:, r), r = 1, 2, \dots, N_t$$

其中 W_{tmp} 为所述秩为 r 的第一码本与第二码本中所述第一码字与第二码字的乘积, D 为哈达玛矩阵。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其中所述秩为 r 的第一码本 C_1 及其第 k 个第一码字 $W_1^{(k)}$ 为:

$$C_1 = \left\{ \mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \dots, \mathbf{W}_1^{\left(\frac{2(N-M)}{M}+1\right)} \right\}$$

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{\frac{Mk}{2} \bmod N} & \mathbf{b}_{(\frac{Mk}{2}+1) \bmod N} & \dots & \mathbf{b}_{(\frac{Mk}{2}+M-1) \bmod N} \end{bmatrix}, \quad k = 0, 1, \dots, \frac{2(N-M)}{M} + 1$$

;

其中所述波束 $\mathbf{b}_{\frac{Mk}{2} \bmod N}, \mathbf{b}_{(\frac{Mk}{2}+1) \bmod N}, \dots, \mathbf{b}_{(\frac{Mk}{2}+M-1) \bmod N}$ 表示为

$$\mathbf{b}_n = \begin{bmatrix} e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_0)} & e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_1)} & \dots & e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_{N_t-1})} \end{bmatrix}^T,$$

$n = \frac{Mk}{2} \bmod N, \dots, (\frac{Mk}{2} + M - 1) \bmod N$, R 是均匀圆阵列的半径, λ 是该基站发射的电磁

波的波长; N 是用来对该基站发射的电磁波的水平方位角 α 在整个相位空间上的量化的数目, $\alpha \in [0, 2\pi)$; M 是所述第一码字中的波束的数量; β_p 是该基站发射的电磁波的仰角 β 在整个相位空间上进行 P 个量化时的第 p 个值, $\beta \in [0, \pi)$, $p = 0, 1, \dots, P-1$ 。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中所述秩为 r 的第二码本 C_2 的第 i 个第二码字 $W_2^{(i)}$ 为:

$$W_2^{(i)} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{rN_t}} \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_i, \tilde{\mathbf{e}}_i, \dots, \tilde{\mathbf{e}}_i \end{bmatrix}, i = 0, 1, \dots, M-1 \right\},$$

其中 $\tilde{\mathbf{e}}$ 是除第 $i+1$ 个元素外均为 0 的 $M \times 1$ 基本向量。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中将所述第一码字的码字索引发送至所述基站的周期长于或等于将所述第二码字的码字索引发送至所述基站的周期。

6. 如权利要求 2 所述的方法,其中所述哈达玛矩阵的第一列为全 1 或全 -1。

7. 一种基站确定码字的方法,所述码字具有两级反馈结构,且所述基站配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线,包含:

接收秩为 r 的第一码本的第一码字的索引,其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots, N_t$;

接收秩为 r 的第二码本的第二码字的索引,其中所述第二码字刻画子带信道方向,为所述第一码字中的一个波束;

根据所述第一码字的索引,从所述秩为 r 的第一码本中确定所述第一码字;

根据所述第二码字的索引,从所述秩为 r 的第二码本中确定所述第二码字;以及

基于所述第一码字与第二码字最终确定所述码字。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述最终确定的码字 W 中的第 r 列表示为:

$$W(:, r) = \text{diag}(D(:, r)) * W_{\text{tmp}}(:, r), r = 1, 2, \dots, N_t$$

其中 W_{tmp} 为所述秩为 r 的第一码本与第二码本中所述第一码字与第二码字的乘积, D 为哈达玛矩阵。

9. 如权利要求 7 或 8 所述的方法,其中所述秩为 r 的第一码本 C_1 及其第 k 个第一码字 $W_1^{(k)}$ 为

$$C_1 = \left\{ \mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \dots, \mathbf{W}_1^{\left(\frac{2(N-M)}{M}+1\right)} \right\}$$

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{\frac{Mk}{2} \bmod N} & \mathbf{b}_{(\frac{Mk}{2}+1) \bmod N} & \dots & \mathbf{b}_{(\frac{Mk}{2}+M-1) \bmod N} \end{bmatrix}, \quad k = 0, 1, \dots, \frac{2(N-M)}{M} + 1$$

其中所述波束 $\mathbf{b}_{\frac{Mk}{2} \bmod N}, \mathbf{b}_{(\frac{Mk}{2}+1) \bmod N}, \dots, \mathbf{b}_{(\frac{Mk}{2}+M-1) \bmod N}$ 表示为

$$\mathbf{b}_n = \left[e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_0)}, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_1)}, \dots, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_{N_t-1})} \right]^T,$$

$n = \frac{Mk}{2} \bmod N, \dots, (\frac{Mk}{2} + M - 1) \bmod N$, R 是均匀圆阵列的半径, λ 是该基站发射的电磁

波的波长; N 是用来对该基站发射的电磁波的水平方位角 α 在整个相位空间上的量化的数目, $\alpha \in [0, 2\pi)$; β_p 是该基站发射的电磁波的仰角 β 在整个相位空间上进行 P 个量化时的第 p 个值, $\beta \in [0, \pi)$, $p = 0, 1, \dots, P-1$ 。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其中所述秩为 r 的第二码本 C_2 的第 i 个第二码字 $W_2^{(i)}$ 为:

$$W_2^{(i)} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{rN_t}} \left[\underbrace{\tilde{\mathbf{e}}_i, \tilde{\mathbf{e}}_i, \dots, \tilde{\mathbf{e}}_i}_r \right], i = 0, 1, \dots, M-1 \right\}$$

其中 $\tilde{\mathbf{e}}_i$ 是除第 $i+1$ 个元素外均为 0 的 $M \times 1$ 基本向量。

11. 如权利要求 8 所述的方法,其中所述哈达玛矩阵的第一列为全 1 或全 -1。

12. 一种用户终端,其向基站提供码字索引,所述基站配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线,所述用户终端包含:

第一码字确定装置,根据所估计的宽带信道矩阵,基于第一预定准则确定秩为 r 的

第一码本中的第一码字,其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots, N_t$;

第一码字索引发送装置,将所述第一码字的码字索引发送至所述基站;

第二码字确定装置,对于每个子带,根据所估计的子带信道矩阵,基于第二预定准则确定秩为 r 的第二码本中的第二码字,其中所述第二码字刻画子带信道方向,为所述第一码字中的一个波束;以及

第二码字索引发送装置,将所述第二码字的码字索引发送至所述基站。

13. 如权利要求 12 所述的用户终端,其中包含该第一码字与第二码字的码字 W 中的第 r 列表示为:

$$W(:, r) = \text{diag}(D(:, r)) * W_{\text{tmp}}(:, r), \quad r = 1, 2, \dots, N_t$$

其中 W_{tmp} 为所述秩为 r 的第一码本与第二码本中所述第一码字与第二码字的乘积, D 为哈达玛矩阵。

14. 如权利要求 12 或 13 所述的用户终端,其中所述秩为 r 的第一码本 C_1 及其第 k 个第一码字 $W_1^{(k)}$ 为:

$$C_1 = \left\{ \mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \dots, \mathbf{W}_1^{\left(\frac{2(N-M)}{M}+1\right)} \right\};$$

$$\mathbf{W}_1^{(k)} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{\frac{Mk}{2} \bmod N} & \mathbf{b}_{\left(\frac{Mk}{2}+1\right) \bmod N} & \dots & \mathbf{b}_{\left(\frac{Mk}{2}+M-1\right) \bmod N} \end{bmatrix}, \quad k = 0, 1, \dots, \frac{2(N-M)}{M} + 1$$

;

其中所述波束 $\mathbf{b}_{\frac{Mk}{2} \bmod N}, \mathbf{b}_{\left(\frac{Mk}{2}+1\right) \bmod N}, \dots, \mathbf{b}_{\left(\frac{Mk}{2}+M-1\right) \bmod N}$ 表示为

$$\mathbf{b}_n = \left[e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_0 \right)}, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_1 \right)}, \dots, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_{N_t-1} \right)} \right]^T,$$

$n = \frac{Mk}{2} \bmod N, \dots, \left(\frac{Mk}{2} + M - 1 \right) \bmod N$, R 是均匀圆阵列的半径, λ 是该基站发射的电磁波的波长; N 是用来对该基站发射的电磁波的水平方位角 α 在整个相位空间上的量化的数目, $\alpha \in [0, 2\pi)$; M 是所述第一码字中的波束的数量; β_p 是该基站发射的电磁波的仰角 β 在整个相位空间上进行 P 个量化时的第 p 个值, $\beta \in [0, \pi)$, $p = 0, 1, \dots, P-1$ 。

15. 如权利要求 14 所述的用户终端,其中所述秩为 r 的第二码本 C_2 的第 i 个第二码字 $W_2^{(i)}$ 为:

$$W_2^{(i)} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{rN_t}} \left[\underbrace{\tilde{\mathbf{e}}_i, \tilde{\mathbf{e}}_i, \dots, \tilde{\mathbf{e}}_i}_r \right], i = 0, 1, \dots, M-1 \right\},$$

其中 $\tilde{\mathbf{e}}_i$ 是除第 $i+1$ 个元素外均为 0 的 $M \times 1$ 基本向量。

16. 一种基站,配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线,其包含:

第一码字索引接收装置,接收秩为 r 的第一码本的第一码字的索引,其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots, N_t$;

第二码字索引接收装置,接收秩为 r 的第二码本的第二码字的索引,其中所述第二码字刻画子带信道方向,为所述第一码字中的一个波束;

第一码字确定装置,根据所述第一码字的索引,从所述秩为 r 的第一码本中确定所述第一码字;

第二码字确定装置,根据所述第二码字的索引,从所述秩为 r 的第二码本中确定所述第二码字;以及

最终码字确定装置,基于所述第一码字与第二码字最终确定码字。

17. 如权利要求 16 所述的基站,其中所述最终确定的码字 W 中的第 r 列表示为:

$$W(:, r) = \text{diag}(D(:, r)) * W_{\text{tmp}}(:, r), \quad r = 1, 2, \dots, N_t$$

其中 W_{tmp} 为所述秩为 r 的第一码本与第二码本中所述第一码字与第二码字的乘积, D 为哈达玛矩阵。

18. 如权利要求 16 或 17 所述的基站,其中所述秩为 r 的第一码本 C_1 及其第 k 个第一码字 $W_1^{(k)}$ 为:

$$C_1 = \left\{ W_1^{(0)}, W_1^{(1)}, W_1^{(2)}, \dots, W_1^{\left(\frac{2(N-M)}{M}+1\right)} \right\};$$

$$W_1^{(k)} = \left[b_{\frac{Mk}{2} \bmod N}, b_{\left(\frac{Mk}{2}+1\right) \bmod N}, \dots, b_{\left(\frac{Mk}{2}+M-1\right) \bmod N} \right], k = 0, 1, \dots, \frac{2(N-M)}{M} + 1;$$

其中所述波束 $b_{\frac{Mk}{2} \bmod N}, b_{\left(\frac{Mk}{2}+1\right) \bmod N}, \dots, b_{\left(\frac{Mk}{2}+M-1\right) \bmod N}$ 表示为

$$b_n = \left[e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_0 \right)}, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_1 \right)}, \dots, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_{N_t-1} \right)} \right]^T,$$

$n = \frac{Mk}{2} \bmod N, \dots, \left(\frac{Mk}{2} + M - 1 \right) \bmod N$, R 是均匀圆阵列的半径, λ 是该基站发射的电磁

波的波长; N 是用来对该基站发射的电磁波的水平方位角 α 在整个相位空间上的量化的数目, $\alpha \in [0, 2\pi)$; β_p 是该基站发射的电磁波的仰角 β 在整个相位空间上进行 P 个量化时的第 p 个值, $\beta \in [0, \pi)$, $p = 0, 1, \dots, P-1$ 。

19. 如权利要求 18 所述的基站,其中所述秩为 r 的第二码本 C_2 的第 i 个第二码字 $W_2^{(i)}$ 为:

$$W_2^{(i)} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{rN_t}} \left[\underbrace{\tilde{e}_i, \tilde{e}_i, \dots, \tilde{e}_i}_r \right], i = 0, 1, \dots, M-1 \right\}$$

其中 $\tilde{e}_i$ 是除第 $i+1$ 个元素外均为 0 的 $M \times 1$ 基本向量。

用于量化信道状态信息的方法与装置

技术领域

[0001] 本发明是关于一种用于信道状态信息的方法与装置,尤其是关于一种产生用于量化无线通信系统中信道状态信息的方法与装置。

背景技术

[0002] 众所周知,信道状态信息(CSI, Channel State Information)量化是频分复用(FDD, Frequency Division Duplex)系统中的一个关键问题,而均匀圆阵列(UCA, uniform circular array)则是一种常见的位于基站、如演进型节点基站(eNB, evolved Node Base)的天线结构,尤其是在用于热点(hotspot)覆盖的小的小区。由于缺乏适用于均匀圆阵列配置的码本,在量化用于均匀圆阵列的信道状态信息时,业内普遍使用原本为线性天线阵列设计的LTE Rel-10码本,而这势必会产生较大的量化误差。因此,业内亟需量化用于均匀圆阵列的信道状态信息的方法与装置。

发明内容

[0003] 本发明的一个目的在于提供一种量化无线通信系统中信道状态信息的方法与装置,其适用于均匀圆阵列配置,在保证系统性能的同时具有较低的反馈开销。

[0004] 根据本发明的一实施例,其提供从用户终端向基站提供码字索引的方法,该基站配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线。该方法包含:根据所估计的宽带信道矩阵,所述用户终端基于第一预定准则确定秩为 r 的第一码本中的第一码字;其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots, N_t$;将该第一码字的码字索引发送至该基站;对于每个子带,根据所估计的子带信道矩阵,用户终端基于第二预定准则确定秩为 r 的第二码本中的第二码字,其中第二码字刻画子带信道方向,为第一码字中的一个波束;及将第二码字的码字索引发送至基站。

[0005] 相应的,根据本发明的一实施例,其提供一种基站确定码字的方法。该方法包含:接收用户终端提供的秩为 r 的第一码本的第一码字的索引;接收用户终端提供的秩为 r 的第二码本的第二码字的索引;根据第一码字的索引,从秩为 r 的第一码本中确定第一码字;根据第二码字的索引,从秩为 r 的第二码本中确定第二码字;及基于第一码字与第二码字确定最终的码字。

[0006] 根据本发明的一实施例,包含该第一码字与第二码字的码字 W 中的第 r 列表示为最终确定的码字 W 中的第 r 列表示为:

[0007] $W(:, r) = \text{diag}(D(:, r)) * W_{\text{tmp}}(:, r), r = 1, 2, \dots, N_t$

[0008] 其中 W_{tmp} 为所述秩为 r 的第一码本与第二码本中所述第一码字与第二码字的乘积, D 为哈达玛矩阵。在一实施例中,为实现嵌套特性,哈达玛矩阵的第一列为全1或全-1。在另一实施例中,秩为 r 的第一码本 C_1 及其第 k 个第一码字 $W_1^{(k)}$ 为:

$$[0009] \quad C_1 = \left\{ \mathbf{W}_1^{(0)}, \mathbf{W}_1^{(1)}, \mathbf{W}_1^{(2)}, \dots, \mathbf{W}_1^{\left(\frac{2(N-M)}{M}+1\right)} \right\}$$

$$[0010] \quad \mathbf{W}_1^{(k)} = \left[\mathbf{b}_{\frac{Mk}{2} \bmod N} \quad \mathbf{b}_{\left(\frac{Mk}{2}+1\right) \bmod N} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{\left(\frac{Mk}{2}+M-1\right) \bmod N} \right], \quad k = 0, 1, \dots, \frac{2(N-M)}{M} + 1;$$

[0011] 其中波束 $\mathbf{b}_{\frac{Mk}{2} \bmod N}$, $\mathbf{b}_{\left(\frac{Mk}{2}+1\right) \bmod N}$, $\dots, \mathbf{b}_{\left(\frac{Mk}{2}+M-1\right) \bmod N}$ 表示为:

$$[0012] \quad \mathbf{b}_n = \left[e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_0 \right)}, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_1 \right)}, \dots, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos \left(\frac{2\pi n}{N} - \theta_{N_t-1} \right)} \right]^T,$$

[0013] $n = \frac{Mk}{2} \bmod N, \dots, \left(\frac{Mk}{2} + M - 1 \right) \bmod N$, R 是均匀圆阵列的半径, λ 是该基站发射的电磁波的波长; N 是用来对该基站发射的电磁波的水平方位角 α 在整个相位空间上的量化的数目, $\alpha \in [0, 2\pi)$; β_p 是该基站发射的电磁波的仰角 β 在整个相位空间上进行 P 个量化时的第 p 个值, $\beta \in [0, \pi)$, $p = 0, 1, \dots, P-1$ 。

[0014] 在一实施例中, 秩为 r 的第二码本 C_2 的第 i 个第二码字 $\mathbf{W}_2^{(i)}$ 为:

[0015]

$$\mathbf{W}_2^{(i)} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{rN_t}} \left[\underbrace{\tilde{\mathbf{e}}_i, \tilde{\mathbf{e}}_i, \dots, \tilde{\mathbf{e}}_i}_r \right], i = 0, 1, \dots, M-1 \right\}$$

[0016] 其中 $\tilde{\mathbf{e}}$ 是除第 $i+1$ 个元素外均为 0 的 $M \times 1$ 基本向量。

[0017] 此外, 本发明还提供用于量化信道状态信息的装置。

[0018] 根据本发明的一实施例, 本发明还提供一用户终端, 其向基站提供码字索引, 基站配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线。该用户终端包含: 第一码字确定装置, 根据所估计的宽带信道矩阵, 基于第一预定准则确定秩为 r 的第一码本中的第一码字, 其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots, N_t$; 第一码字索引发送装置, 将第一码字的码字索引发送至基站; 第二码字确定装置, 对于每个子带, 根据所估计的子带信道矩阵, 基于第二预定准则确定秩为 r 的第二码本中的第二码字, 其中第二码字刻画子带信道方向, 为第一码字中的一个波束; 及第二码字索引发送装置, 将第二码字的码字索引发送至基站。

[0019] 根据本发明的一实施例, 本发明还提供一基站, 配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线。该基站包含: 第一码字索引接收装置, 接收秩为 r 的第一码本的第一码字的索引, 其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots$; 第二码字索引接收装置, 接收秩为 r 的第二码本的第二码字的索引, 其中第二码字刻画子带信道方向, 为第一码字中的一个波束; 第一码字确定装置, 根据第一码字的索引, 从所述秩为 r 的第一码本中确定所述第一码字; 第二码字确定装置, 根据第二码字的索引, 从秩为 r 的第二码本中确定第二码字; 以及最终码字确定装置, 基于第一码字与第二码字最终确定码字。

[0020] 相较于现有技术, 通过在均匀圆阵列配置中使用该发明的量化信道状态信息的方法与装置, 其以简单的量化方式, 在不增加预编码矩阵索引的反馈开销的情况下, 极大提高系统性能增益。

附图说明

- [0021] 图 1 是根据本发明一实施例的用户终端提供码字索引给基站的流程图；
- [0022] 图 2 是根据本发明一实施例的基站确定码字的流程图；
- [0023] 图 3 是根据本发明一实施例的用于量化信道状态信息的系统结构方块图。

具体实施方式

[0024] 为更好的理解本发明的精神，以下结合本发明的部分优选实施例对其作进一步说明。

[0025] 本发明的用于量化信道状态信息的方法和装置，提供包含两级反馈结构的码本。该码本包含两个预编码矩阵索引 (Precoding Matrix Indicator)，分别用于指示系统宽带的信道性能、及子带和 / 或短期的信道性能。在一实施例中，该量化信道状态信息的方法和装置用于均匀圆阵列配置。与 LTE Rel-10 码本相比，其可不增加预编码矩阵索引的反馈开销的情况下，显著提高系统性能。如本领域技术人员所了解的预编码矩阵索引与码字索引为相同概念，在本发明中会交替使用。

[0026] 根据本发明的一实施例，在下行链路多进多出 (MIMO, Multiple Input Multiple Output) 系统中，基站，如 eNB 装配有 N_t 根天线，且该 N_t 根天线为均匀圆阵列配置。针对各个秩 r , $r = 0, 1, \dots, N_t$ ，分别构建对应的码本。各不同秩 r 的码本分别包含相应的第一码本与第二码本，其中第一码本包含若干第一码字，表示对宽带信道方向估计的一组波束 (beam)，如 M 个相邻的波束；而第二码本包含若干第二码字，其选择第一码字中的一个波束用来刻画子带信道方向。而最终的码本，按照一定的规则基于第一码本和第二码本确定。具有不同秩的第一码本、第二码本、最终确定的码本，及最后码本的确定规则分别存储于基站与用户终端，用于量化信道状态信息。由用户终端提供量化信道状态信息的码字索引给基站，基站基于收到的码字索引确定码字而获得信道状态信息。

[0027] 如图 1 所示，在本发明的一实施例中，用户终端提供量化信道状态信息的码字索引给基站。在步骤 100 中，用户终端根据所估计的宽带信道矩阵，基于一预定准则，如本领域技术人员所了解的容量最大化准则或距离最小化准则等，确定秩为 r 的第一码本 C_1 中的第一码字，其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束， $r = 1, 2, \dots, N_t$ 。

[0028] 在步骤 101 中，用户终端将该确定的第一码字的码字索引发送至基站。

[0029] 而对于每个子带，在步骤 102 中，用户终端则根据所估计的子带信道矩阵，也基于一预定准则（该预定准则可与确定第一码字的预定准则相同或不同）确定秩为 r 的第二码本中的第二码字，该第二码字刻画子带信道方向，是第一码字中的一个波束。

[0030] 在步骤 103 中，用户终端将第二码字的码字索引也发送至基站。

[0031] 相应的，在基站侧，如图 2 所示，在步骤 200 基站接收秩为 r 的第一码本的第一码字的索引。

[0032] 在步骤 201 接收秩为 r 的第二码本的第二码字的索引。

[0033] 在步骤 202 并根据第一码字的索引，从秩为 r 的第一码本中确定该第一码字。

[0034] 在步骤 203 根据第二码字的索引，从秩为 r 的第二码本中确定该第二码字。

[0035] 为获得最终的信道状态信息，在步骤 204 基站基于第一码字与第二码字确定最终码字。

[0036] 根据本发明的一实施例，在量化信道状态信息时，对表示宽带信道方向估计的第

一码字的反馈周期要长于或对刻画子带信道方向的第二码字的反馈周期。换言之,将第一码字的码字索引发送至基站的周期长于或等于将第二码字的码字索引发送至基站的周期。基站在没有收到新的第一码字的索引情况下,会使用前一次的第一码字与新确定的第二码字来确定最终的码字。在第一码字的索引与第二码字的索引不包含其对应的码本的秩信息时,用户终端还需发送该秩信息给基站。

[0037] 此外,在确定第一码字的索引与第二码字的索引时,用户终端可使用不同的确定方式,如同时确定第一码字的索引、第二码字的索引;或先确定第一码字的索引,再确定第二码字的索引。

[0038] 相应的,上述实施例中的各步骤并不以书写的顺序而限定其实际的操作顺序,不应以此限定本发明的技术方案。

[0039] 以下进一步阐述根据本发明的一实施例,如何对信道状态信息进行量化,即产生用于量化信道状态信息的具有上述两级反馈结构的码本。

[0040] 根据本发明的一实施例,在下行链路多进多出(MIMO, Multiple Input Multiple Output)系统中,基站装配有 N_t 根天线,且该 N_t 根天线为均匀圆阵列配置,其中第 n 根天线的方位角为 θ_n 。由于各天线在同一圆周上均匀分配, θ_n 可表示为:

$$[0041] \quad \theta_n = \frac{2\pi}{N_t} n, \quad n = 0, 1, \dots, N_t - 1$$

[0042] 将该基站发射的电磁波的发射角(AoD, Angle of Departure)表示为 (α, β) ,其中 α 与 β 分别为该基站发射的电磁波的水平方位角和仰角。则基站至用户终端之间的信道矩阵的主要特征向量具有如下形式:

$$[0043] \quad \mathbf{v} = \left[e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta \cos(\alpha - \theta_0)}, e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta \cos(\alpha - \theta_1)}, \dots, e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta \cos(\alpha - \theta_{N_t-1})} \right]^T$$

(1)

[0044] 其中 $\alpha \in [0, 2\pi)$, $\beta \in [0, \pi)$, R 是均匀圆阵列的半径, λ 是基站发射的电磁波的波长。

[0045] 在本实施例中,基于该信道矩阵构建本发明的具有两级反馈结构的码本。针对各个秩 r $r = 0, 1, \dots, N_t$, 构建对应的码本,各不同秩 r 的码本,包含相应的第一码本 C_1 与第二码本 C_2 。其中第一码本 C_1 包含若干第一码字 $\mathbf{w}_1$,表示对宽带信道方向估计的一组波束(beam),如 M 个相邻的波束;而第二码本 C_2 包含若干第二码字 $\mathbf{w}_2$,其选择第一码字 $\mathbf{w}_1$ 中的一个波束用来刻画子带信道方向。

[0046] 可以将 α 与 β 在整个相位空间上分别均匀量化为 N 和 P 个值(在其它实施例中也可不进行均匀量化),即:

$$[0047] \quad \alpha = \frac{2\pi n}{N}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1;$$

$$[0048] \quad \beta_p = \frac{\pi p}{P}, \quad p = 0, 1, \dots, P-1;$$

[0049] 在 β_p (对 β 在整个相位空间上进行 P 个量化时的第 p 个值)确定时,则第一码本 C_1 中的第一码字 $\mathbf{w}_1$ 中的波束表示为

$$b_n = \left[e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_0)}, e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_1)}, \dots, e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \sin \beta_p \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_{N_i-1})} \right]^T$$

[0050]

(2)

[0051] 通常出于简化考虑, 仰角 β 设为 $\beta = \frac{\pi}{2}$ 。因此等式 (2) 变为:

$$b_n = \left[e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_0)}, e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_1)}, \dots, e^{-j\frac{2\pi R}{\lambda} \cos(\frac{2\pi n}{N} - \theta_{N_i-1})} \right]^T, \quad n = 0, 1, \dots, N-1$$

[0052]

(3)

[0053] 当第一码字 W_1 包含 M 个相邻波束时, 则第一码本 C_1 中的第 k 个第一码字 W_1 表示为:

$$W_1^{(k)} = \left[b_{\frac{Mk}{2} \bmod N}, b_{(\frac{Mk}{2}+1) \bmod N}, \dots, b_{(\frac{Mk}{2}+M-1) \bmod N} \right], \quad k = 0, 1, \dots, \frac{2(N-M)}{M} + 1$$

[0054]

(4)

[0055] 本实施例中 k 代表第一码字 W_1 的索引, 并依需要经编码后进行存储和传输。

[0056] 第一码字 W_1 的第一码本 C_1 是

$$C_1 = \left\{ W_1^{(0)}, W_1^{(1)}, W_1^{(2)}, \dots, W_1^{\left(\frac{2(N-M)}{M}+1\right)} \right\}$$

[0057]

(5)

[0058] 在本实施例中设定秩为 1 至 N_i 的第一码本 C_1 都相同。在其它实施列中, 针对不同的秩可通过设定不同的 N 和 M 值获得不同的第一码本。

[0059] 第二码字 W_2 是选择具有相应秩的第一码字 W_1 中的一波束, 即等式 (4) 中的一列。因此, 秩为 1 的第二码本 C_2 中的第 i 个第二码字 W_2 是

$$W_2^{(i)} = \frac{1}{\sqrt{N_i}} [\tilde{e}_i], \quad i = 0, 1, \dots, M-1$$

[0060]

(6)

[0061] 其中 $\tilde{e}_i$ 是除第 $i+1$ 个元素外均为 0 的 $M \times 1$ 基本向量。相应的, 该秩为 1 的第二码本 C_2 表示为:

$$C_2 = \{W_2^{(0)}, W_2^{(1)}, \dots, W_2^{(M-1)}\} \quad (7)$$

[0062]

[0063] 对于具有更高秩 r 的第二码本 C_2 , 则其第 i 个第二码字 $W_2^{(i)}$ 表示为:

[0064]

$$W_2^{(i)} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{rN_i}} \left[\underbrace{\tilde{e}_i, \tilde{e}_i, \dots, \tilde{e}_i}_r \right], i = 0, 1, \dots, M-1 \right\}$$

(8)

[0065] 本实施例中 i 代表第二码字 W_2 的索引, 并依需要经编码后进行存储和传输。

[0066] 最后的码字 W 是基于第一码字 W_1 与第二码字 W_2 确定的。如为构建归一化的码本, 使用哈达玛 (Hadamard) 矩阵进行线性变换并定义 $W_{\text{tmp}} = W_1 W_2$, 则最后的码字 W 的第 r 列表示为:

$$[0067] \quad W(:, r) = \text{diag}(D(:, r)) * W_{\text{tmp}}(:, r), \quad r = 1, 2, \dots, N_t \quad (9)$$

[0068] 其中 D 是哈达玛矩阵, 例如:

$$[0069] \quad D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

[0070] 以秩为 1 的最终码本为例, 其码字 W 是 W_1 与 W_2 相乘, 即

$$[0071] \quad W = W_1 W_2 \quad (10)$$

[0072] 此外, 为使最终的码本具有嵌套特性, 可选用第一列为全 1 或全 -1 的哈达玛矩阵。

[0073] 具有不同秩的第一码本、第二码本、最终确定的码本, 及最后码本的确定规则分别存储于基站与用户终端, 用于量化信道状态信息。

[0074] 本发明使用两级码本量化信道状态信息, 其可以有效的平衡系统性能和预编码矩阵索引的反馈开销。具体的, 其第一码字所需的比特数为 $\log_2 \left(\frac{2(N-M)}{M} + 2 \right)$, 第二码字所需的比特数为 $\log_2(M)$, M 是第一码字中的波束数; 总共需要的比特数为 $\log_2 \left(\frac{2(N-M)}{M} + 2 \right) + B \log_2(M)$ 。假定系统的带宽被划分为 B 个子带, 在每个子带上反馈码

字, 则对于一级反馈结构的码本而言, 其码本开销最小为 $B \log_2(N)$ 比特, 其中 N 是一级反馈结构的码本中的码本大小。显然, 在 N 相同的情况下, 本发明使用两级码本量化信道状态信息的方法较一级码本节省码字的反馈开销, 同时在性能表现上, 本发明也不逊色。

[0075] 示例性的, 对于具有 0.5 波长的天线间距的 8 根天线的均匀圆阵列配置而言, 即 $R = 0.25 / \sin(\pi/8)$ 。假设 $N = 64, M = 8$, 则第一码本 C_1 的大小为 4 比特, 而第二码本 C_2 的大小为 3 比特。以下详细列出了第一码本 C_1 与第二码本 C_2 设计:

[0076] 4 比特的第一码本 C_1 及其第一码字 W_1 :

$$[0077] \quad \mathbf{b}_n = \left[e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \cos\left(\frac{2\pi n}{64} - \theta_0\right)}, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \cos\left(\frac{2\pi n}{64} - \theta_1\right)}, \dots, e^{-j \frac{2\pi R}{\lambda} \cos\left(\frac{2\pi n}{64} - \theta_{N_t-1}\right)} \right]^T, \quad n = 0, 1, \dots, 63$$

[0078] $W_1^{(k)} \in \{[b_{4k \bmod 64} \ b_{(4k+1) \bmod 64} \ \cdots \ b_{(4k+7) \bmod 64}] : k = 0, 1, \cdots, 15\}$

[0079] $C_1 = \{W_1^{(0)}, W_1^{(1)}, W_1^{(2)}, \cdots, W_1^{(15)}\}$

[0080] 3 比特的第二码本 C_2 的第二码字 W_2 :

[0081]

$$W_2^{(i)} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{\sqrt{rN_r}} \left[\underbrace{\tilde{e}_i, \tilde{e}_i, \dots, \tilde{e}_i}_r \right], i = 0, 1, \dots, M-1 \right\}, \quad M=8, \quad 1 < r \leq 8$$

[0082] 基于 W_1 和 W_2 的最后码本是

[0083] $W(:, r) = \text{diag}(D(:, r)) * W_{\text{tmp}}(:, r), \quad r = 1, 2, \dots, N_t \quad N_t = 8$

[0084] 其中 $W_{\text{tmp}} = W_1 W_2$

[0085] $D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

[0086] 本发明还提供用于量化信道状态信息的装置,其使用具有两级反锁结构的码本。

[0087] 图 3 示例了根据本发明一实施例的量化信道状态信息的装置的系统框图,在该系统中,用户终端 30 向基站 40 提供码字索引,该基站 40 配置有 N_t 根均匀圆阵列配置的天线。用户终端 30 包含:第一码字确定装置 300,其根据所估计的宽带信道矩阵,基于第一预定准则确定秩为 r 的第一码本中的第一码字,其中该第一码字是对宽带信道方向估计的一组波束, $r = 1, 2, \dots$;第一码字索引发送装置 301,其将第一码字的码字索引发送至基站;第二码字确定装置 302,其对于每个子带,根据所估计的子带信道矩阵,基于第二预定准则确定秩为 r 的第二码本中的第二码字,其中第二码字刻画子带信道方向,其为第一码字中的一个波束;及第二码字索引发送装置 303,将第二码字的码字索引发送至基站。

[0088] 相应的,基站 40 包含:第一码字索引接收装置 400,其接收用户终端 30 提供的秩为 r 的第一码本的第一码字的索引;第二码字索引接收装置 401,接收用户终端 30 提供的秩为 r 的第二码本的第二码字的索引;第一码字确定装置 402,其根据第一码字的索引,从秩为 r 的第一码本中确定第一码字;第二码字确定装置 403,根据第二码字的索引,从秩为 r 的第二码本中确定第二码字;以及最终码字确定装置 404,基于第一码字与第二码字最终确定码字。

[0089] 以下通过在系统层性能上仿真,进一步凸显本发明的优点。该仿真在具有 19 个六边形的小区下行链路的 FFD 系统中,分别使用了一用于均匀圆阵列的一级码本、LTE Rel-10 码本、与本发明的具有两级反馈结构的码本。表 1 给出了具体的仿真参数与建模设定。基于表 1 的仿真参数与建模设定,表 2、3、4 分别给出了在将带宽划分给 B 个, $B = 10$ 时,各用于量化信道状态信息不同码本所表现的系统性能和反馈开销。很显然,根据本发明的具有两级反馈结构的码本,相较于 LTE Rel-10 码本可以有显著的系统性能提升,而与一级码本相比可以很低的反馈开销获得相似的系统性能。

[0090] 表 1 仿真参数与建模设定

应用场景	第三代合作伙伴计划中的宏城区 (3GPP urban macro), 15 度角扩展
小区数量	19
相邻基站间的间距	150m
载波频率	2.5GHz
带宽	10MHz
路损模型	$36.7 \log_{10}(d) + 22.7 + 26 \log_{10}(f)$ (d 的单位为 m, f 的单位为 GHz)
基站天线增益	5dBi
基站的发射功率	24dBm
阴影标准偏差	10 dB
阴影相关性	小区间 0.5
穿透损耗	20 dB
接收器噪声系数	7 dB
用户撒	均匀撒
复用方式	FDD
每个小区的用户个数	每个小区 10 个, 连接到最大信干噪比小区
天线配置	eNB: 8 根全向天线均匀圆阵列 用户终端: 两根天线, 均匀线性阵列, 0.5 倍波长天线间距
网络同步	同步
业务模型	满缓存
最大同时调度用户数	4
调度	比例公平和频率选择性调度; 调度颗粒度为一子帧 (1ms)
链路自适应	非理想 CQI (Channel Quality Indicator) (也即, CQI 反馈根据 Rel-10 的 MCS 等级进行量化)
信道估计	非理想信道估计
反馈设定	单用户 (SU) 模式: SU PMI, SU CQI

[0091]

[0092]

	多用户 (MU) 模式: 秩为 1 的 PMI, 下届 (lower bound) MU-CQI 反馈周期: 每个子带 5ms 反馈一次, 6ms 时延
下行预编码	SU 模式: 基于预编码的 PMI MU 模式: 迫零方案
码本	理想: 非量化 CDI 8 天线 LTE Rel-10 码本 一级码本: 6 比特 二级码本: W_1 4 比特, W_2 3 比特
MIMO 方案	单用户 MIMO, 支持最高秩为 2
混合自动重传请求 (HARQ)	同步 HARQ 最大 4 次重传
控制信道开销	SU-MIMO: 0.3158 SU/MU-MIMO: 0.3063
测试参数	3 次试验, 每个试验运行 300 帧

[0093] 表 2 用于 SU-MIMO 的 PMI 反馈开销 ($B = 10$)

[0094]

码本	反馈比特数
Rel-10 码本	$4+4B=44$
一级反馈结构码本	$6B=60$
本发明的二级反馈结构码本	$4+3B=34$

[0095] 表 3 均匀圆阵列配置的 8 根天线的 SU-MIMO 性能

[0096]

码本	小区平均谱效率 (bits/s/Hz)	小区边缘用户谱效率 (bits/s/Hz/用户)
Rel-10 码本	1.88 (100%)	0.035 (100%)
理想 CDI	2.37 (126%)	0.061 (174%)
一级反馈结构码本	2.20 (117%)	0.060 (171%)
本发明的二级反馈结构码本	2.15 (114%)	0.061 (174%)

[0097] 表 4 均匀圆阵列配置的 8 根天线的 SU/MU-MIMO 性能

[0098]

[0099]

码本	小区平均谱效率 (bits/s/Hz)	小区边缘用户谱效率 (bits/s/Hz/用户)
Rel-10 码本	1.64 (100%)	0.041 (100%)
理想 CDI	3.98 (243%)	0.085 (207%)
一级反馈结构码本	3.71 (226%)	0.084 (205%)
本发明的二级反馈结构码本	3.66 (223%)	0.084 (205%)

[0100] 本发明的技术内容及技术特点已揭示如上, 然而熟悉本领域的技术人员仍可能基

于本发明的教示及揭示而作种种不背离本发明精神的替换及修饰。因此,本发明的保护范围应不限于实施例所揭示的内容,而应包括各种不背离本发明的替换及修饰,并为本专利申请权利要求书所涵盖。

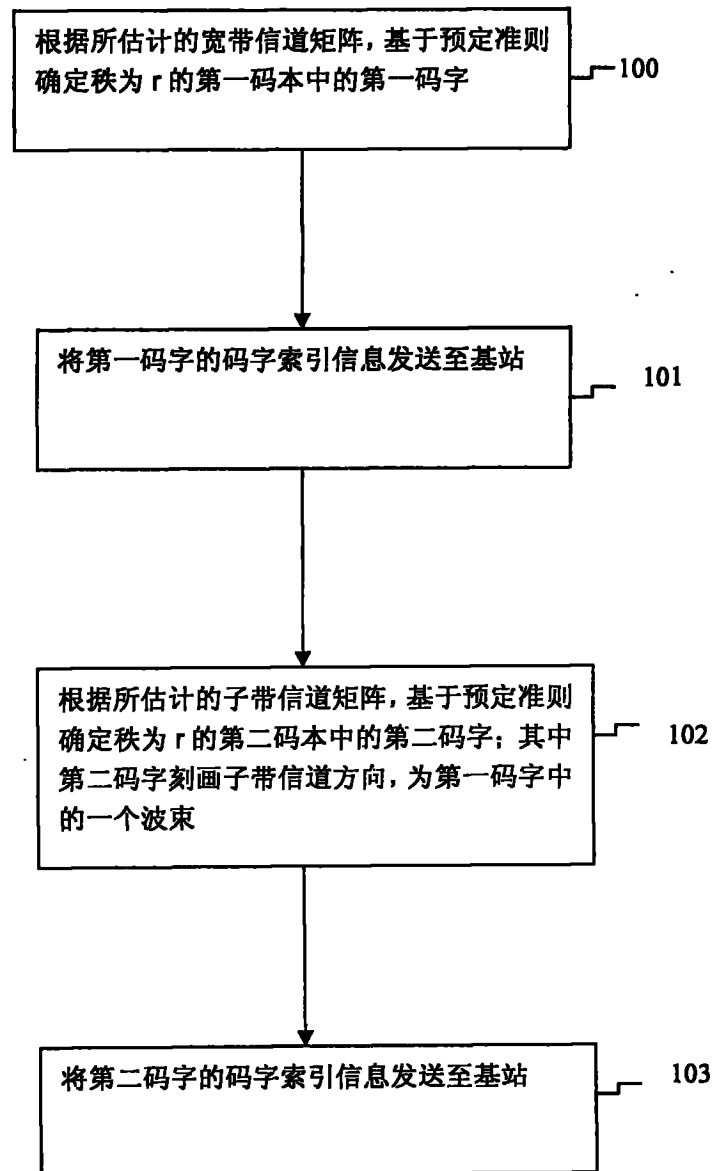


图 1

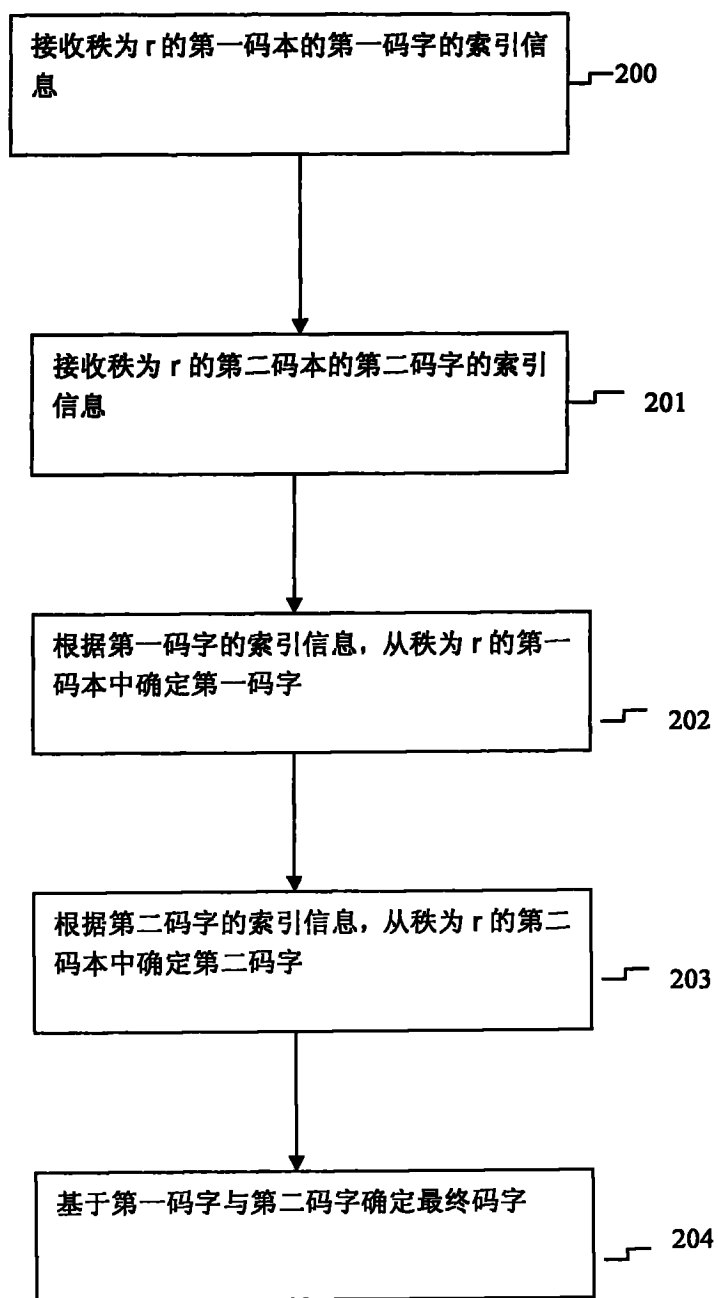


图 2

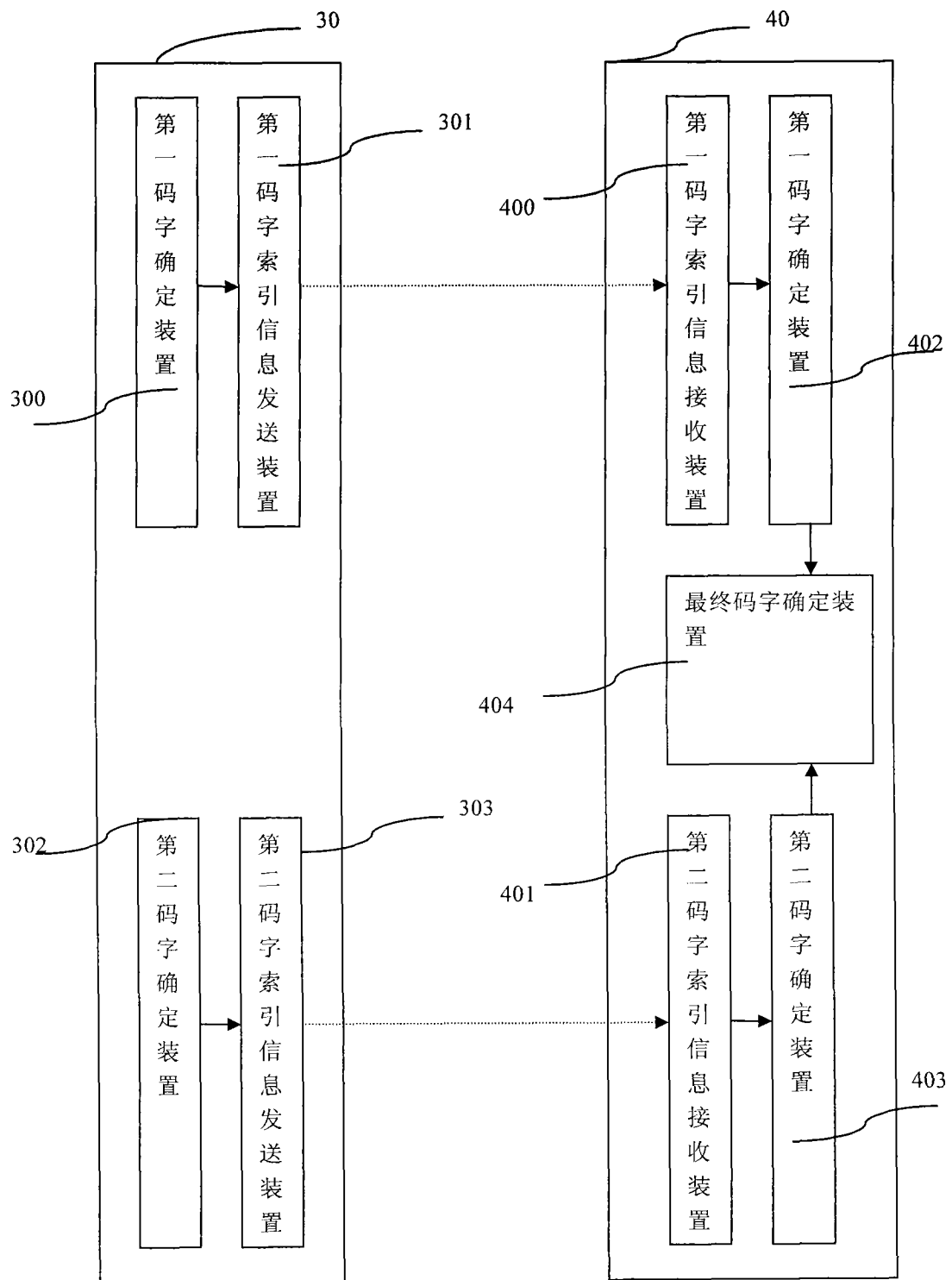


图 3