



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105610485 B

(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201510961538.3

(22)申请日 2015.12.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105610485 A

(43)申请公布日 2016.05.25

(73)专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼2号

(72)发明人 李春国 宋康 曹欢欢 杨绿溪
郑福春

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 楼高潮

(51)Int.Cl.

H04B 7/155(2006.01)

H02J 7/00(2006.01)

H02J 50/20(2016.01)

(54)发明名称

一种无线中继通信系统携能传输方法

(57)摘要

本发明公开了一种无线中继通信系统携能传输方法,无线供电的中继通信系统在一定的服务质量与中断性能要求下时间和功率分配的方案,节省时间和能量资源,适用于无线通信。系统在运行时,发送端给中继网络发送能量和信号,在给定的时间后,中继网络解码接收到的信号并利用接收到的一部分能量转发给接收端,通过推导出的系统中断概率渐进表达式和在平坦瑞利衰落信道下的仿真结果来设计时间和功率因子的分配。利用本发明,可显著节省时间资源和能量资源。

(56)对比文件

CN 104811313 A, 2015.07.29,

CN 103596251 A, 2014.02.19,

CN 104780601 A, 2015.07.15,

Peng Liu等.Energy Harvesting

Noncoherent Cooperative Communications.

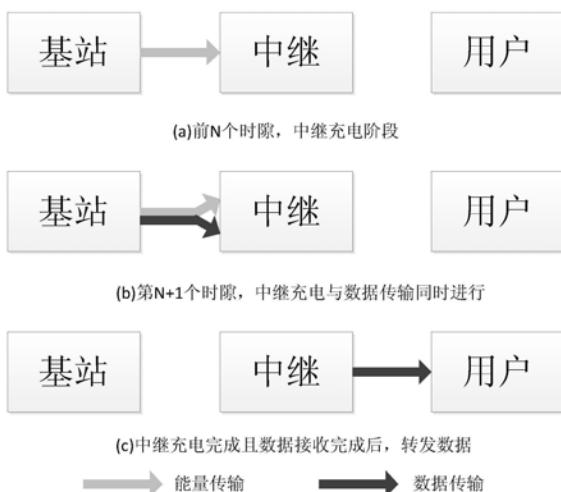
《IEEE Transactions on Wireless Communications》.IEEE,2015,第14卷(第12期),章节2-3.

Z.G. Wan.Review on energy harvesting and energy management for sustainable wireless sensor networks.《Communication Technology(ICCT)》.2012,362-367.

Peng Liu等.Noncoherent Relaying in Energy Harvesting Communication Systems.《IEEE Transactions on Wireless Communications》.IEEE,2015,第14卷(第12期),6940-6954.

审查员 余晓

权利要求书2页 说明书5页 附图2页



1. 一种无线中继通信系统携能传输方法, 无线供电的中继通信系统由发送端、中继网络和接收端组成, 其中发送端给中继网络充电以及发送信号, 中继网络在给定的时隙后对接收的信号解码并转发给接收端, 发送端和中继网络有一个中央控制器, 用来计算和控制时间和功率分配因子, 中继网络有一个解码器, 将接收到的信号转换成它代表的信息;

中继网络具有两个天线系统, 一个用于采集能量, 另一个用于发送信息; 发送端能量发射器的无线携能传输利用原有的天线进行传输, 而能量接收端有两套处理电路, 即能量和信息;

发送端能量发射器和信号发射器各有一套天线系统, 并采用时分复用实现信息和能量传输联合调度, 避免同信道能量和信号的干扰; 中继网络包括接收单元、发送单元和数据处理单元, 接收单元分时接收信号能量和信号, 假设在前N个时隙中已经收集了足够的能量, 在第N+1个时隙中继网络对接收到的信号解码并以给定的功率分配因子以一定的发射功率转发给接收端; 接收端信号接收器接收来自中继网络的信号;

发送端通过发送单元发送信号, 通过中继网络与接收端进行通信;

所述无线中继通信系统携能传输方法在一定的服务质量要求下节省时间和能量资源, 具体包括以下步骤:

步骤一, 发送端向中继网络发送能量和待转码转发信号;

步骤二, 给定服务质量和中断概率, 连接发送端和中继网络的的中央控制器根据信道情况计算出能量发送时间和功率分配因子;

步骤三, 中继网络根据计算出的时间接收能量和待转发信号;

步骤四, 中继网络解码接收的信号并在在给定的功率分配因子下利用一部分接收的能量转发给接收端;

步骤五, 接收端接收来自中继网络的信号;

通过仿真对比, 优化N和 ρ , 系统的中断概率渐进表达式为

$$p = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{z}{a} - \frac{z}{c}} & z \geq \frac{ac}{b} \\ 1 - e^{-\frac{z}{a} - \frac{a}{b}} - EEi\left(\frac{z}{c}, b, z\right) + EEi\left(\frac{a}{b}, b, z\right) & z < \frac{ac}{b} \end{cases}$$

其中,

$$EEi = \int_{\frac{z}{a}}^{+\infty} e^{-x - \frac{z}{bx}} dx;$$

$$z = \gamma_{th};$$

$$a = \rho \gamma_r^0 = \rho \frac{P_s}{\sigma_r^2};$$

$$b = (N + 1 - \rho) \gamma_d^0 = (N + 1 - \rho) \frac{P_s}{\sigma_d^2};$$

$$c = \gamma_d^{\max} = \frac{p_r^{\max} |g|^2}{\sigma_d^2};$$

式中, σ_r^2 和 σ_d^2 分别表示中继网络和接收端的噪声功率, p_s 表示发送端发射功率, p_r^{\max} 表示中继网络发射功率上限值, γ_{th} 表示信噪比门限值, N 表示结束接收能量的时隙数, ρ 为 $N+1$ 时隙的功率分配因子; 给定 N , 通过改变 ρ , 比较中断概率大小, 确保在一定的服务质量下, 提高系统的中断性能。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 在保证一定的中断性能下, 即一定的中断概率下, 确定最小的 N 的值, 节省时间资源, 并在这个 N 下, 找到最优 ρ 值, 节省能量资源。

一种无线中继通信系统携能传输方法

技术领域

[0001] 本发明涉及带无线能量收集的中继传输系统技术领域,尤其是一种可节省能量和时间资源及提高其稳定性的方法。

背景技术

[0002] 无线供电的中继通信是一种新的网络模式,其中,无线通信设备的电池可以通过微波无线电力传输装置进行远程补充技术(WPT),中继网络接收能量后由给定的功率分配因子以一定的能量解码并转发所接收信号(DF),余下的能量保存在中继网络中,DF中继网络已被深入最近研究和采用了多种标准,如IEEE的802.16j和LTE-A来进一步改善覆盖范围。无线供电的通信网络(WPCN)减少了频繁地手动更换电池以及充电的麻烦,并有更高的吞吐量,更长的元件寿命,以及更低的网络运营成本。此外,WPCN可以根据不同的环境和服务需求控制它的发射功率,波形、占用时间、频率尺寸等。与传统的能量收集相对比,例如,利用可再生能源,因为可再生能源是大多随机且随时间变化的,无法实现按需能量需求来供给到设备端。WPT相比传统能源供应的方法的这些明显的优势使得WPCN成为一个有前途的新模式,但不可否认,WPCN也带来巨大的挑战,能量转移需要更复杂的系统设计,构建高效WPCN在实践中是一个具有挑战性的问题,一方面,由于功率随着距离的衰减接收到的能量可以非常低,这种能量远近效应可导致在不同的位置的用户有不公平现象;另一方面,在WPCN中传输能量的接头设计是必要的,首先,无线能量和信息的传输往往相关,比如,一个设备传输数据之前WPT需要收获足够的能量,第二,能量转移共享频谱与通信信道,这可能会导致对并发信息传输的共信道干扰。由于上述原因,需要新的物理层传输技术以及网络协议设计,以优化WPCN的性能。

[0003] 目前,无线供电的通信网络的中继技术得到了广泛的研究。特别地,现有的减少中断方法具有简单且高效的特点,相关研究近几年引起了学者的广泛关注。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题为:基于现有的无线供电技术,以两跳的中继系统为模型,考虑在一定的服务质量下,设计一种适用于无线供电的通信网络的中继通信系统,并提供一种提高中断性能和节省能量和时间资源方法,在保证一定的服务质量下,通过调节能量传输时间和功率分配因子(ρ)来减小系统中断概率,并在可以做到在给定的的中断概率下以最小的能量和时间来传输,节省能量和时间资源,从而满足通信系统的实时性要求、可靠性要求和稳定性要求。

[0005] 本发明采取的技术方案具体为:无线供电的中继通信系统由发送端、中继网络和接收端组成,其中发送端给中继网络充电以及发送信号,中继网络在给定的时隙后对接收的信号解码并转发给接收端,发送端和中继网络有一个中央控制器,用来计算和控制时间和功率分配因子,中继网络有一个解码器,将接收到的信号转换成它代表的信息。

[0006] 为了最大限度地提高其各自的操作效率,能量和信息的收发器通常需要不同的天

线和射频系统,中继网络具有两个天线系统,一个用于采集能量,另一个用于发送信息。发送端能量发射器的无线携能传输可以利用原有的天线进行传输,而能量接收端一般有两套处理电路(能量和信息)。其中关键技术主要为能量波束形成和联合通信和能量调度。

[0007] 发送端能量发射器和信号发射器各有一套天线系统,并采用时分复用实现信息和能量传输联合调度,避免同信道能量和信号的干扰;中继网络包括接收单元、发送单元和数据处理单元,接收单元分时接收信号能量和信号,假设在前N个时隙中已经收集了足够的能量,在第N+1个时隙中继网络对收到的信号解码并以给定的功率分配因子以一定的发射功率转发给接收端;接收端信号接收器接收来自中继网络的信号。

[0008] 中继网络接入控制单元的控制下,通过接收单元和发送单元与发送端和接收端之间进行通信。

[0009] 基于在一定的服务质量要求下节省时间和能量资源的方案,本发明包括以下步骤:

[0010] 步骤一,发送端向中继网络发送能量和待转码转发信号;

[0011] 步骤二,给定服务质量要求和中断概率,连接发送端和中继网络的中央控制器根据信道情况计算出能量发送时间和功率分配因子;

[0012] 步骤三,中继网络根据计算出的时间接收能量和待转码转发信号;

[0013] 步骤四,中继网络解码接收的信号并在在给定的功率分配因子下利用一部分接收的能量转发给接收端;

[0014] 步骤五,接收端接收来自中继网络的信号;

[0015] 由于保证在一定的服务质量,系统有一个门限信噪比,其次,由于中继网络的能量存储限制,发送功率有个上限值。根据上面的信息,可以推导出渐进的中断概率表达式,通过仿真对比,优化N和ρ。具体的,本发明中,可以推出系统的中断概率渐进表达式为

$$[0016] p = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{z}{a} - \frac{z}{c}} & z \geq \frac{ac}{b} \\ 1 - e^{-\frac{z}{a} - \frac{a}{b}} - EEi\left(\frac{z}{c}, b, z\right) + EEi\left(\frac{a}{b}, b, z\right) & z < \frac{ac}{b} \end{cases}$$

[0017] 其中,

$$[0018] EEi = \int_{\frac{z}{a}}^{+\infty} e^{-x - \frac{z}{bx}} dx;$$

[0019] $z = \gamma_{th}$;

$$[0020] a = \rho \gamma_r^0 = \rho \frac{p_s}{\sigma_r^2};$$

$$[0021] b = (N + 1 - \rho) \gamma_d^0 = (N + 1 - \rho) \frac{p_s}{\sigma_d^2};$$

$$[0022] c = \gamma_d^{\max} = \frac{p_r^{\max} |g|^2}{\sigma_d^2};$$

[0023] 式中, σ_r^2 和 σ_d^2 分别表示中继网络和接收端的噪声功率, p_s 表示发送端发射功率,

p_r^{\max} 表示中继网络发射功率上限值, γ_{th} 表示信噪比门限值, N 表示结束接收能量的时隙数, ρ 为 $N+1$ 时隙的功率分配因子。给定 N , 通过改变 ρ , 比较中断概率大小, 确保在一定的服务质量下, 提高系统的中断性能。

[0024] 进一步的, 可以做到在保证一定的中断性能下(一定的中断概率下)确定最小的 N 的值, 节省时间资源, 并在这个 N 下, 找到最优 ρ 值, 节省能量资源。

附图说明

[0025] 图1为本发明系统结构示意图;

[0026] 图2为本发明方法流程图;

[0027] 图3不同 ρ 下的中断概率图;

[0028] 图4不同 $N+\rho$ 下的中断概率图。

具体实施方式

[0029] 以下结合附图和具体实施例进一步描述。

[0030] 结合图1, 图2, 本发明的无线供电的中继通信系统由发送端、中继网络和接收端组成, 其中发送端给中继网络充电以及发送信号, 中继网络在给定的时隙后对接收的信号解码并转发给接收端, 发送端和中继网络有一个中央控制器, 用来计算和控制时间和功率分配因子, 中继网络有一个解码器, 将接收到的信号转换成它代表的信息。

[0031] 为了最大限度地提高其各自的操作效率, 能量和信息的收发器通常需要不同的天线和射频系统, 中继网络具有两个天线系统, 一个用于采集能量, 另一个用于发送信息。发送端能量发射器的无线携能传输可以利用原有的天线进行传输, 而能量接收端一般有两套处理电路(能量和信息)。其中关键技术主要为能量波束形成和联合通信和能量调度。

[0032] 发送端能量发射器和信号发射器各有一套天线系统, 并采用时分复用实现信息和能量传输联合调度, 避免同信道能量和信号的干扰; 中继网络包括接收单元、发送单元和数据处理单元, 接收单元分时接收信号能量和信号, 假设在前 N 个时隙中已经收集了足够的能量, 在第 $N+1$ 个时隙中继网络对收到的信号解码并以给定的功率分配因子以一定的发射功率转发给接收端; 接收端信号接收器接收来自中继网络的信号。

[0033] 中继网络接入控制单元的控制下, 通过接收单元和发送单元与发送端和接收端之间进行通信。

[0034] 结合图2, 本发明基于上述无线供电的中继通信系统时间和功率分配的方案, 包括以下步骤:

[0035] 步骤一, 发送端向中继网络发送能量和待转码转发信号;

[0036] 步骤二, 给定服务质量, 中断概率, 连接发送端和中继网络的中央控制器根据信道情况计算出能量发送时间和功率分配因子;

[0037] 步骤三, 中继网络根据计算出的时间接收能量和待转发信号;

[0038] 步骤四, 中继网络解码接收的信号并在在给定的功率分配因子下利用一部分接收的能量转发给接收端;

[0039] 步骤四, 接收端接收来自中继网络的信号;

[0040] 同时由于保证在一定的服务质量, 系统有一个门限信噪比, 其次, 由于中继网络的

能量存储限制,发送功率有个上限值;根据上面的信息,给定一些参数,可以推导出渐进的中断概率表达式,通过仿真对比,优化N和 ρ 。

[0041] 由于保证在一定的服务质量,系统有一个门限信噪比,其次,由于中继网络的能量存储限制,发送功率有个上限值。根据上面的信息,可以推导出渐进的中断概率表达式,通过仿真对比,优化N和 ρ 。具体的,本发明中,可以推出系统的中断概率渐进表达式为

$$[0042] p = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{z-z}{a-c}} & z \geq \frac{ac}{b} \\ 1 - e^{-\frac{z-a}{a-b}} - EEi\left(\frac{z}{c}, b, z\right) + EEi\left(\frac{a}{b}, b, z\right) & z < \frac{ac}{b} \end{cases}$$

[0043] 其中,

$$[0044] EEi = \int_{\frac{z}{a}}^{+\infty} e^{-x-\frac{z}{bx}} dx;$$

[0045] $z = \gamma_{th}$;

$$[0046] a = \rho \gamma_r^0 = \rho \frac{p_s}{\sigma_r^2};$$

$$[0047] b = (N + 1 - \rho) \gamma_d^0 = (N + 1 - \rho) \frac{p_s}{\sigma_d^2};$$

$$[0048] c = \gamma_d^{\max} = \frac{p_r^{\max} |g|^2}{\sigma_d^2};$$

[0049] 式中, σ_r^2 和 σ_d^2 分别表示中继网络和接收端的噪声功率, p_s 表示发送端发射功率, p_r^{\max} 表示中继网络发射功率上限值, γ_{th} 表示信噪比门限值, N 表示结束接收能量的时隙数, ρ 为 $N+1$ 时隙的功率分配因子。给定 N , 通过改变 ρ , 比较中断概率大小, 确保在一定的服务质量下, 提高系统的中断性能。

[0050] 实施方案

[0051] 如图1所示, 基于本发明系统的整个两跳系统由发送端、中继网络和接收端组成, 发送端和中继网络有一个中央控制器, 用来计算和控制时间和功率分配因子, 中继网络有一个解码器, 将接收到的信号转换成它代表的信息。发射端能量发射器和信号发射器的有两套天线系统, 并采用时分复用实现信息和能量传输联合调度, 避免同信道能量和信号的干扰; 中继网络包括接收单元、发送单元和数据处理单元, 接收单元分时接收信号的能量和信号, 假设在前 N 个时隙收集了能量, 在第 $N+1$ 个时隙中继网络对接收到的信号解码并以给定的功率分配因子以一定的能量转发给接收端; 接收端包括信号接收器接收来自中继网络的信号。

[0052] 具体实施如下:

[0053] 1. 给定服务质量, 即给定信噪比最小值 $\gamma_{th} = 0.1 \text{bit/s}$;

[0054] 2. 发射器能量发射器和信号发射器在有不同的天线系统下, 以一定的发射功率发送给中继网络;

[0055] 3. 给定 γ_d^0 和 γ_r^0 比值, 假定信道为瑞利平坦衰落信道, 固定 N 为 1 得出仿真结果,

分别对应 $\rho=0.1, \rho=0.3, \rho=0.6, \rho=0.7$ 下的比较图，

[0056] 4. 中断网络解码接收到的信号并以 ρp_s 为发射功率发送给接收端,剩余的能量保存在中继网络中,由图3可以看出在 $\rho=0.6, \rho=0.7$ 时,中断性能都可以达到较好,但 $\rho=0.6$ 更节省能量,故选取 $\rho=0.6$ 。

[0057] 5. 改变 $N+\rho$ 的值,得到系统的仿真图,并可以做到在一定的中断概率下,找到最小的N,节省了发送时间和发射端能量,图4所示,当要求系统中断概率为0.08时,可以在图4中对应到最小的N为1,由第4步,可以找到最优的 $\rho=0.6$,如果给定系统中断概率为0.06,对应 $N=2$,则在第4步中改变N的值,进而得出最优的 ρ ,以此类推。

[0058] 注意到本发明提供的方案可以再任意给定的服务质量,中断概率条件下找到最优的时间分配和中继网络的功率分配,从而节省时间和能量资源;提高系统的中断性能。

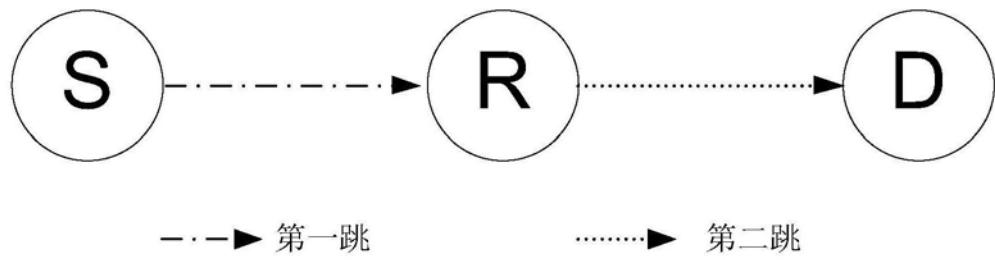


图1



(a)前N个时隙, 中继充电阶段



(b)第N+1个时隙, 中继充电与数据传输同时进行



(c)中继充电完成且数据接收完成后, 转发数据

→ 能量传输 → 数据传输

图2

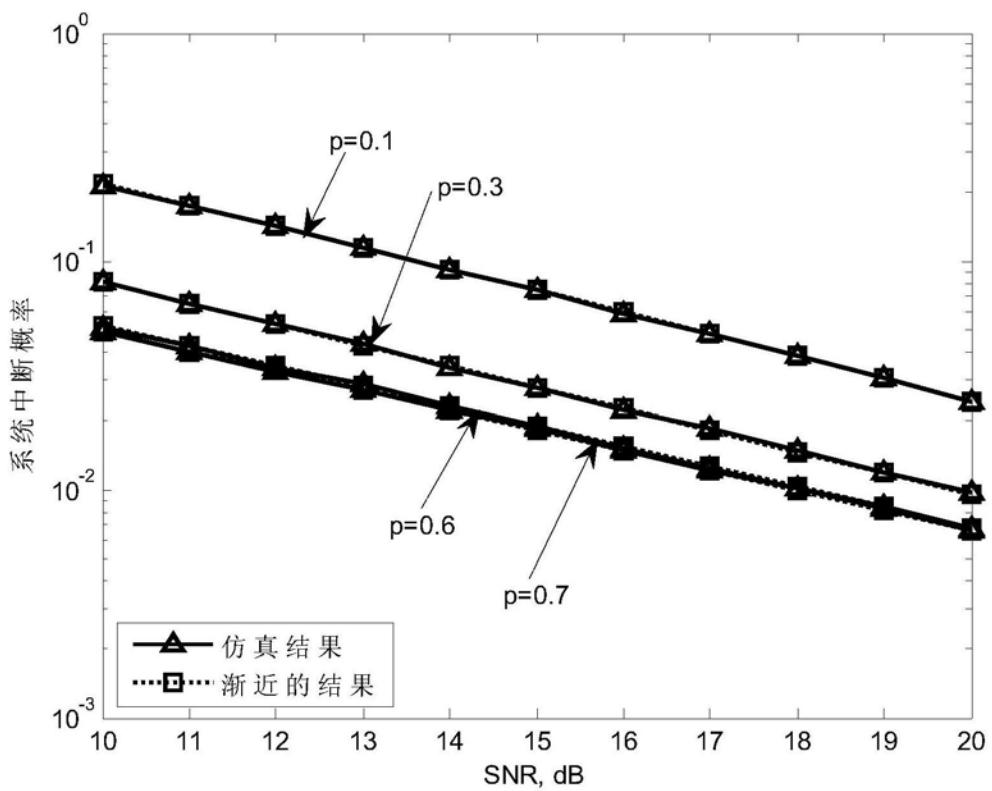


图3

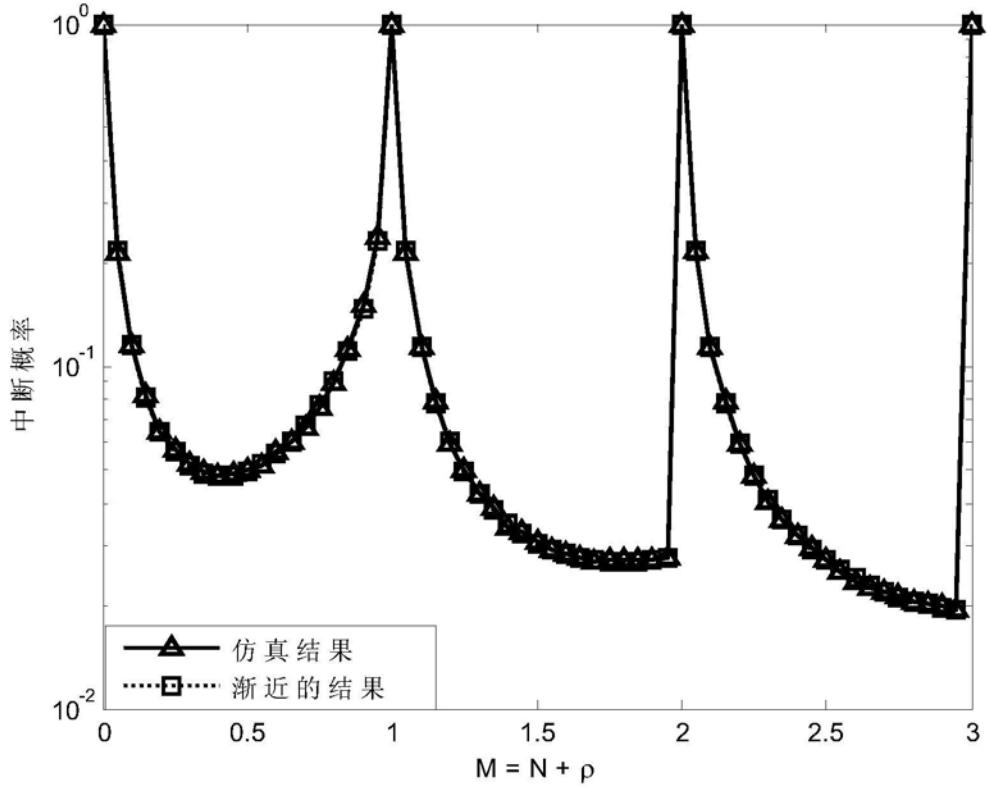


图4