



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106793151 B

(45)授权公告日 2019.11.26

(21)申请号 201611168718.7

审查员 杨昕月

(22)申请日 2016.12.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106793151 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(73)专利权人 佛山科学技术学院

地址 528000 广东省佛山市禅城区江湾一路18号

(72)发明人 任卫东

(74)专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事

务所(普通合伙) 44268

代理人 王永文 刘文求

(51)Int.Cl.

H04W 74/08(2009.01)

H04B 1/713(2011.01)

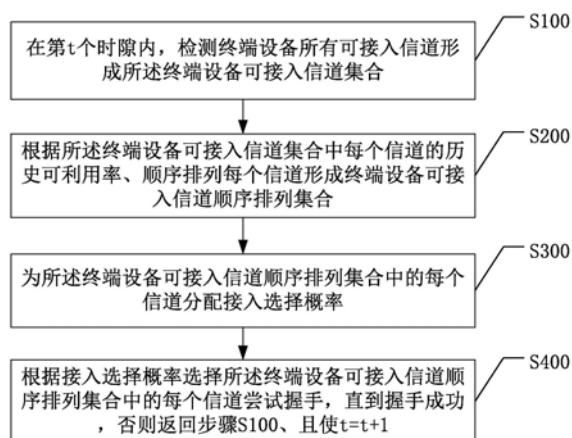
权利要求书4页 说明书23页 附图1页

(54)发明名称

一种无线嵌入式网络中分布式随机握手方法及其系统

(57)摘要

本发明公开了一种无线嵌入式网络中分布式随机握手方法及其系统,所述方法包括:步骤1、在第 t 个时隙内,检测终端设备所有可接入信道形成所述终端设备可接入信道集合;步骤2、根据所述终端设备可接入信道集合中每个信道的历史可利用率、顺序排列每个信道形成终端设备可接入信道顺序排列集合;步骤3、为所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率;步骤4、根据接入选择概率选择所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道尝试握手,直到握手成功,否则返回步骤1、且使 $t=t+1$ 。本发明提供的技术方案,能有效地使通信终端在无线信道动态变化环境导致可接入通道动态变化时、实现设备间握手进而实现顺畅有效通信。



1. 一种无线嵌入式网络中分布式随机握手方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、在第t个时隙内,检测终端设备所有可接入信道形成所述终端设备可接入信道集合;

步骤2、根据所述终端设备可接入信道集合中每个信道的历史可利用率、顺序排列每个信道形成终端设备可接入信道顺序排列集合;

步骤3、为所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率;

步骤4、根据接入选择概率选择所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道尝试握手,直到握手成功,否则返回步骤1、且使 $t=t+1$;

所述的步骤1包括:

步骤11、统计无线嵌入式网络中的可接入信道总数;

步骤12、在第t个时隙内,检测无线嵌入式网络中终端设备所有可接入信道、形成所述终端设备可接入信道集合,用下列公式表示:

$$A^t = \{A_{c_1}^t, A_{c_2}^t, \dots, A_{c_i}^t, \dots, A_{c_n}^t\} \quad (1);$$

$$U_A^t = \{c_i, \forall i: A_{c_i}^t = 1\} \quad (2);$$

公式(1)是一个布尔向量,表示在第t个时隙内,终端设备A的可接入信道情况,其中,n表示无线嵌入式网络中的可接入信道总数,t表示第t个时隙, $t=1,2,\dots,\infty$, c_i 表示第i个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第t个时隙内接入信道 c_i , $A_{c_i}^t=0$ 表示终端设备A不能在第t个时隙内接入信道 c_i ;

公式(2)中 U_A^t 表示在第t个时隙内,终端设备A的可接入信道集合, c_i 表示第i个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第t个时隙内接入信道 c_i ;

所述的步骤2具体包括:

步骤21、计算在第t个时隙内,第i个信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率 S_{A,c_i}^t ,计算公式为: $S_{A,c_i}^t = \sum_{t'=1}^t A_{c_i}^{t'} / t \quad (3);$

公式(3)中,其中, t' 为(1,t)的整数,即表示第 t' 个时隙;

步骤22、形成在第t个时隙内,信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率集合 $S_A^t = \{S_{A,c_1}^t, S_{A,c_2}^t, \dots, S_{A,c_i}^t, \dots, S_{A,c_n}^t\}$;

步骤23、将所述的 U_A^t 中的信道元素,根据每个信道 c_i 的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 降序或升序排列,得到终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\overline{U}_A^t$,即 $\overline{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$,其中,信道 $\dots, c_i, c_j, c_k, \dots$,对应的信道历史可利用率关系为 $\dots \geq S_{A,c_i}^t \geq S_{A,c_j}^t \geq S_{A,c_k}^t \geq \dots$ 或 $\dots \leq S_{A,c_i}^t \leq S_{A,c_j}^t \leq S_{A,c_k}^t \leq \dots$ 。

2. 根据权利要求1所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法,其特征在于,所述的步骤11具体为:

$$\text{若 } A_{c_i}^t = 1, \text{ 则 } S_{A,c_i}^t = \left[S_{A,c_i}^{t-1} + 1/(t-1) \right] \times (t-1)/t \quad (4);$$

$$\text{若 } A_{c_i}^t = 0, \text{ 则 } S_{A,c_i}^t = S_{A,c_i}^{t-1} \times (t-1)/t \quad (5);$$

其中, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第t个时隙内接入信道 c_i , $A_{c_i}^t=0$ 表示终端设备A不能在第t个时隙内接入信道 c_i 。

3. 根据权利要求1或2所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法, 其特征在于, 所述的步骤3具体为:

终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率计算方法为: 设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$, 按照 $\bar{U}_A^t$ 中可接入信道对应的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 作为权重分配概率, 计算得到信道 $..., c_i, c_j$ 和 $c_k, ...$, 的被选择的概率分别为 $..., S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t)$ 和 $S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) ...,$ 且 $... + S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + ... = 1$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法, 其特征在于, 所述的步骤3具体为:

终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类指数分布计算方法为: 设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,

$$e^{j-1} \quad (6);$$

$$e^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} e^{j'-1} \quad (7);$$

公式 (6) 表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素分配权重, $j=1, 2, ..., n_A^t$;

公式 (7) 表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素被选择的概率, $j'=1, 2, ..., n_A^t$;

其中, e是欧拉数。

5. 根据权利要求1或2所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法, 其特征在于, 所述的步骤3具体为:

终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类几何分布计算方法为: 设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,

$$\lambda (1-\lambda)^{j-1} \quad (8);$$

$$\lambda (1-\lambda)^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} \lambda (1-\lambda)^{j'-1} \quad (9);$$

公式 (8) 表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素的分配权重, 其中, $j=1, 2, ..., n_A^t$, $\lambda \in (0, 1)$ 为标准几何分布的常数参数;

公式 (9) 表示 $\overline{U}_A^t$ 中第 j 个信道元素对应的被选择概率, $j'=1,2,\dots,n_A^t$ 。

6. 一种无线嵌入式网络中分布式随机握手系统, 其特征在于, 包括:

检测模块, 用于在第 t 个时隙内, 检测终端设备所有可接入信道形成所述终端设备可接入信道集合;

排序模块, 用于根据所述终端设备可接入信道集合中每个信道的历史可利用率、顺序排列每个信道形成终端设备可接入信道顺序排列集合;

选择概率分配模块, 用于为所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率;

握手模块, 用于根据接入选择概率选择所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道尝试握手, 直到握手成功, 否则返回检测模块、且使 $t=t+1$;

所述的检测模块包括:

统计单元, 用于统计无线嵌入式网络中的可接入信道总数;

检测单元, 用于在第 t 个时隙内, 检测无线嵌入式网络中终端设备所有可接入信道、形成所述终端设备可接入信道集合, 用下列公式表示:

$$A^t = \{A_{c_1}^t, A_{c_2}^t, \dots, A_{c_i}^t, \dots, A_{c_n}^t\} \quad (1);$$

$$U_A^t = \{c_i, \forall i: A_{c_i}^t = 1\} \quad (2);$$

公式 (1) 是一个布尔向量, 表示在第 t 个时隙内, 终端设备 A 的可接入信道情况, 其中, n 表示无线嵌入式网络中的可接入信道总数, t 表示第 t 个时隙, $t=1,2,\dots,\infty$, c_i 表示第 i 个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备 A 可以在第 t 个时隙内接入信道 c_i , $A_{c_i}^t=0$ 表示终端设备 A 不能在第 t 个时隙内接入信道 c_i ;

公式 (2) 中 U_A^t 表示在第 t 个时隙内, 终端设备 A 的可接入信道集合, c_i 表示第 i 个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备 A 可以在第 t 个时隙内接入信道 c_i ;

所述的排序模块包括:

计算单元, 用于计算在第 t 个时隙内, 第 i 个信道 c_i 对于终端设备 A 的历史可利用率 S_{A,c_i}^t , 计算公式为: $S_{A,c_i}^t = \sum_{t'=1}^t A_{c_i}^{t'} / t \quad (3);$

公式 (3) 中, 其中, t' 为 $(1, t)$ 的整数, 即表示第 t' 个时隙;

信道历史可利用率集合单元, 用于形成在第 t 个时隙内, 信道 c_i 对于终端设备 A 的历史可利用率集合 $S_A^t = \{S_{A,c_1}^t, S_{A,c_2}^t, \dots, S_{A,c_i}^t, \dots, S_{A,c_n}^t\}$;

排序单元, 用于将所述的 U_A^t 中的信道元素, 根据每个信道 c_i 的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 降序或升序排列, 得到终端设备 A 可接入信道顺序排列集合 $\overline{U}_A^t$, 即 $\overline{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$, 其中, 信道 $\dots, c_i, c_j, c_k, \dots$, 对应的信道历史可利用率关系为 $\dots \geq S_{A,c_i}^t \geq S_{A,c_j}^t \geq S_{A,c_k}^t \geq \dots$ 或 $\dots \leq S_{A,c_i}^t \leq S_{A,c_j}^t \leq S_{A,c_k}^t \leq \dots$ 。

7. 根据权利要求6所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手系统,其特征在于,所述的选择概率分配模块包括:

选择概率第一计算单元,用于终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\overline{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,按照 $\overline{U}_A^t$ 中可接入信道对应的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 作为权重分配概率,计算得到信道 $..., c_i, c_j$ 和 $c_k, ...$,的被选择的概率分别为 $..., S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t)$ 和 $S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), ...$,且 $... + S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + ... = 1$;

选择概率第二计算单元,用于终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类指数分布计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\overline{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,

$$e^{j-1} \quad (6);$$

$$e^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} e^{j'-1} \quad (7);$$

公式(6)表示 $\overline{U}_A^t$ 中第j个信道元素分配权重, $j=1,2,...,n_A^t$;

公式(7)表示 $\overline{U}_A^t$ 中第j个信道元素被选择的概率, $j'=1,2,...,n_A^t$;

其中,e是欧拉数;

选择概率第三计算单元,用于终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类几何分布计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\overline{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,

$$\lambda (1-\lambda)^{j-1} \quad (8);$$

$$\lambda (1-\lambda)^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} \lambda (1-\lambda)^{j'-1} \quad (9);$$

公式(8)表示 $\overline{U}_A^t$ 中第j个信道元素的分配权重,其中, $j=1,2,...,n_A^t$, $\lambda \in (0,1)$ 为标准几何分布的常数参数;

公式(9)表示 $\overline{U}_A^t$ 中第j个信道元素对应的被选择概率, $j'=1,2,...,n_A^t$ 。

一种无线嵌入式网络中分布式随机握手方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及无线嵌入式网络通信技术领域,尤其涉及的是一种无线嵌入式网络中分布式随机握手方法及其系统。

背景技术

[0002] 嵌入式系统(Embedded System)是一种以微控制单元为核心的具有特定功能的计算机系统。随着物联网的普及与发展,嵌入式系统被广泛地应用于工业控制、电子商务、信息家电等领域,并且对嵌入式终端设备之间的无线通信的要求越来越高,因此,无线嵌入式网络(Wireless Embedded Networks,WENs)的通信技术的研究是该领域研究的重要课题之一。

[0003] 无线嵌入式网络由嵌入式终端设备(Embedded Terminal Device,ETD)组成,通过无线通信的技术,终端设备通过接入由可用频谱分解成的无线信道实现通信,无线通信对无线嵌入式网络的正常运行起到关键作用。在通信过程中,嵌入式终端设备感知频谱的可利用状态,通过跳频(Channel Hopping,CH)技术接入某一可接入无线信道,从而与其他接入相同信道的嵌入式终端设备进行通信,我们将嵌入式终端设备通过跳频技术接入同一信道称为握手。只有通过握手,嵌入式终端设备之间才能建立相应的通信链路,进而实现通信。因此,其中的握手方法更是重中之重,研究无线嵌入式网络中的握手问题对提高无线嵌入式网络的效能具有重要的现实意义。

[0004] 根据网络结构的不同,无线嵌入式网络中的握手方法可分为集中式和分布式两类。集中式握手方法大多需要通过一个提前配置好的中央控制器,辅以一个控制信道来实现无线通信设备之间的握手,但是,无线嵌入式网络的动态变化的特性使得集中式握手方法难以实现。

[0005] 不同于集中式握手方法,分布式握手方法不采用任何中央控制器辅助握手,从而避免了单点故障以及在控制信道上的拥堵。然而,目前大多数对无线嵌入式网络握手问题的研究只考虑可接入信道处于稳定状态的情况,而实际情况是ETD的可接入信道会随时间和地点的变化而变化,无线信道环境具有动态变化的特性,例如,由于附近设备对信道的占用所形成的干扰,使得一些原本可接入的信道变得不能使用,从而影响设备间通信。

[0006] 因此,现有技术还有待于改进和发展。

发明内容

[0007] 鉴于上述现有技术的不足之处,本发明的目的在于提供一种无线嵌入式网络中分布式随机握手方法及其系统,旨在解决无线嵌入式网络中分布式可接入信道动态变化影响设备间通信的问题。

[0008] 本发明采用的技术方案如下:

[0009] 一种无线嵌入式网络中分布式随机握手方法,包括以下步骤:

[0010] 步骤1、在第t个时隙内,检测终端设备所有可接入信道形成所述终端设备可接入

信道集合；

[0011] 步骤2、根据所述终端设备可接入信道集合中每个信道的历史可利用率、顺序排列每个信道形成终端设备可接入信道顺序排列集合；

[0012] 步骤3、为所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率；

[0013] 步骤4、根据接入选择概率选择所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道尝试握手，直到握手成功，否则返回步骤1、且使 $t=t+1$ 。

[0014] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法，其中，所述的步骤1包括：

[0015] 步骤11、统计无线嵌入式网络中的可接入信道总数；

[0016] 步骤12、在第 t 个时隙内，检测无线嵌入式网络中终端设备所有可接入信道、形成所述终端设备可接入信道集合，用下列公式表示：

$$[0017] \quad A^t = \{A_{c_1}^t, A_{c_2}^t, \dots, A_{c_i}^t, \dots, A_{c_n}^t\} \quad (1);$$

$$[0018] \quad U_A^t = \{c_i, \forall i: A_{c_i}^t = 1\} \quad (2);$$

[0019] 公式(1)是一个布尔向量，表示在第 t 个时隙内，终端设备A的可接入信道情况，其中， n 表示无线嵌入式网络中的可接入信道总数， t 表示第 t 个时隙， $t=1, 2, \dots, \infty$ ， c_i 表示第 i 个信道， $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第 t 个时隙内接入信道 c_i ， $A_{c_i}^t=0$ 表示终端设备A不能在第 t 个时隙内接入信道 c_i ；

[0020] 公式(2)中 U_A^t 表示在第 t 个时隙内，终端设备A的可接入信道集合， c_i 表示第 i 个信道， $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第 t 个时隙内接入信道 c_i 。

[0021] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法，其中，所述的步骤2具体包括：

[0022] 步骤21、计算在第 t 个时隙内，第 i 个信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率 S_{A,c_i}^t ，

$$\text{计算公式为: } S_{A,c_i}^t = \sum_{t'=1}^t A_{c_i}^{t'} / t \quad (3);$$

[0023] 公式(3)中，其中， t' 为 $(1, t)$ 的整数，即表示第 t' 个时隙。

[0024] 步骤22、形成在第 t 个时隙内，信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率集合 $S_A^t = \{S_{A,c_1}^t, S_{A,c_2}^t, \dots, S_{A,c_i}^t, \dots, S_{A,c_n}^t\}$ ；

[0025] 步骤23、将所述的 U_A^t 中的信道元素，根据每个信道 c_i 的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 降序或升序排列，得到终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t$ ，即 $\bar{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$ ，其中，信道 $\dots, c_i, c_j, c_k, \dots$ ，对应的信道历史可利用率关系为 $\dots \geq S_{A,c_i}^t \geq S_{A,c_j}^t \geq S_{A,c_k}^t \geq \dots$ 或 $\dots \leq S_{A,c_i}^t \leq S_{A,c_j}^t \leq S_{A,c_k}^t \leq \dots$ 。

[0026] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法，其中，所述的步骤11具体为：

$$[0027] \quad \text{若 } A_{c_i}^t = 1, \text{ 则 } S_{A,c_i}^t = \left[S_{A,c_i}^{t-1} + 1/(t-1) \right] \times (t-1)/t \quad (4);$$

[0028] 若 $A'_{c_i} = 0$, 则 $S'_{A,c_i} = S'_{A,c_i} \times (t-1)/t$ (5);

[0029] 其中, $A'_{c_i} = 1$ 表示终端设备A可以在第t个时隙内接入信道 c_i , $A'_{c_i} = 0$ 表示终端设备A不能在第t个时隙内接入信道 c_i 。

[0030] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法, 其中, 所述的步骤3具体为:

[0031] 终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率计算方法为:

设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}'_A = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$, 按照 $\bar{U}'_A$ 中可接入信道对应的历史可利用率 S'_{A,c_i} 作为权重分配概率, 计算得到信道 $..., c_i, c_j$ 和 $c_k, ...$, 的被选择的概率分别为 $..., S'_{A,c_i} / (S'_{A,c_i} + S'_{A,c_j} + S'_{A,c_k}), S'_{A,c_j} / (S'_{A,c_i} + S'_{A,c_j} + S'_{A,c_k})$ 和 $S'_{A,c_k} / (S'_{A,c_i} + S'_{A,c_j} + S'_{A,c_k}), ...$, 且 $... + S'_{A,c_i} / (S'_{A,c_i} + S'_{A,c_j} + S'_{A,c_k}) + S'_{A,c_j} / (S'_{A,c_i} + S'_{A,c_j} + S'_{A,c_k}) + S'_{A,c_k} / (S'_{A,c_i} + S'_{A,c_j} + S'_{A,c_k}) + ... = 1$ 。

[0032] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法, 其中, 所述的步骤3具体为:

[0033] 终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类指数分布计算方法为: 设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}'_A = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,

[0034] e^{j-1} (6);

[0035] $e^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n'_A} e^{j'-1}$ (7);

[0036] 公式(6)表示 $\bar{U}'_A$ 中第j个信道元素分配权重, $j = 1, 2, ..., n'_A$;

[0037] 公式(7)表示 $\bar{U}'_A$ 中第j个信道元素被选择的概率, $j' = 1, 2, ..., n'_A$;

[0038] 其中, e是欧拉数。

[0039] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法, 其中, 所述的步骤3具体为:

[0040] 终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类几何分布计算方法为: 设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}'_A = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,

[0041] $\lambda (1-\lambda)^{j-1}$ (8);

[0042] $\lambda (1-\lambda)^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n'_A} \lambda (1-\lambda)^{j'-1}$ (9);

[0043] 公式(8)表示 $\bar{U}'_A$ 中第j个信道元素的分配权重, 其中, $j = 1, 2, ..., n'_A$, $\lambda \in (0, 1)$ 为标准几何分布的常数参数;

[0044] 公式(9)表示 $\bar{U}'_A$ 中第j个信道元素对应的被选择概率, $j' = 1, 2, ..., n'_A$ 。

[0045] 一种无线嵌入式网络中分布式随机握手系统, 包括:

[0046] 检测模块, 用于在第t个时隙内, 检测终端设备所有可接入信道形成所述终端设备可接入信道集合;

[0047] 排序模块, 用于根据所述终端设备可接入信道集合中每个信道的历史可利用率、顺序排列每个信道形成终端设备可接入信道顺序排列集合;

[0048] 选择概率分配模块,用于为所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率;

[0049] 握手模块,用于根据接入选择概率选择所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道尝试握手,直到握手成功,否则返回检测模块、且使 $t=t+1$ 。

[0050] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手系统,其中,所述的检测模块包括:

[0051] 统计单元,用于统计无线嵌入式网络中的可接入信道总数;

[0052] 检测单元,用于在第 t 个时隙内,检测无线嵌入式网络中终端设备所有可接入信道、形成所述终端设备可接入信道集合,用下列公式表示:

$$[0053] \quad A^t = \{A_{c_1}^t, A_{c_2}^t, \dots, A_{c_i}^t, \dots, A_{c_n}^t\} \quad (1);$$

$$[0054] \quad U_A^t = \{c_i, \forall i: A_{c_i}^t = 1\} \quad (2);$$

[0055] 公式(1)是一个布尔向量,表示在第 t 个时隙内,终端设备A的可接入信道情况,其中, n 表示无线嵌入式网络中的可接入信道总数, t 表示第 t 个时隙, $t=1,2,\dots,\infty$, c_i 表示第 i 个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第 t 个时隙内接入信道 c_i , $A_{c_i}^t=0$ 表示终端设备A不能在第 t 个时隙内接入信道 c_i ;

[0056] 公式(2)中 U_A^t 表示在第 t 个时隙内,终端设备A的可接入信道集合, c_i 表示第 i 个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第 t 个时隙内接入信道 c_i 。

[0057] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手系统,其中,所述的排序模块包括:

[0058] 计算单元,用于计算在第 t 个时隙内,第 i 个信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率

$$S_{A,c_i}^t, \text{计算公式为: } S_{A,c_i}^t = \sum_{t'=1}^t A_{c_i}^{t'} / t \quad (3);$$

[0059] 公式(3)中,其中, t' 为 $(1,t)$ 的整数,即表示第 t' 个时隙。

[0060] 信道历史可利用率集合单元,用于形成在第 t 个时隙内,信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率集合 $S_A^t = \{S_{A,c_1}^t, S_{A,c_2}^t, \dots, S_{A,c_i}^t, \dots, S_{A,c_n}^t\}$;

[0061] 排序单元,用于将所述的 U_A^t 中的信道元素,根据每个信道 c_i 的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 降序或升序排列,得到终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t$,即 $\bar{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$,其中,信道 $\dots, c_i, c_j, c_k, \dots$,对应的信道历史可利用率关系为 $\dots \geq S_{A,c_i}^t \geq S_{A,c_j}^t \geq S_{A,c_k}^t \geq \dots$ 或 $\dots \leq S_{A,c_i}^t \leq S_{A,c_j}^t \leq S_{A,c_k}^t \leq \dots$;

[0062] 所述的选择概率分配模块包括:

[0063] 选择概率第一计算单元,用于终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分

配接入选择概率计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$,

按照 $\bar{U}_A^t$ 中可接入信道对应的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 作为权重分配概率,计算得到信道 $\dots, c_i,$

c_j 和 $c_k \dots$,的被选择的概率分别为 $\dots, S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t)$ 和

$$S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) \dots, \text{且} \\ \dots + S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + \dots = 1 ;$$

[0064] 选择概率第二计算单元,用于终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类指数分布计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合

$$\bar{U}_A^t = \{ \dots, c_i, c_j, c_k, \dots \} ,$$

$$[0065] \quad e^{j-1} \quad (6) ;$$

$$[0066] \quad e^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} e^{j'-1} \quad (7) ;$$

[0067] 公式(6)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素分配权重, $j=1,2,\dots,n_A^t$;

[0068] 公式(7)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素被选择的概率, $j'=1,2,\dots,n_A^t$;

[0069] 其中,e是欧拉数;

[0070] 选择概率第三计算单元,用于终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类几何分布计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合

$$\bar{U}_A^t = \{ \dots, c_i, c_j, c_k, \dots \} ,$$

$$[0071] \quad \lambda (1-\lambda)^{j-1} \quad (8) ;$$

$$[0072] \quad \lambda (1-\lambda)^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} \lambda (1-\lambda)^{j'-1} \quad (9) ;$$

[0073] 公式(8)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素的分配权重,其中, $j=1,2,\dots,n_A^t$, $\lambda \in (0,1)$ 为标准几何分布的常数参数;

[0074] 公式(9)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素对应的被选择概率, $j'=1,2,\dots,n_A^t$ 。

[0075] 有益效果:相较于现有技术,本发明提供一种无线嵌入式网络中分布式随机握手方法及其系统,针对无线嵌入式网络中无线信道环境动态变化的特性和网络的分布式特性,提出了基于启发式的嵌入式终端设备的分布式握手方法,所述方法利用的无线信道历史可利用率,通过合理地当前可利用信道分配随机选择概率,无线嵌入式终端设备在每一个时间片随机选择并且接入某一信道,在所述信道上尝试握手,能有效地使拟通信终端设备在可接入信道动态变化的情况下实现设备间握手进而实现顺畅有效通信。

附图说明

[0076] 图1为本发明提供的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法较佳实施例流程图

[0077] 图2为本发明提供的无线嵌入式网络中分布式随机握手系统较佳实施例功能模块图。

具体实施方式

[0078] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚、明确,以下参照附图并举实施例对

本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0079] 本发明通过统计信道状态,针对无线嵌入式网络中分布式信道动态环境下的嵌入式终端设备,提出了基于启发式算法的分布式握手方法,并通过仿真实验对所述方法效能进行分析,以下进行详细解释。

[0080] 请参见图1,图1是本发明提供的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法较佳实施例流程图,包括步骤:

[0081] S100、在第 t 个时隙内,检测终端设备所有可接入信道形成所述终端设备可接入信道集合;

[0082] 用一个数学问题来描述,举例来说,在一个无线嵌入式网络中,假如有两个嵌入式终端设备A和B,拟通过接入一个相同的无线信道建立通信链路,设可接入无线信道集合 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 中,其中, $c_i, \forall i$ 表示第 i 个信道。不失一般性,我们假设无线信道两两正交(正交频分复用技术,即Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM,是将信道分成若干正交子信道,将高速数据信号转换成并行的低速子数据流,调制到在每个子信道上进行传输。),我们将时间离散化称一个个等长的时间片,用 t 表示第 t 个时间片,用 Δt 表示每一个时间片的长度,所述的时间长度 Δt 可以根据需要预先来确定,则第 t 个时间片即为第 t 个时隙内。需要说明的是,时间片,即时隙的长度,可以根据不同的实际环境需要具体设定,在此不做限定。

[0083] 同时,考虑信道的动态特性,令布尔变量 $A_{c_i}^t$ 和 $B_{c_i}^t (i=1,2,\dots,n)$ 分别为:在第 t 个时间片,信道 c_i 对终端设备A和B的可接入情况,例如, $A_{c_i}^t = 1$ 表示在第 t 个时隙内信道 c_i 可以被终端设备A接入。对于任意一个时间片 t ,终端设备A(或B)选择当前的一个可接入信道(即跳频操作),尝试握手。我们用 δ 表示任意用户对从尝试握手到握手成功所需要的最小时间,则有 $\Delta t \geq \delta$ 。由无线嵌入式网络的分布式特性可知,终端设备A和B分别只知道各自的可接入信道情况。我们称之为成功握手,当且仅当终端设备A和B选择相同的信道,比如同时选择信道 c_i ,则终端设备A和B可以成功握手,从而实现通信。我们假设在任何时刻终端设备A和B存在至少一个相同的可接入的信道。

[0084] 实施时,本步骤S100具体包括:

[0085] S110、统计无线嵌入式网络中的可接入信道总数;

[0086] S120、在第 t 个时隙内,检测无线嵌入式网络中终端设备所有可接入信道、形成所述终端设备可接入信道集合,用下列公式表示:

$$[0087] \quad A^t = \{A_{c_1}^t, A_{c_2}^t, \dots, A_{c_i}^t, \dots, A_{c_n}^t\} \quad (1);$$

$$[0088] \quad U_A^t = \{c_i, \forall i: A_{c_i}^t = 1\} \quad (2);$$

[0089] 公式(1)是一个布尔向量,表示在第 t 个时隙内,终端设备A的可接入信道情况,其中, n 表示无线嵌入式网络中的可接入信道总数, t 表示第 t 个时隙, $t=1,2,\dots,\infty$, c_i 表示第 i 个信道, $A_{c_i}^t = 1$ 表示终端设备A可以在第 t 个时隙内接入信道 c_i , $A_{c_i}^t = 0$ 表示终端设备A不能在第 t 个时隙内接入信道 c_i ;

[0090] 公式(2)中 U_A^t 表示在第t个时隙内,终端设备A的可接入信道集合, c_i 表示第i个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第t个时隙内接入信道 c_i 。

[0091] 具体实施时,实际应用中,无线嵌入式网络中的可接入信道总数n取决于具体的应用系统环境,信道数目n取决于因素:1)、可以利用的频带范围;2)、每个信道所分配的频段带宽。举例说明,嵌入式设备在WiFi场景下,802.11b/g/n协议的频带是2.412GHz~2.472GHz,一共60Mhz,802.11a/n在中国可用的频带是5.745GHz~5.825GHz,同样也是60Mhz。这里如果一个信道是20MHz,那么大约只有3个信道;如果一个信道分配10MHz,那么大约有6个信道,因此信道在每个系统中是固定的,只需要在具体的系统环境下进行检测统计即可,在此不再赘述。

[0092] 检测无线嵌入式网络中信道在第t个时隙内是否可接入,可采用现有技术判断,在此不再赘述。

[0093] S200、根据所述终端设备可接入信道集合中每个信道的历史可利用率、顺序排列每个信道形成终端设备可接入信道顺序排列集合;

[0094] 基于无线嵌入式网络的特性,本专利申请提出无线信道动态变化环境下的分布式自适应随机握手方法,在所述握手方法下,在每个时间片伊始,即每个时隙开始,每个嵌入式终端设备首先统计n个信道的历史可接入次数,基于各个信道的历史可接入频率,亦即信道的历史开放率,为当前可接入信道分配随机选择的概率,最后基于所述随机选择概率分布随机选择一个信道进行握手尝试。具体来说,所述的步骤S200包括:

[0095] S210、计算在第t个时隙内,第i个信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率 S_{A,c_i}^t , 计算公式为: $S_{A,c_i}^t = \sum_{t'=1}^t A_{c_i}^{t'} / t$ (3);

[0096] 公式(3)中,其中, t' 为(1,t)的整数,即表示第 t' 个时隙。

[0097] S220、形成在第t个时隙内,信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率集合 $S_A^t = \{S_{A,c_1}^t, S_{A,c_2}^t, \dots, S_{A,c_i}^t, \dots, S_{A,c_n}^t\}$;

[0098] S230、将所述的 U_A^t 中的信道元素,根据每个信道 c_i 的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 降序或升序排列,得到终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t$, 即 $\bar{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$, 其中,信道 $\dots, c_i, c_j, c_k, \dots$, 对应的信道历史可利用率关系为 $\dots \geq S_{A,c_i}^t \geq S_{A,c_j}^t \geq S_{A,c_k}^t \geq \dots$ 或 $\dots \leq S_{A,c_i}^t \leq S_{A,c_j}^t \leq S_{A,c_k}^t \leq \dots$ 。

[0099] 进一步的,所述的步骤S210具体为:

[0100] 若 $A_{c_i}^t = 1$, 则 $S_{A,c_i}^t = [S_{A,c_i}^{t-1} + 1/(t-1)] \times (t-1)/t$ (4);

[0101] 若 $A_{c_i}^t = 0$, 则 $S_{A,c_i}^t = S_{A,c_i}^{t-1} \times (t-1)/t$ (5);

[0102] 其中, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第t个时隙内接入信道 c_i , $A_{c_i}^t=0$ 表示终端设备A不能在第t个时隙内接入信道 c_i 。

[0103] 实施时,优选的根据每个信道 c_i 的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 降序顺序排列,得到终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t$,这样,有利于在后续步骤中优先选择握手成功几率大的信道进行尝试,从而也尽可能缩短任意用户对从尝试握手到握手成功所需要的时间,更加有利提高终端设备间通信的效率。

[0104] S300、为所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率;

[0105] 比如,为所述终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$ 中的每个信道分配接入选择概率,这是本技术方案核心的步骤,正是基于此接入选择概率的大小,进而分析确定哪个信道能使终端设备间握手成功的几率大,从而选择哪个信道尝试握手,提高终端设备间握手成功信道选择的几率。

[0106] 具体来说,所述的步骤S300为每个信道分配接入选择概率具体有三种方案,具体实施时,可根据实际需要任意选择其中一种,以下分别详细论述:

[0107] 方案①、终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,按照 $\bar{U}_A^t$ 中可接入信道对应的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 作为权重分配概率,计算得到 $..., c_i, c_j$ 和 $c_k, ...$,的概率分别为

$$..., S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) \text{ 和 } S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), ... \text{ 且 } \\ ... + S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + ... = 1。$$

[0108] 此种接入选择概率分配方法,是按照 $\bar{U}_A^t$ 中信道元素对应的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 作为权重分配概率,下面举例说明,假如 $\bar{U}_A^t$ 包含3个信道 c_i, c_j, c_k ,按照他们各自的信道历史可利用率,可以计算得到排列 $\bar{U}_A^t = \{c_i, c_j, c_k\}$,以降序顺序排列为例,也即 $S_{A,c_i}^t \geq S_{A,c_j}^t \geq S_{A,c_k}^t$,我们将 $S_{A,c_i}^t, S_{A,c_j}^t, S_{A,c_k}^t$ 作为权重作线性归一化处理,计算得到 c_i, c_j 和 c_k 的

$$\text{概率分别为 } S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) \text{ 和 } S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), \\ \text{这实则是一种归一化处理,因此这样分配能保证 } \bar{U}_A^t \text{ 中的元素的概率和为1,上述例子中,显然,我们知} \\ \text{道 } S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) = 1。$$

后续仿真试验中,以降序顺序排列为例来验证此信道分配接入选择概率的有效性。

[0109] 方案②、终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类指数分布计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{..., c_i, c_j, c_k, ...\}$,

$$[0110] \quad e^{j-1} \quad (6);$$

$$[0111] \quad e^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} e^{j'-1} \quad (7);$$

[0112] 公式(6)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素分配权重, $j=1,2,\dots,n_A^t$;

[0113] 公式(7)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素被选择的概率, $j'=1,2,\dots,n_A^t$;

[0114] 其中,e是欧拉数。

[0115] 需要说明的是,之所以称之为“类指数分布”的原因,是因为 $\bar{U}_A^t$ 中的元素个数是有限的,而通常意义下的指数分布考虑无穷大的随机变量取值范围。

[0116] 具体来说,基于类指数分布为A的可接入信道分配随机选择接入的概率,先为 $\bar{U}_A^t$ 中第j个元素(信道)分配权重 e^{j-1} , $j=1,2,\dots,n_A^t$,其中,e是欧拉数;分配完权重后通过归一化处理计算各信道的随机选择概率,则第j个元素对应的被选择概率为 $e^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} e^{j'-1}$,这种方式能保证 $\bar{U}_A^t$ 中元素的概率和等于1,进而保证选择的信道属于 $\bar{U}_A^t$ 。后续仿真试验中将验证此信道分配接入选择概率的有效性。

[0117] 方案③、终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类几何分布计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{...,c_i,c_j,c_k,...\}$,

$$[0118] \quad \lambda (1-\lambda)^{j-1} \quad (8);$$

$$[0119] \quad \lambda (1-\lambda)^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} \lambda (1-\lambda)^{j'-1} \quad (9);$$

[0120] 公式(8)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素的分配权重,其中, $j=1,2,\dots,n_A^t$, $\lambda \in (0,1)$ 为标准几何分布的常数参数;

[0121] 公式(9)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素对应的被选择概率, $j'=1,2,\dots,n_A^t$ 。

[0122] 同样,之所以称之为“类几何分布”的原因,是因为 $\bar{U}_A^t$ 中的元素个数是有限的,而通常意义下的几何分布考虑无穷大的随机变量取值范围。

[0123] 此种接入选择概率分配方法是基于类几何分布为A的可接入信道分配随机选择接入的概率,具体来说,先为 $\bar{U}_A^t$ 中第j个元素(信道)的分配权重 $\lambda (1-\lambda)^{j-1}$, $j=1,2,\dots,n_A^t$,其中, $\lambda \in (0,1)$ 为标准几何分布的常数参数;分配完权重后,通过归一化处理计算各信道的随机选择概率,保证 $\bar{U}_A^t$ 中元素的概率和等于1,第j个元素对应的概率为 $\lambda (1-\lambda)^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} \lambda (1-\lambda)^{j'-1}$,这种方式能保证 $\bar{U}_A^t$ 中元素的概率和等于1,进而保证该方案的有效性。后续仿真试验中将验证此信道分配接入选择概率的有效性。

[0124] S400、根据接入选择概率选择所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道尝试握手,直到握手成功,否则返回步骤S100、且使 $t=t+1$ 。

[0125] 具体实施时,比如,按照所述终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t$ 中的每个信

道分配的接入选择概率分布按顺序逐个选择 $\bar{U}_A^t$ 中的信道, 一般情况下, 按照接入选择概率从大到小来尝试, 并在所选择的信道上尝试握手。如果终端设备A和终端设备B能够同时接入同一个信道建立通信连接, 则终端设备A和终端设备B握手成功, 否则, 如果终端设备A和终端设备B的可接入信道顺序排列集合中每个信道都无法使终端设备A和终端设备B同时接入同一个信道, 则没有握手成功, 表明在同一第t个时隙内, 终端设备A和终端设备B没有可接入的相同信道, 则返回步骤S100, 使 $t=t+1$ 进入下一个循环继续尝试, 直到终端设备A和终端设备B尝试握手成功建立通信连接。

[0126] 为了更清楚的理解此技术方案和验证无线嵌入式网络握手方法的可行性和有效性, 现利用MATLAB程序设计语言模拟真实无线嵌入式网络中的握手情境, 对上述技术方案进行了仿真实验, 并可以比较为每个信道分配接入选择概率三种方法的优劣, 具体过程如下:

[0127] (1). 问题的数学描述: 数学问题描述如上所述, 在此不再赘述。需要说明的是, 本仿真实验选择握手时间T作为一个握手方法的评价参数。这里, 定义T为从终端设备A和B第一次同时尝试握手到最终握手所需要的时间片的数量。具体地, 考虑握手时间的期望值E(T) 和最大值M(T) 作为一个握手方法的评价指标。

[0128] (2). 本发明技术方案基本描述: 下面以嵌入式终端设备A为例, 给出具体的算法描述:

[0129] 符号描述:

[0130] n: 无线嵌入式网络中的可接入信道总数;

[0131] C: 可接入无线信道集合 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 中, 其中, $c_i, \forall i$ 表示第i个信道;

[0132] c_i : 第i个信道 (这里我们给信道赋予相应的标号);

[0133] t: 第t个时间片, $t=1, 2, \dots, \infty$;

[0134] $A^t = \{A_{c_1}^t, A_{c_2}^t, \dots, A_{c_n}^t\}$: 一个布尔向量, 表示在第t个时间片, A的可接入信道的情况;

例如, $A_{c_1}^t=1$ 表示终端设备A可以在第t个时间片接入信道 c_1 , $A_{c_1}^t=0$ 则表示终端设备A不能在第t个时间片接入信道 c_1 。

[0135] U_A^t : 在第t个时间片, A的可接入信道集合, $U_A^t = \{c_i, \forall i: A_{c_i}^t = 1\}$;

[0136] n_A^t : 表示终端设备A在t时间片的可接入信道数, 也即 $n_A^t = |U_A^t|$;

[0137] P_A^t : 在第t个时间片, 终端设备A的信道可利用率, $P_A^t = n_A^t/n$;

[0138] S_{A, c_i}^t : 在第t个时间片, 信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率, 也即

$$S_{A, c_i}^t = \sum_{t'=1}^t A_{c_i}^{t'} / t;$$

[0139] S_A^t : 信道的历史可利用率集合, $S_A^t = \{S_{A, c_1}^t, S_{A, c_2}^t, \dots, S_{A, c_n}^t\}$ 。

[0140] 算法过程:

[0141] 第1步: 输入n和C, 初始化 $t=0$, $U_A^t = \{0, \dots, 0\}$, $S_A^t = \{0, \dots, 0\}$;

[0142] 第2步:更新时间片数 $t=t+1$,

[0143] 第3步:感知信道可接入情况,计算得到 A^t ;

[0144] 第4步:计算 S_A^t ;这里,用一个内存变量存储从而降低空间复杂度;

[0145] //若 $A_{c_i}^t = 1$,则 $S_{A,c_i}^t = [S_{A,c_i}^{t-1} + 1/(t-1)] \times (t-1)/t$;

[0146] //若 $A_{c_i}^t = 0$,则 $S_{A,c_i}^t = S_{A,c_i}^{t-1} \times (t-1)/t$;

[0147] 第5步:根据 A^t ,计算得到 U_A^t ;

[0148] 第6步:将 U_A^t 中的信道元素,根据各自的信道历史可利用率 S_{A,c_i}^t ,降序排列,得到排列 $\bar{U}_A^t$ (这里, $n_A^t = |U_A^t| = |\bar{U}_A^t|$);

[0149] 第7步:为 $\bar{U}_A^t$ 中的元素分配随机选择接入的概率,采用上述步骤S300中为每个信道分配接入选择概率的三种方法作为三种概率分配方案;

[0150] 第8步:按第7步中的概率分布按顺序逐一选择 $\bar{U}_A^t$ 中的信道,此仿真实验中按概率从大到小,并在所选择的信道上尝试握手;

[0151] 第9步:如果没有实现握手,则执行第2步;否则,结束算法。

[0152] (3). 仿真实验及结果分析:设信道总数为 n ,不失一般性,假设对任意 t , $n_A^t = n_B^t = n_o$,即在任意一个时间片内,A和B的可接入信道数目相同且恒定(但可接入信道集合不一定相同),也即信道可利用率 $P_A^t = P_B^t = P_o$ 。为了模拟真实环境下无线嵌入式网络中不同握手情境可接入信道集合动态变化的特性,我们引入信道动态变化率 η 这个实验参数,从而在大量的实验中模拟出不同实验环境下的不同信道集合,分别验证不同信道集合下本发明技术方案的有效性,从而验证本发明技术方案针对实际通信中信道环境动态变化导致不同握手情境下的有效性,。

[0153] 我们把每个时间片变化了的可接入信道(与上一时间片相比)比上可接入信道总数,定义为信道动态变化率 η ,不失一般性,我们假设 η 恒定。仿真实验中,在第 t 个时间片(以A为例),我们等概率地从 U_A^t 中选择 $n_o - \lfloor \eta * n_o \rfloor$ 个信道,令其在第 $t+1$ 个时间片仍然可利用;同时等概率地从集合 $C \setminus U_A^t$ 中选择 $\lfloor \eta * n_o \rfloor$ 个信道,在第 $t-1$ 个时间片可利用。这些选择的信道都会出现在 U_A^{t+1} 中。在每个时间片伊始(以第 t 个时间片为例),我们比较 U_A^t 和 U_B^t ,如果 $U_A^t \cap U_B^t = \emptyset$,为了保证A和B有机会在该时间片握手成功,我们替换 U_A^t 或 U_B^t 中的某个元素(信道)使得 $|U_A^t \cap U_B^t| = 1$ 。其中,需要说明的是, $U_A^t \cap U_B^t = \emptyset$ 的情况在现实中极少出现;再者,若 $U_A^t \cap U_B^t = \emptyset$,那么本发明的算法将失去基本的可行前提,将不予考虑这种情形。

[0154] 根据信道可利用情况,我们可以将嵌入式终端设备分为对称和非对称两种情况。对于对称的嵌入式终端设备,他们在每个时间片的信道可利用情况相同,也即

$U_A^t = U_B^t, \forall t > 0$;对于非对称的嵌入式终端设备而言,在同一个时间片, U_A^t 和 U_B^t 可能不同。因为对称和非对称这两种情况在实际场景中都有可能发生,因此仿真实验中有必要对它们情况进行实验和分析。

[0155] 如上所述,算法表现的评价指标是握手时间的期望值 $E(T)$ 和最大值 $M(T)$ 。因为实验设定和算法存在随机性,为了得到更客观的结果,本发明通过大量实验,即重复每个实验500次来计算 $E(T)$ 和 $M(T)$,验证本发明中所提出的三种概率分配方案的有效性。

[0156] 在对称和非对称终端设备下,测试了本发明所提出的三种概率分配方案,得到实验结果如下表1~6所示:

[0157] 表1.无线嵌入式对称终端设备执行方案①的仿真实验结果

[0158]

可用信道数 N	信道可利用率 P_o (%)	信道动态变化率 η (%)					
		30		50		70	
		$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$
20	30	5.416	23	5.068	31	4.78	32
	50	9.188	71	9.198	58	9.37	49
30	30	7.362	48	8.064	61	7.36	39
	50	15.186	73	14.28	94	13.9	97
40	30	10.56	55	9.926	93	9.87	66
	50	19.038	107	18.83	121	19.7	99
50	30	12.398	57	11.81	76	12.4	83
	50	24.372	204	21.95	121	24.6	149
60	30	14.112	82	16.64	112	15.3	128
	50	28.684	188	28.17	287	29.4	163
70	30	16.452	117	18.79	147	18.4	123
	50	30.722	208	35.6	238	35.6	199

[0159]

80	30	19.052	168	17.73	103	20.8	127
	50	35.976	190	38.99	244	38.2	242
90	30	22.966	127	22.29	136	23.5	156
	50	40.986	368	41.87	290	44.4	306
100	30	25.774	241	25.85	217	27	201
	50	48.698	330	52.29	371	45.7	278

[0160] 表2.无线嵌入式非对称终端设备执行方案①的仿真实验结果

[0161]

可用信道数 N	信道可利用率 P_o (%)	信道动态变化率 η (%)					
		30		50		70	
		$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$
20	30	18.42	120	19.42	165	18.4	133
	50	21.354	224	20.27	159	20.9	137
30	30	31.542	211	29.02	249	30.7	231
	50	31.886	182	28.55	162	31.5	251
40	30	39.394	194	40.2	290	35.6	294
	50	39.018	288	41.17	308	38.4	215

[0162]

50	30	49.206	338	47.72	225	48	289
	50	47.056	338	50.69	270	49.2	227
60	30	58.532	344	65.05	398	57.3	444
	50	59.168	429	55.29	370	64.1	379
70	30	76.764	402	67.81	528	67.5	496
	50	75.102	539	73.24	467	70.2	401
80	30	80.094	473	73.65	354	74.8	561
	50	85.846	623	77.15	553	77.5	456
90	30	97.144	478	94.28	814	88	623
	50	84.618	667	87.13	484	86.4	625
100	30	96.348	655	97.18	703	107	938
	50	101	835	95.28	698	102	600

[0163] 表3. 无线嵌入式对称终端设备执行方案②的仿真实验结果

[0164]

可用信道数 N	信道可利用率 P_o (%)	信道动态变化率 η (%)					
		30		50		70	
		$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$

[0165]

20	30	2.144	10	2.136	12	2.21	10
	50	2.18	11	2.248	11	2.13	9
30	30	2.214	12	2.156	11	2.05	10
	50	2.276	10	2.212	10	2.15	11
40	30	2.222	11	2.202	14	2.19	9
	50	2.26	12	2.098	11	2.19	14
50	30	2.14	11	2.134	11	2.14	11
	50	2.182	8	2.102	13	2.22	11
60	30	2.142	13	2.088	8	2.18	13
	50	2.098	12	2.09	9	2.18	13
70	30	2.102	11	2.288	11	2.07	9
	50	2.196	12	2.118	9	2.16	10
80	30	2.158	11	2.152	9	2.37	11
	50	2.074	15	2.116	11	2.14	10
90	30	2.142	11	2.132	11	2.2	10
	50	2.12	10	2.19	14	2.15	9

[0166]

100	30	2.122	9	2.32	12	2.22	11
	50	2.18	10	2.23	12	2.18	9

[0167] 表4.无线嵌入式非对称终端设备执行方案②的仿真实验结果

[0168]

可用信道数 N	信道利用率 P_o (%)	信道动态变化率 η (%)					
		30		50		70	
		$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$
20	30	20.514	185	22.42	226	22	201
	50	19.012	179	20.67	383	23.6	638
30	30	38.13	452	36.07	354	32.8	302
	50	31.14	429	35.62	589	33.8	394
40	30	48.51	549	49.31	850	51.4	560
	50	52.72	654	49.11	779	43.5	668
50	30	63.756	732	62.61	696	63.9	435
	50	66.486	1737	65.75	1505	58.2	956
60	30	80.72	874	75.11	957	76.8	1084
	50	81.012	1269	79.78	953	84.4	3122

[0169]

70	30	99.298	1497	80.74	686	95.1	966
	50	99.854	1990	86.51	1562	95.2	1243
80	30	100.23	1647	107.5	1027	95.2	1127
	50	131.62	3730	121.8	2670	118	1831
90	30	136.64	1788	124.4	2080	127	1046
	50	122.12	2736	142.5	3345	169	4696
100	30	134.39	1583	142.5	1616	134	2315
	50	167.9	3945	159.8	3124	189	4614

[0170] 表5.无线嵌入式对称终端设备执行方案③的仿真实验结果

[0171]

可用信道数 N	信道可利用率 P_o (%)	信道动态变化率 η (%)					
		30		50		70	
		$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$
20	30	5.426	30	5.174	40	5.23	27
	50	6.888	41	7.154	57	7.28	55
30	30	7.002	54	6.424	49	6.54	35
	50	7.506	47	8.038	38	7.91	41

[0172]

40	30	7.406	40	7.318	44	8.6	69
	50	8.704	63	8.892	45	9.52	82
50	30	8.182	66	8.76	62	8.68	66
	50	8.742	56	8.706	67	8.76	46
60	30	9.198	64	8.986	53	8.6	61
	50	8.778	53	8.81	44	8.51	53
70	30	8.59	69	8.66	44	8.96	45
	50	9.396	52	9.316	53	9.06	46
80	30	9.082	61	8.822	50	8.55	51
	50	9.096	39	9.788	51	9.13	52
90	30	9.552	64	9.606	51	9.17	65
	50	8.864	49	9.148	52	9.74	52
100	30	8.86	44	8.314	61	9.5	48
	50	9.238	50	9.242	72	8.99	53

[0173] 表6.无线嵌入式非对称终端设备执行方案③的仿真实验结果

[0174]

可用信道数 N	信道可利用率 P_o	信道动态变化率 η (%)
-----------	--------------	--------------------

[0175]

	(%)	30		50		70	
		$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$	$E(T)$	$M(T)$
20	30	18.492	125	18.55	160	17.4	90
	50	20.242	143	18.75	94	19.4	120
30	30	29.288	183	28.9	239	30.2	208
	50	29.802	234	29.06	164	28.2	330
40	30	41.38	262	38.71	246	43.8	290
	50	38.6	297	40.2	277	36.4	195
50	30	49.87	312	53.05	407	51.5	313
	50	50.238	353	47.67	292	46.1	246
60	30	55.07	342	55.09	333	57.3	311
	50	53.584	343	54.7	607	61.1	748
70	30	71.79	349	72.56	680	70	434
	50	70.85	676	65.09	653	66.4	518
80	30	81.156	571	82.36	960	87	671
	50	78.754	622	84	590	86.1	963

[0176]

90	30	82.996	712	88.14	582	86.8	846
	50	88.988	615	92.91	773	92.1	792
100	30	96.31	884	99.44	942	106	882
	50	92.67	1408	101.6	1039	99.5	1163

[0177] 从实验结果可观察到,所有实验都最终成功实现握手,说明本发明所提出的无线嵌入式网络的三种概率分配方案是针对信道环境动态变化情境下的有效方法。

[0178] 请参见图2,图2是本发明提供的无线嵌入式网络中分布式随机握手系统的系统较佳实施例功能模块图,包括:

[0179] 检测模块10,用于在第t个时隙内,检测终端设备所有可接入信道形成所述终端设备可接入信道集合,具体如上述方法所述;

[0180] 排序模块20,用于根据所述终端设备可接入信道集合中每个信道的历史可利用率、顺序排列每个信道形成终端设备可接入信道顺序排列集合,具体如上述方法所述;

[0181] 选择概率分配模块30,用于为所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率,具体如上述方法所述;

[0182] 握手模块40,用于根据接入选择概率选择所述终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道尝试握手,直到握手成功,否则返回检测模块、且使 $t=t+1$,具体如上述方法所述。

[0183] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手系统,其中,所述的检测模块10包括:

[0184] 统计单元,用于统计无线嵌入式网络中的可接入信道总数,具体如上述方法所述;

[0185] 检测单元,用于在第t个时隙内,检测无线嵌入式网络中终端设备所有可接入信道、形成所述终端设备可接入信道集合,用下列公式表示:

$$[0186] \quad A^t = \{A_{c_1}^t, A_{c_2}^t, \dots, A_{c_i}^t, \dots, A_{c_n}^t\} \quad (1);$$

$$[0187] \quad U_A^t = \{c_i, \forall i: A_{c_i}^t = 1\} \quad (2);$$

[0188] 公式(1)是一个布尔向量,表示在第t个时隙内,终端设备A的可接入信道情况,其中,n表示无线嵌入式网络中的可接入信道总数,t表示第t个时隙, $t=1,2,\dots,\infty$, c_i 表示第i个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第t个时隙内接入信道 c_i , $A_{c_i}^t=0$ 表示终端设备A不能在第t个时隙内接入信道 c_i ;

[0189] 公式(2)中 U_A^t 表示在第t个时隙内,终端设备A的可接入信道集合, c_i 表示第i个信道, $A_{c_i}^t=1$ 表示终端设备A可以在第t个时隙内接入信道 c_i ,具体如上述方法所述。

[0190] 所述的无线嵌入式网络中分布式随机握手系统,其中,所述的排序模块20包括:

[0191] 计算单元,用于计算在第t个时隙内,第i个信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率

$$S_{A,c_i}^t, \text{计算公式为: } S_{A,c_i}^t = \sum_{t'=1}^t A_{c_i}^{t'} / t \quad (3),$$

[0192] 公式(3)中,其中, t' 为(1,t)的整数,即表示第 t' 个时隙,具体如上述方法所述;

[0193] 信道历史可利用率集合单元,用于形成在第t个时隙内,信道 c_i 对于终端设备A的历史可利用率集合 $S_A^t = \{S_{A,c_1}^t, S_{A,c_2}^t, \dots, S_{A,c_i}^t, \dots, S_{A,c_n}^t\}$,具体如上述方法所述;

[0194] 排序单元,用于将所述的 U_A^t 中的信道元素,根据每个信道 c_i 的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 降序或升序排列,得到终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t$,即 $\bar{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$,其中,信道 $\dots, c_i, c_j, c_k, \dots$,对应的信道历史可利用率关系为 $\dots \geq S_{A,c_i}^t \geq S_{A,c_j}^t \geq S_{A,c_k}^t \geq \dots$ 或 $\dots \leq S_{A,c_i}^t \leq S_{A,c_j}^t \leq S_{A,c_k}^t \leq \dots$,具体如上述方法所述。

[0195] 所述的选择概率分配模块30包括:

[0196] 选择概率第一计算单元,用于终端设备可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$,按照 $\bar{U}_A^t$ 中可接入信道对应的历史可利用率 S_{A,c_i}^t 作为权重分配概率,计算得到 $\dots, c_i, c_j$ 和 $c_k \dots$,的概率分别为 $\dots, S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t), S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t)$ 和

$$S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) \dots, \text{且}$$

$$\dots + S_{A,c_i}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_j}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + S_{A,c_k}^t / (S_{A,c_i}^t + S_{A,c_j}^t + S_{A,c_k}^t) + \dots = 1,$$

[0197] 具体如上述方法所述;

[0198] 选择概率第二计算单元,用于终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类指数分布计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$,

$$e^{j-1} \quad (6);$$

$$e^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} e^{j'-1} \quad (7);$$

[0201] 公式(6)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素分配权重, $j=1,2,\dots,n_A^t$;

[0202] 公式(7)表示 $\bar{U}_A^t$ 中第j个信道元素被选择的概率, $j'=1,2,\dots,n_A^t$;其中,e是欧拉数,具体如上述方法所述;

[0203] 选择概率第三计算单元,用于终端设备A可接入信道顺序排列集合中的每个信道分配接入选择概率基于类几何分布计算方法为:设终端设备A可接入信道顺序排列集合 $\bar{U}_A^t = \{\dots, c_i, c_j, c_k, \dots\}$,

[0204] $\lambda (1-\lambda)^{j-1}$ (8) ;

[0205] $\lambda(1-\lambda)^{j-1} / \sum_{j'=1}^{n_A^t} \lambda(1-\lambda)^{j'-1}$ (9) ;

[0206] 公式(8)表示 $\overline{U}_A^t$ 中第j个信道元素的分配权重,其中, $j=1,2,\dots,n_A^t$, $\lambda \in (0,1)$ 为标准几何分布的常数参数;

[0207] 公式(9)表示 $\overline{U}_A^t$ 中第j个信道元素对应的被选择概率, $j'=1,2,\dots,n_A^t$

[0208] 综上所述,本发明所提供的无线嵌入式网络中分布式随机握手方法及其系统,针对无线嵌入式网络中分布式无线可接入信道动态环境下的嵌入式终端设备分布式握手自适应随机握手方法,通过统计信道状态,提出的基于启发式的嵌入式终端设备的分布式握手方法,能有效地使拟通信终端设备在可接入信道动态变化的情况下实现设备间握手进而实现顺畅有效通信。

[0209] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以 通过计算机程序来指令相关硬件(如处理器,控制器等)来完成,所述的程序可存储于一计 算机可读的存储介质中,该程序在执行时可包括如上述各方法实施例的流程。其中所述 的存储介质可为存储器、磁碟、光盘等。

[0210] 应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可 以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保 护范围。

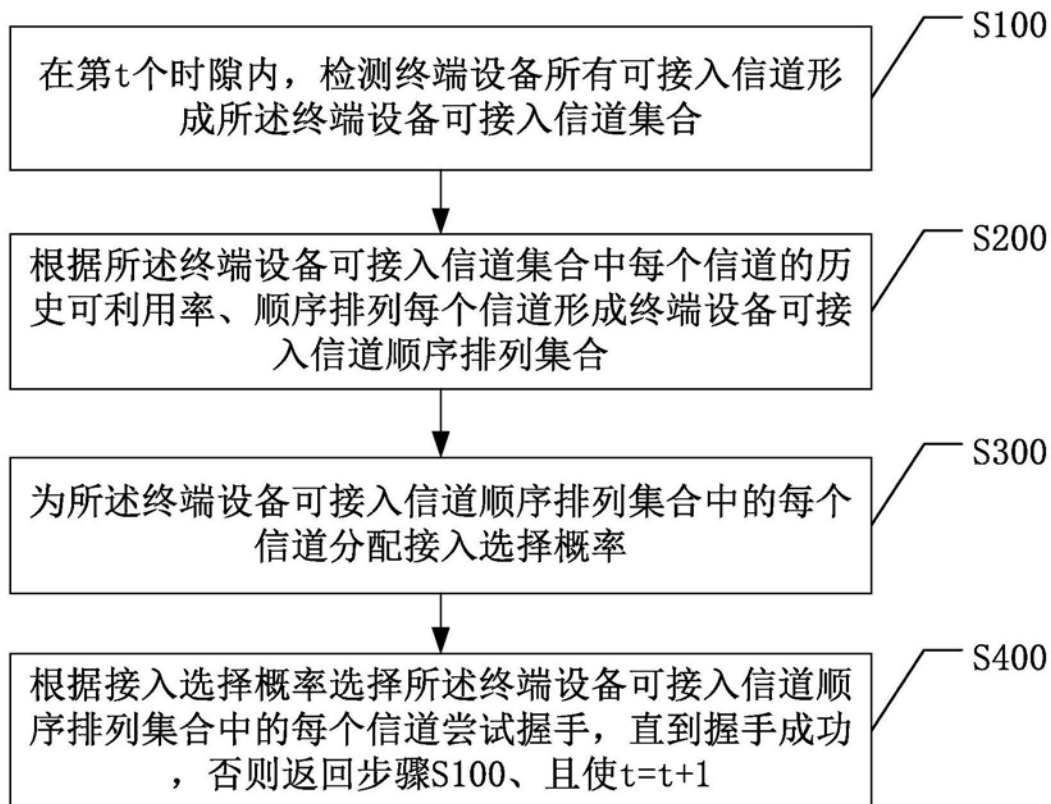


图1



图2