

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710039461. X

[51] Int. Cl.

H04L 12/28 (2006.01)

H04L 29/06 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

G08C 17/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2010年1月13日

[11] 授权公告号 CN 100581124C

[22] 申请日 2007.4.13

[21] 申请号 200710039461.X

[73] 专利权人 东华大学

地址 201620 上海市松江区松江新城区人民北路 2999 号

[72] 发明人 丁永生 吴怡之

[56] 参考文献

CN1795814A 2006.7.5

CN1781444A 2006.6.7

CN1631315A 2005.6.29

CN1285318C 2006.11.22

CN1770214A 2006.5.10

CN1545393A 2004.11.10

WO2005/083940A1 2005.9.9

CN1420680A 2003.5.28

CN1287726C 2006.12.6

IEEE802.15.4 标准及其应用. 郦亮. 电子设计应用, 第 1 期. 2003

基于 IEEE802.15.4 标准的无线传感器网络. 郑霖等. 传感器技术, 第 24 卷第 7 期. 2005

审查员 任玲

[74] 专利代理机构 上海泰能知识产权代理事务所

代理人 黄志达 谢文凯

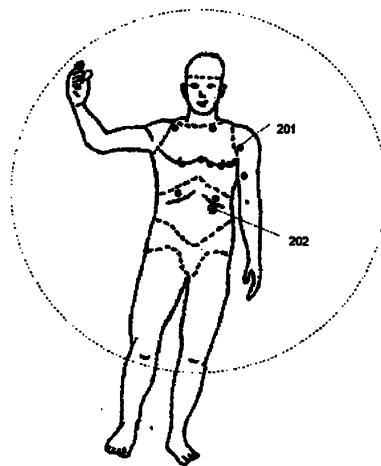
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法

[57] 摘要

本发明涉及一种体域医学无线传感器网络信息采集传输方法, 使用低功耗无线通信标准 IEEE802.15.4。系统由部署在人体上的若干传感器节点和网络中心节点组成, 采用了分布式自适应能耗优化机制, 即分布在人体上的传感器节点通过对当前网络信道干扰和衰减程度的综合估计和判断, 从而对通信系统参数进行动态调整, 达到降低能耗和提高网络性能的目的。该系统传感器节点只支持 IEEE802.15.4 上行数据发送模式, 结构简单, 尺寸小, 可穿戴性好。同时网络中心节点使用远程通信模块将采集的数据发送到用户监护后台, 使系统具有移动性, 不影响被监护者的日常活动。



1. 一种面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法, 所述的面向体域医学无线传感器网络由放置在人体上的数个传感器节点和放置在人体上的一个网络中心节点构成, 其特征是: 所述传感器节点采用分布式自适应能耗优化机制来控制数据发送参数, 包括步骤:

a. 所述传感器节点根据接收的 IEEE802.15.4MAC 协议信标帧的错误校验, 应答帧的接收情况以及接收网络中心节点信号的接收信号强度指标 (RSSI), 动态评估当前信号衰减, 并用信号衰减指标(SPLI)进行量化表征;

b. 所述传感器节点然后根据预先设置的信号衰减变化阈值 (PLVT) 和发送功率调节增量 (TPI), 计算得到发送功率 (TP) 为

$$TP_2 = \begin{cases} TP_1 + TPI, SPLI_2 - SPLI_1 > PLVT \\ TP_1 - TPI, SPLI_2 - SPLI_1 < -PLVT \end{cases}$$

其中, 下标 1 表示上次数值, 下标 2 表示本次数值, 从而实现动态调整发送功率;

c. 传感器节点根据 IEEE802.15.4MAC 协议退避次数和信道竞争成功或失败的结果动态评估当前信道忙闲 CBI, 传感器节点结合当前 CBI 和信号的优先级, 根据预先设置, 动态调整发送速率。

2. 根据权利要求 1 所述的面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法, 其特征是所述传感器网络物理层链路层基于 IEEE802.15.4 无线个域网标准。

3. 根据权利要求 1 所述的面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法, 其特征是, 所述的传感器网络采用单跳星型拓扑结构。

4. 根据权利要求 1 所述的面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法, 其特征是, 所述传感器网络媒体访问控制子层采用信标使能的时隙载波帧听多点接入/冲突避免 CSMA-CA, 由网络中心节点发送信标控制传感器节点发送数据。

5. 根据权利要求 1 所述的面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法, 其特征是, 所述的网络中心节点由个域网协调器、中央控制协调模块、人机输入接口、报警、显示、远程无线通信和存储模块组成。

6. 根据权利要求 1 所述的面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法, 其特征是, 所述网络中心节点的远程无线通信模块将生理信号和身体状态数据通过远程通信接口发送到生理监护后台系统。

7. 根据权利要求 1 所述的面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法, 其特征是, 所述的分布式自适应能耗优化机制基于 IEEE802.15.4 上行数据发送模式。

## 一种面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法

### 技术领域

本发明涉及传感器网络和医学健康监护领域，特别是一种用于低功耗传输多种人体生理信号的，基于 IEEE802.15.4 无线个域网技术的体域医学无线传感器网络。

### 背景技术

在此之前，已公开了若干利用无线通信技术采集传输人体生理信息（例如体温、心率、心电、脉搏、呼吸等）的专利。在这些专利中，无线射频收发模块被用于和嵌入式微控制器相连实现生理检测信号的发送。例如，中国专利 02253176.9 采用无线发射芯片 TR100IC 将多通道人体生理信号发送至主机。中国专利 200520001171.2 利用头戴式装置测量多个生理参数，并以无线传输方式传送到通告单元。中国专利 200520062982.3 采用蓝牙技术传输嵌入式生理监护仪数据。中国专利 200510063182.8 使用两组无线收发器进行频道变换以避免无线信号的干扰，允许同时有两道生理信号的收发。中国专利 02133889.2 使用 GSM/GPRS 通信模块在监护仪和医院监护中心之间传输数据。

然而，这些专利未能包含一种具有多通道生理信号实时信号采集功能的无线身体区域传感器网络。目前已有的将无线技术应用于生理信号采集传输存在的问题有：1. 使用私有专用的无线通信协议，无法兼容其它厂家的无线生理监护系统；2. 一般只允许同时有一对无线收发模块在监护模块和中心模块之间传送数据，没有采用层次化网络体系结构解决媒体介入控制；3. 较少考虑低功耗设计，影响系统的便携性和方便性。

近年来低功率无线传感技术引起普遍关注。文献（郑霖, 曾志民, 万济萍, 王建明. 基于 IEEE802.15.4 标准的无线传感器网络. 传感器技术, 2005, (7)）提及可以将低速率个域网 IEEE802.15.4 标准用于人体生理信息的采集，可以应用于医疗健康，在病人身上安装一些特殊的传感头，医生可以随时监测病人的身体情况，但该文献没有明确提出利用该技术在病人身体范围内组建传感器网络，该文献的方案是将一个与计算机相连的无线模块作为中心节点，由于 IEEE802.15.4 的传输距离通常被限制在 100 米范围内，该文献的方案将导致被监测病人的活动范围受限。

如何降低无线传感器的能耗也是无线传感器网络的关键问题。中国专利 200410044009.9 提及无线传输模块通过选择不同的发射功率及活动、低功耗和断电状态下工作，已降低能耗。但该专利仅涉及传感器，而没有传感器网络的整体设计，也没有明确如何进行发射功率的选择和控制。

### 发明内容

本发明提供一种面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法，其目的是提供一种用于人体多种生理信号采集传输的开放的人体区域无线传输网络以及一种便于携带、低功耗和低成本无线传输方法和技术。

为了实现上述目的，本发明的技术方案由放置在人体上的数个传感器节点和放置在人

体上的一个网络中心节点构成，传感器节点采用分布式自适应能耗优化机制控制数据发送参数，包括下列步骤：

a. 传感器节点根据接收到在 IEEE802.15.4MAC 协议信标帧的错误校验，应答帧的接收情况以及接收中心节点信号的接收信号强度指标（RSSI），动态评估当前信号衰减，用信号衰减指标（SPLI）进行量化表征；

b. 传感器节点根据经验设置信号衰减变化阈值（PLVT）和发送功率调节增量（TPI），动态地调整发送功率（TP），达到能耗最优。

c. 传感器节点根据 IEEE802.15.4MAC 协议退避次数和信道竞争成功或失败的结果动态评估当前信道忙闲（CBI），传感器节点结合当前 CBI 和信号的优先级，根据预先设置，动态调整发送速率。

本面向体域医学无线传感器网络的信息采集传输方法的物理层链路层基于 IEEE802.15.4 无线个域网标准。

本体域医学无线传感器网络采用单跳星型拓扑结构，

本发明的网络中心节点由个域网协调器、中央控制协调模块，以及人机输入接口、报警、显示、远程无线通信、存储等模块组成。

本发明网络中心节点的远程无线通信模块将生理信号和身体状态数据通过远程通信接口发送到生理监护后台系统。

本发明中，分布式自适应能耗优化机制基于 IEEE802.15.4 上行数据发送模式。

本发明采用了传感器节点的分布式自适应能耗优化机制，通过对通信系统参数，如：节点发送功率、发送速率进行动态调整，降低网络中心节点能耗，提高网络性能。在本医学传感器网络中，一方面由于人体躯体和四肢的活动，网络中各节点的距离随时存在变化；另一方面，由于人体周围的环境变化和移动通信设备的使用，人体周围存在复杂多变的电磁干扰。这两方面导致体域网信号衰减存在很强的时变性，并且这种变化难以由中心节点从全局的角度去把握，就要求传感器节点能够感知信道的变化，不断调整发送功率，达到最低能耗。

本发明采用分布式控制方式的另一个原因与数据传送模式相关。通常情况下，控制具有两种方式，即集中控制和分布式控制。集中控制需要由中心节点向传感器节点发送控制命令，需使用下行数据发送；分布式控制不需要下行数据模式。尽管 IEEE802.15.4 标准规定了两种数据传送模式：上行数据发送和下行数据发送，但其中后者发送过程复杂，能耗大。为了简化传感器节点结构，本设计只支持上行数据模式。因此，本设计中传感器节点采用分布式的自适应能耗优化机制，自动自发地调整传输参数。

节电发送能耗的设置对其能耗有很大影响。有研究表明，IEEE802.15.4 无线传输功耗中，发送能耗大于 50%。信号发送功率调整范围较大，以广泛使用的 Chipcon CC2420 无

线收发模块为例，最高发送功率是最低发送功率的两倍。节点发送功率对系统总体能耗有着两方面的影响：首先随着发送功率的降低，发送能耗降低；但另一方面，由于信道衰减的影响，信号接收功率也随之降低，数据接收误码率升高，导致重复传输次数增加，从而引起系统能耗的增加。本体域网信号衰减存在很强的时变性，相应地要求节点不断调整发送功率，达到最低能耗。

本发明充分利用以上特点，在分析信道特性的基础上，结合 802.15.4 MAC 协议，设计了以下发送功率动态调整方案：1. 在 IEEE802.15.4 MAC 协议基础上，引入信号衰减指标 (SPLI)，传感器节点根据接收到信标帧的错误校验，应答帧的接收情况以及接收中心节点信号的接收信号强度指标 (RSSI)，动态评估当前信号衰减，用 SPLI 进行量化表征；2. 根据经验设置信号衰减变化阈值 (PLVT) 和发送功率调节增量 (TPI)，设当前发送功率  $TP$ ， $s_1$  为当前 SPLI， $s_2$  为上一次评估 SPLI，如果  $|s_1 - s_2| > PLVT$ ，当  $s_1 > s_2$ ，则  $TP = TP + TPI$ ，如  $s_1 < s_2$ ，则  $TP = TP - TPI$ 。在难以全局掌握信道状态的情况下，传感器节点根据信号接收和发送的情况，评估当前信号衰减，从而动态地调整发送功率，达到能耗最优。根据仿真建模结果，通过调整发送功率，发送有效数据每比特能耗降低将近 5 倍。

节点发送速率对系统性能和能耗也具有重要影响。本发明中传感器节点可以根据传感信号的性质和当前网络忙闲状态动态调整发送速率，保证重要生理信息的发送。各种生理检测在不同时候不同人体身体状况下重要性不同，系统可以通过用户或辅助健康监护诊断系统设置各信号源的优先级。由于人体状态的变化身体的活动，生理信号采集速率也存在时变性，从而导致网络负载和网络忙闲状态的不断变化。本设计为了保证重要的优先级高的生理信号高速率的发送，传感器节点具有自动感知网络忙闲状态，并根据自身信号优先级调整发送速率的功能。本发明具体发送速率动态调整方案如下：1. 在 IEEE802.15.4 MAC 协议基础上，引入信道忙闲指标 (CBI)，传感器节点根据退避次数和信道竞争成功或失败的结果动态评估当前信道忙闲；2. 预先设置具有某优先级生理信号在某网络忙闲状态 (用 CBI 表示) 下适当的传输速率；3. 传感器节点结合当前 CBI，根据预先设置，动态调整发送速率，保证重要信号的带宽，降低网络负载，从而降低竞争退避次数，降低系统能耗。

本发明的有益效果是：

1. 实现了在共享人体域无线传输信道下的多种生理信号的传输；
2. 传感器传输节点结构简单，功能简化，尺寸小；
3. 使用低功耗无线通信标准，并进一步采用分布式自适应能耗优化机制，实现系统的低功耗。

#### 附图说明

图 1 本发明的传感器节点结构图；

图 2 本发明的体域医学传感器网络结构示意图；

图 3 本发明的中心节点结构图；

图 4a 本发明的体域医学传感器 CSMA/CA 算法流程图;

图 4b 本发明的传感器节点接收信标处理算法流程图;

图 4c 本发明的传感器节点发送数据流程图;

图中: 101. 数据采集模块 MedMod, 102. 控制协调模块 ConMod, 103. 无线收发通信模块 ComMod, 104. 传感器节点控制总线, 105. 传感器节点数据总线, 106. 无线数据信号, 107. 传感器节点电源总线, 201. 体域医学传感器网络传感器节点, 202. 体域医学传感器网络中心节点, 301. 人机接口及远程通信模块, 302. 中央控制协调模块, 303. 个域网协调器模块, 304. 控制总线, 305. 数据总线, 306. 无线数据接收。

### 具体实施方式

下面结合具体实施例, 进一步阐述本发明。应理解, 这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围。此外应理解, 在阅读了本发明讲授的内容之后, 本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改, 这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

#### 实施例 1

本体域医学传感器网络的物理层链路层采用低速率个域网 LR-WPAN (Low Rate-Wireless Personal Area Networks) 协议 IEEE802.15.4, 该协议支持简单的低功耗设备以较低的速率在 0-10m 的范围内传输数据。本方案采用基于 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum, 直接序列扩频) 2.4GHz 物理层规范, 提供 250kb/s 无线传输带宽。

传输网络采用单跳星型拓扑结构, 由数个传感器节点和一个网络中心节点构成。设置所有的传感器节点都和网络中心节点单跳可达。单跳星型的拓扑结构具有简单、高效的特点, 并降低系统能耗和网络延迟。据标准规定, 星型 IEEE802.15.4 网络中由一个个域网协调器 (PANCoordinator, PANCo) 和数个简化功能设备 (RFD) 组成。

传感器节点包括信号采集模块 (MedMod)、控制协调模块 (ConMod)、无线收发通信模块 (ComMod) 和电源模块组成。MedMod 采用具有标准串行输出接口的医学生理信号检测模块; ConMod 通过标准串行输出接口和 MedMod 通信, 设置其采集频率、精度等工作参数; 并接收其输出的生理信号。

ConMod 对于接收的生理信号数据, 具有用户设置和主动报警两种传输方式。在用户设置方式下, ConMod 按照用户的要求, 调用 ComMod 传输接口向网络中心节点发送采集的生理信号数据。在主动报警方式下, 对于接收的生理信号数据, ConMod 进行最基本的分析判断, 当判断生理状态异常时, 启动射频模块的工作, 调用 ComMod 传输接口向网络中心节点发送生理数据。

无线传输功能模块 ComMod 工作具有三种状态: 接收、发送、关机, 其工作周期采用

最小功耗原则。ComMod 三种工作状态分别具有的典型工作电流为 $\leq 30\text{mA}$ ,  $\leq 30\text{mA}$ ,  $\leq 16\mu\text{A}$ 。按照最小功耗原则,无收发任务时,ComMod 尽量处于关机状态以节省能耗。ComMod 按照固定的周期自动进入接收状态,接收个域网协调器 PANCo 发送的信标,保持同步。收到控制协调模块发送指令时,在个域网退避时隙的开始按照 CSMA-CA 机制争用无线信道,争用成功后,向个域网协调器发送数据。

网络中心节点由个域网协调器、中央控制协调模块,以及人机输入接口、报警、显示、远程无线通信、存储等模块组成。个域网协调器按照固定的工作周期发送信标,同步整个体域传感器网络的数据发送。

媒体访问控制子层采用信标使能的时隙 CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance 载波帧听多点接入/冲突避免),由网络中心节点发送信标控制传感器节点发送数据。

本体域医学传感器网络传感器节点结构如图 1 所示,数据采集模块 (101) 采用医学传感器采集心电图 (ECG)、心率 (HR)、呼吸/呼吸率 (RESP)、体温 (TEMP)、血压 (BP)、血氧饱和度 (SPO2)、脉搏等生理信号,并将采集数据通过传感器节点数据总线 (105) 传输到控制协调模块 ConMod (102),控制协调模块对数据进行必要的分析处理,需要时将数据按照接口协议,通过通信模块 ComMod (103) 发送无线数据信号 (106),传感器节点实现分布式自适应能量优化机制,将发送速率和发送功率控制信号通传感器节点控制总线 (104) 发送给数据采集模块 (101) 和简单功能设备模块 ComMod (103)。传感器节点各模块通过传感器节点电源总线 (107) 进行电源供电。

本体域医学传感器网络节点分布和网络拓扑示意图如图 2 所示。分布在身体各生理采集部位的传感器节点 (201) 都包含在以网络中心节点 (202) 为中心的单跳无线发送范围内。

本体域医学传感器网络中心节点结构如图 3 所示。人机接口及远程通信模块 (301) 接收用户输入控制、显示生理状态分析诊断结果,并将生理信号和身体状态数据通过远程通信接口发送到生理监护后台系统。中央控制协调模块 (302) 通过控制总线 (304) 协调中心节点各模块的工作。个域网协调器模块 (303) 发送信标同步整个网络的无线发送,并接收各传感器节点 (201) 的无线数据的发送 (306),然后通过数据总线 (305) 发送给中央控制协调模块。

图 4a 是本发明的体域医学传感器媒体访问控制层 (MAC) CSMA/CA 算法流程图,本算法实现了体域医学传感器网络多节点对共享无线传输信道的访问控制;图 4b 是本发明的传感器节点接收信标处理算法流程图,其中 FCS 为 16 位的帧校验检测序列,通过对中心

节点发送的信标的帧错误校验和接收信号强度检测, 动态调整网络信号衰减指数 SPLI; 图 4c 是本发明的传感器节点发送数据流程图, 在每次数据帧发送时根据当前网络信号衰减指数 SPLI 调整数据发送功率, 根据信道忙闲指数 CBI 和优先级调整数据发送速率, 在发送数据进行信道争用时根据成功与否调整 CBI; 在发送数据后根据是否收到中心节点的确认应答帧调整信号衰减指数 SPLI。各参数具体调整值可以根据实际具体情况设定。



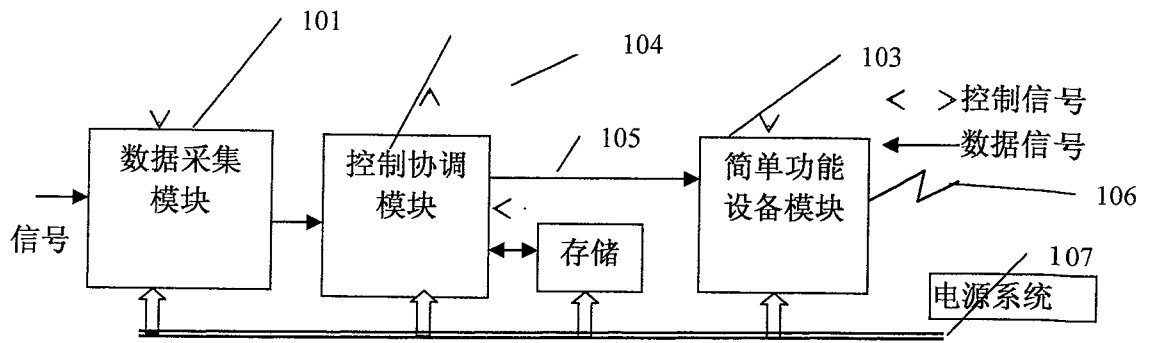


图 1

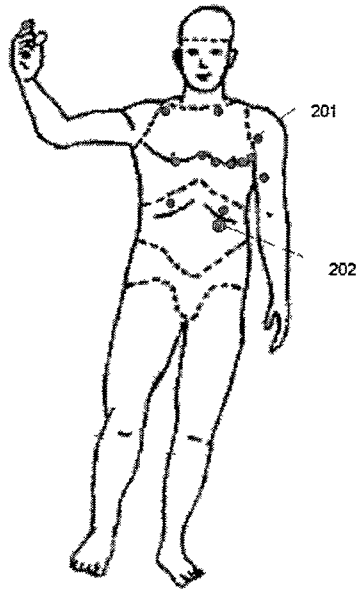


图 2

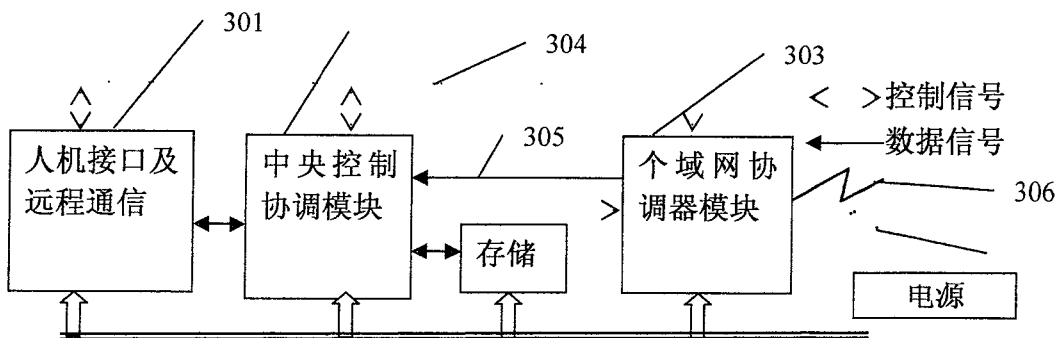


图 3

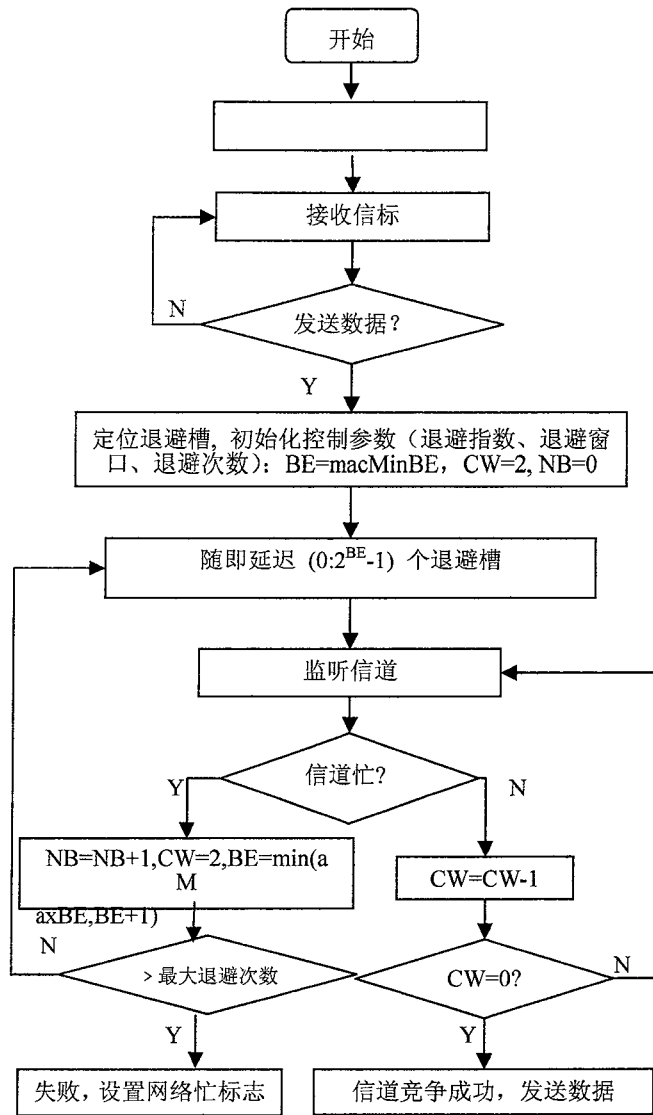


图 4 a

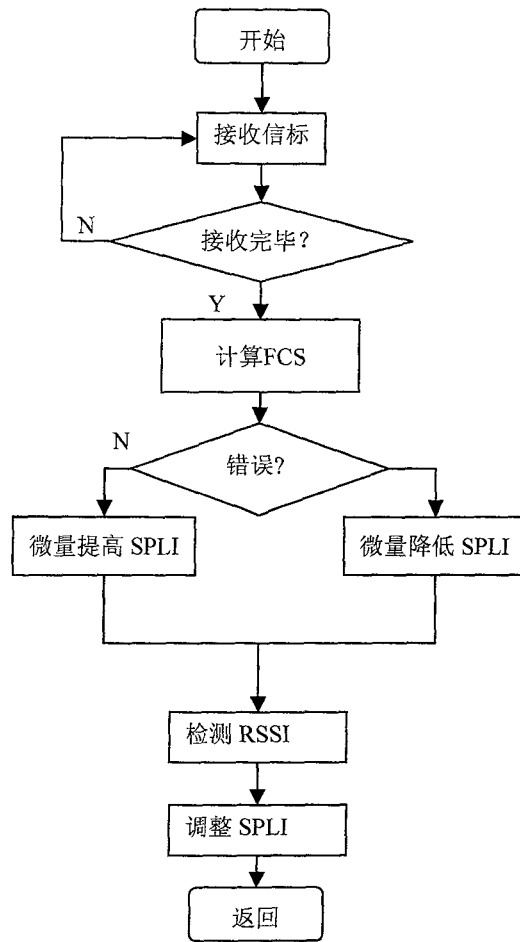


图 4 b

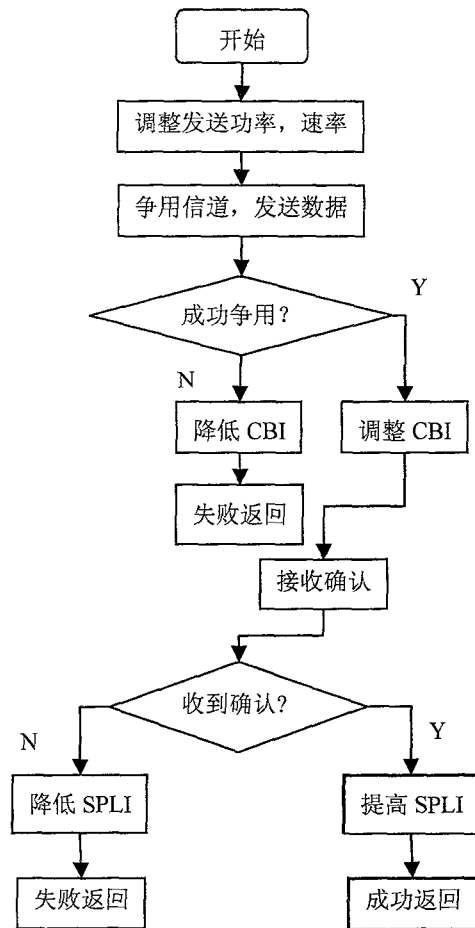


图 4c