



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114666746 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 05

(21) 申请号 202210326459.5

H04W 40/12 (2009.01)

(22) 申请日 2022.03.30

H04W 40/22 (2009.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114666746 A

(56) 对比文件

CN 105657777 A, 2016.06.08

CN 106851770 A, 2017.06.13

KR 102065177 B1, 2020.01.10

(43) 申请公布日 2022.06.24

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

审查员 徐振新

(72) 发明人 李增保 魏东原 单冯 杨明

(74) 专利代理机构 南京众联专利代理有限公司

32206

专利代理师 薛雨妍

(51) Int. Cl.

H04W 4/06 (2009.01)

H04B 7/185 (2006.01)

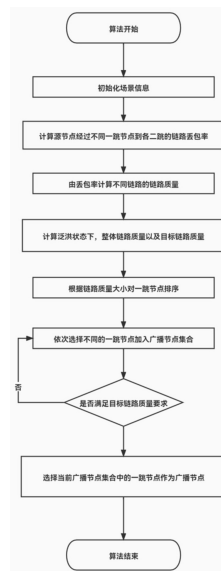
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54) 发明名称

基于超宽频无线通信技术的高效广播方法

## (57) 摘要

本发明公开了基于超宽频无线通信技术的高效广播方法。本发明包括三个部分,分别是链路质量计算、节点排序、中继节点选取。首先根据距离得出节点之间的丢包率,再计算出链路质量;之后按照当前节点与各个二跳邻居节点的链路质量对一跳邻居节点排序;最后按照算法顺序,依次选择一跳邻居节点为中继广播节点,直到符合广播要求。



1. 基于超宽频无线通信技术的高效广播方法, 其特征在于, 包括以下三个步骤:

步骤1: 链路质量计算, 根据距离得出节点之间的丢包率, 计算出链路质量; 所述步骤1中, 具体包括以下步骤:

步骤1.1: 由超宽频(UWB)通信模块, 源节点获取与自己一跳邻居节点以及二跳邻居节点信息; 包括节点的ID以及节点间的距离信息, 记 $n$ 个一跳节点,  $k$ 个二跳节点;

步骤1.2: 根据无人机之间距离与丢包率函数关系, 得到节点之间的丢包率;

步骤1.3: 定义选第 $i$ 个一跳节点为广播节点时源节点与第 $j$ 个二跳节点之间的链路质量, 计算方法为对源节点经过该一跳节点与第 $j$ 个二跳节点链路的丢包率取对数, 底数为小于1的正数, 使得链路质量为一个正数, 实际情况中不相连的一跳节点与二跳节点之间的丢包率记为1, 故其链路质量为0; 得到源节点经过不同一跳节点与第 $j$ 个二跳节点的链路质量的和为对链路丢包率乘积取对数, 代表真实环境下的链路质量;

步骤1.4: 计算泛洪状态下, 即所有一跳节点全部转发数据包时, 各二跳节点的链路质量; 计算方法为二跳节点与各一跳节点链路质量的加和, 得到的结果记为向量 $N$ ;

步骤1.5: 设置增益系数 $\lambda$ , 设置目标向量 $T = \lambda * N$ ;

步骤2: 节点排序: 按照与各个二跳节点的链路质量对一跳节点排序; 所述步骤2中, 具体包括以下步骤:

步骤2.1: 根据由步骤1得出节点间链路质量, 依据与某个二跳节点的链路质量, 对所有一跳节点进行排序, 得到一个有序序列;

步骤2.2: 对所有的二跳节点, 重复步骤2.1, 得到 $k$ 个 $n$ 维有序序列, 其中 $k$ 是二跳节点的数量,  $n$ 是一跳节点的数量;

步骤3: 中继节点选取: 最后按照算法顺序, 依次选择一跳节点为中继广播节点, 若该节点已经被选择, 则跳过该节点; 直到选择的节点集合转发效果符合广播要求; 所述步骤3中利用步骤2得出的有序序列, 通过循环选择广播节点的方法:

步骤3.1: 设一个空向量 $S$ , 表示已经选择的广播节点对所有二跳节点的广播效果;

步骤3.2: 依次选择第 $i$ 个向量的第 $j$ 个元素 $V_i[j]$ 代表的一跳节点为广播节点,  $S = S + V_i[j]$ ;

步骤3.3: 判断 $S$ 是否大于目标向量 $T$ , 若大于则选择停止, 设置已经选择的一跳节点作为广播节点;

步骤3.4: 若 $i$ 等于 $n$ , 则令 $i = 1, j = j + 1$ ; 若 $i$ 不等于 $n$ , 则令 $i = i + 1$ ; 转回步骤3.2。

## 基于超宽频无线通信技术的高效广播方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无人系统的数据转发领域,特别涉及基于智能机器人集群等新兴技术,具体涉及基于超宽频无线通信技术的高效广播方法。

### 背景技术

[0002] 随着5G网络、物联网、人工智能等信息技术的快速部署,无人机因其灵活性、机动性、部署快等优点而作为信息网络最后一公里接入的新型手段之一,广泛应用于目标检测、跟踪、灾难监测等。无人机因其计算能力、通信能力、存储能力等限制而难以完成复杂的任务要求,无人机集群应运而生,其由多个无人机组成并以集群模式运行。然而,如何实现集群中无人机间高效通信是当前无人机集群面对的重要挑战,已成为当前无人机集群通信及应用的研究热点,引起学术界和工业界的广泛关注。因此,本发明对面向无人机集群的协同通信理论与仿真展开深入研究,实现了无人机集群内无人机间的高效协同通信。

[0003] 超宽频技术(UWB)是一种全新的、与传统通信技术有极大差异的通信新技术。它不需要使用传统通信体制中的载波,而是通过发送和接收具有纳秒或纳秒跳以下的极窄脉冲来传输数据,从而具有GHz量级的带宽。超宽带系统与传统的窄带系统相比,具有穿透力强、功耗低、抗多径效果好、安全性高、系统复杂度低、能提供精确定位精度等优点。因此,超宽带技术可以应用于室内静止或者移动物体以及人的定位跟踪与导航,且能提供十分精确的定位精度。因此,本发明基于超宽频技术,实现无人系统的高效广播。

[0004] 在传统的无人系统络通信中,特别是在偏远的、地形恶劣的环境中,由于通信范围有限,因此静态传感器必须执行多跳传输。这意味着一些网络节点不仅需要传输自己的数据,同时还要传递网络节点的数据,从而导致这些传感器快速耗尽自身电量并增加了数据包丢失率。在通信资源有限的情况下,集群网络的通信质量与通信能耗很难平衡。传统的无人系统通信方法有泛洪方法以及OLSR方法,泛洪方法只考虑了通信质量问题,没有考虑控制网络内节点转发的数量,大量的转发行为会加大集群网络通信能耗,造成信道阻塞。而OLSR方法只考虑了最大化控制转发数量,没有兼顾通信质量问题,可能会导致某些特殊节点通信质量较差。因此我们考虑使用一种新的广播方法,在控制网络内转发数量的同时保证一定的网络通信质量。

### 发明内容

[0005] 为解决上述问题,本发明针对现有无人系统,特别是小型无人机集群广播的不足和缺陷,提出了一种基于超宽频无线通信技术的高效广播方法,在保证一定的广播效果的前提下,最大限度的降低发包数量,大大提高了广播效果。

[0006] 本发明的基于超宽频无线通信技术的高效广播方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1:根据距离得出节点之间的丢包率,计算出链路质量;

[0008] 步骤2:之后按照与各个二跳节点的链路质量对一跳节点排序;

[0009] 步骤3:最后按照算法顺序,依次选择一跳节点为中继广播节点,若该节点已经被

选择,则跳过该节点。直到选择的节点集合转发效果符合广播要求。

[0010] 本发明进一步优选:所述步骤1具体包括以下:

[0011] 步骤1.1:由UWB通信模块,源节点获取与自己相邻的一跳节点以及二跳节点信息。包括节点的ID以及节点间的距离信息,记 $n$ 个一跳节点, $k$ 个二跳节点。

[0012] 步骤1.2:根据已有的,无人机之间距离与丢包率函数关系,得到节点之间的丢包率。

[0013] 步骤1.3:为了便于比较与计算,定义选第 $i$ 个一跳节点为广播节点时源节点与第 $j$ 个二跳节点之间的链路质量,计算方法为对源节点经过该一跳节点与第 $j$ 个二跳节点链路的丢包率取对数,底数为小于1的正数,使得链路质量为一个正数,实际情况中不相连的一跳节点与二跳节点之间的丢包率记为1,故其链路质量为0。易得源节点经过不同一跳节点与第 $j$ 个二跳节点的链路质量的和为对链路丢包率乘积取对数,可以代表真实环境下的链路质量。

[0014] 步骤1.4:计算泛洪状态下,即所有一跳节点全部转发数据包时,各二跳节点的链路质量;计算方法为二跳节点与各一跳节点链路质量的加和,得到的结果记为向量 $N$ 。

[0015] 步骤1.5:设置增益系数 $\lambda$ ,设置目标向量 $T=\lambda*N$ 。

[0016] 本发明进一步优选:所述步骤2具体包括以下:

[0017] 步骤2.1:根据由步骤1得出节点间链路质量,依据与某个二跳节点的链路质量,对所有一跳节点进行排序,得到一个有序序列。

[0018] 步骤2.2:对所有的二跳节点,重复步骤2.1,得到 $n$ 个 $k$ 维有序序列,其中 $k$ 是二跳节点的数量, $n$ 是一跳节点的数量。

[0019] 本发明进一步优选:所述步骤3具体包括以下:

[0020] 步骤3.1:设一个空向量 $S$ ,表示已经选择的广播节点对所有二跳节点的广播效果。

[0021] 步骤3.2:依次选择第 $i$ 个向量的第 $j$ 个元素 $V_i[j]$ 代表的一跳节点为广播节点, $S=S+V_i[j]$ ;

[0022] 步骤3.3:判断 $S$ 是否大于目标向量 $T$ ,若大于则选择停止,设置已经选择的一跳节点作为广播节点。

[0023] 步骤3.4:若 $i$ 等于 $n$ ,则令 $i=1, j=j+1$ ;若 $i$ 不等于 $n$ ,则令 $i=i+1$ ;转回步骤3.2。

[0024] 本发明相比现有技术,具有以下增益效果:

[0025] 1、算法可以极大的减少广播中中继节点的选取,进而减少数据包的转发的次数,极大的简化了无人系统内部的通信

[0026] 2、算法在减少了中继节点的选取的同时,保证了广播机制的有效性。本方法对于中继节点的选取,基于中继节点的转发效果在泛洪方法的一定范围内,因而可以保证一定质量的有效广播通信。

## 附图说明

[0027] 图1、为本发明实现的无人系统的高效广播方法的流程图。

[0028] 图2、由真机实验得出无人机距离与丢包率的关系拟合曲线示意图。

## 具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式,进一步阐明本发明,应理解下述具体实施方式仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围。需要说明的是,下面描述中使用的词语“前”、“后”、“左”、“右”、“上”和“下”指的是附图中的方向,词语“内”和“外”分别指的是朝向或远离特定部件几何中心的方向。

[0030] 本实施例的基于超宽频无线通信技术的高效广播方法,如图1所示,包括以下步骤:

[0031] 步骤一:依据无人机的UWB通信模块初始化场景信息,由各节点之间的距离得出节点间交流的丢包率,再计算得到链路质量。其中场景信息主要包括:与源节点直接相连的一跳节点集合,与一跳节点相连的二跳节点的集合,各相连节点的距离(m)。

[0032] 节点之间的链路质量主要是指通过节点之间的丢包率变形得到的便于计算比较的参数,该参数与节点之间的丢包率等价。

[0033] 具体包括以下步骤

[0034] 步骤1.1:由UWB通信模块,源节点获取与自己相邻的一跳节点以及二跳节点信息;包括节点的ID以及节点间的距离信息,记n个一跳节点,k个二跳节点。

[0035] 步骤1.2:根据已有的,无人机之间距离与丢包率函数关系,得到节点之间的丢包率。

[0036] 步骤1.3:为了便于比较与计算,定义选第i个一跳节点为广播节点时源节点与第j个二跳节点之间的链路质量,计算方法为对源节点经过该一跳节点与第j个二跳节点链路的丢包率取对数,底数为小于1的正数,使得链路质量为一个正数,实际情况中不相连的一跳节点与二跳节点之间的丢包率记为1,故其链路质量为0。易得源节点经过不同一跳节点与第j个二跳节点的链路质量的和为对链路丢包率乘积取对数,可以代表真实环境下的链路质量。

[0037] 步骤1.4:计算泛洪状态下,即所有一跳节点全部转发数据包时,各二跳节点的链路质量。计算方法为二跳节点与各一跳节点链路质量的加和,得到的结果记为向量N。

[0038] 步骤1.5:设置增益系数 $\lambda$ ,设置目标向量 $T=\lambda*N$ 。

[0039] 步骤2.针对步骤1获取的初始化信息,对与各二跳节点的一跳节点依据它们之间的链路质量进行排序。具体步骤如下:

[0040] 步骤2.1:对与二跳节点相连的一跳节点依据它们之间的链路质量大小进行排序,得到一个K维向量。

[0041] 步骤2.2:对所有N个二跳节点重复上述步骤2.1,得到N个K维向量。

[0042] 步骤3.针对步骤2获得的N个K维向量,依照依次选择的思路,依次选择一跳节点作为广播节点,直到广播效果达到预定目标,具体包括以下步骤

[0043] 步骤3.1:设一个空向量S,表示已经选择的广播节点对所有二跳节点的广播效果。

[0044] 步骤3.2:依次选择第i个向量的第j个元素 $V_i[j]$ 代表的一跳节点为广播节点, $S=S+V_i[j]$

[0045] 步骤3.3:判断S是否大于目标向量T,若大于则选择停止,设置已经选择的一跳节点作为广播节点。

[0046] 步骤3.4:若i等于n,则令 $i=1, j=j+1$ ;若i不等于n,则令 $i=i+1$ ;转回步骤3.2。

[0047] 本发明着重解决如何实现基于超宽频无线通信技术的高效广播方法,逻辑上分为三个部分,分别是初始化场景信息,对链路质量进行排序,选取广播节点。

[0048] 本发明首先针对由UWB通信模块获取的无人机节点之间的距离,由此计算出不同的链路质量信息,然后对链路质量进行排序;最后选择转发节点。

[0049] 如图1所示,具体的实施步骤如下:

[0050] 1.初始化场景信息

[0051] 不失一般性,设与源节点相连的一跳节点数量为 $n$ ,二跳节点数量为 $k$ ,由UWB模块得出源节点与第 $i$ 个一跳节点之间的距离为 $d^i$ ,第 $i$ 个一跳节点与第 $j$ 个二跳节点的距离为 $d_j^i$ 。

[0052] 如图2所示,由真机实验得出无人机距离与丢包率的关系拟合曲线。

[0053] 根据曲线得出 $d^i$ 与 $d_j^i$ 对应的丢包率 $\rho^i$ 和 $\rho_j^i$ ,源节点与第 $j$ 个二跳节点通过第 $i$ 个一跳节点之间的链路丢包率 $P_j^i = \rho^i + (1 - \rho^i) * \rho_j^i$ 。由于丢包率 $P_j^i$ 是一个小于等于1的正数且与链路质量负相关,不便于计算,我们对 $P_j^i$ 求关于 $r$  ( $r \in (0, 1)$ ) 的对数

$v_j^i = \log_r P_j^i$ ,我们用 $v_j^i$ 来代表源节点通过第 $i$ 个一跳节点与第 $j$ 个二跳节点之间的链路质量。易得,源节点通过不同一跳节点与第 $j$ 个二跳节点之间链路质量的和,等与对它们丢包率乘积取对数,可以代表真实环境下的链路质量。实际实验中,我们发现 $r$ 取0.999时的区分效果较好。

[0054] 设向量 $V = [v^1, v^2, \dots, v^n] \in R^{k*n}$ ,其中 $v^i = [v_1^i, v_2^i, \dots, v_k^i]^T \in R^k$ 。 $v_j^i$ 来代表源节点通过第 $i$ 个一跳节点与第 $j$ 个二跳节点之间的链路质量。

[0055] 设向量 $N$ 表示泛洪状态下的无人机集群的广播效果:

$$[0056] \quad N = \sum_{i=1}^n v^i$$

[0057] 其中 $N[j] = \sum_{i=1}^n v_j^i = \log_r \prod_{i=1}^n P_j^i$ 表示泛洪状态下,源节点与第 $j$ 个二跳节点之间的链路质量。

[0058] 设置增益系数 $\lambda \in (0, 1)$ ,求得向量 $T = \lambda * N$ , $T$ 向量即为我们希望的无人机集群广播效果。

[0059] 2.对链路质量排序:

[0060] 依据与不同二跳节点链路质量排序,其中分别以第 $i$ 维为关键字对 $V$ 中元素从大到小排序后得到 $k$ 个有序序列为 $R = [R_1, R_2, \dots, R_k]$ ,其中 $R_i[j]$ 表示 $V$ 中以第 $i$ 维度值的大小排列的第 $j$ 个向量, $R_i[j][i]$ 表示该向量中第 $i$ 维维度的值,即与第 $i$ 个二跳节点链路质量在有一跳节点中排第 $j$ 的一跳节点与该二跳节点之间的链路质量大小。

[0061] 3.选取广播节点

[0062] 初始化一个k维空向量S,整数 $i=0$ , $j=0$ 。

[0063] 第一步,若 $R_i[j] \notin S$ ,选取其代表的一跳节点作为广播节点。

[0064] 第二步, $S=S+R_i[j]$

[0065] 第三步,若 $i=k$ 则令 $i=0$ , $j=j+1$ 。

[0066] 第四步,若 $S>T$ ,则选择结束,否则跳回第一步。

[0067] 通过以上步骤,就完成了对无人系统中广播节点的选取,通过这些节点的广播可以实现较为高效稳定的广播效果,为后续广播效果优化等提供思路。

[0068] 本发明方案所公开的技术手段不仅限于上述实施方式所公开的技术手段,还包括由以上技术特征任意组合所组成的技术方案。

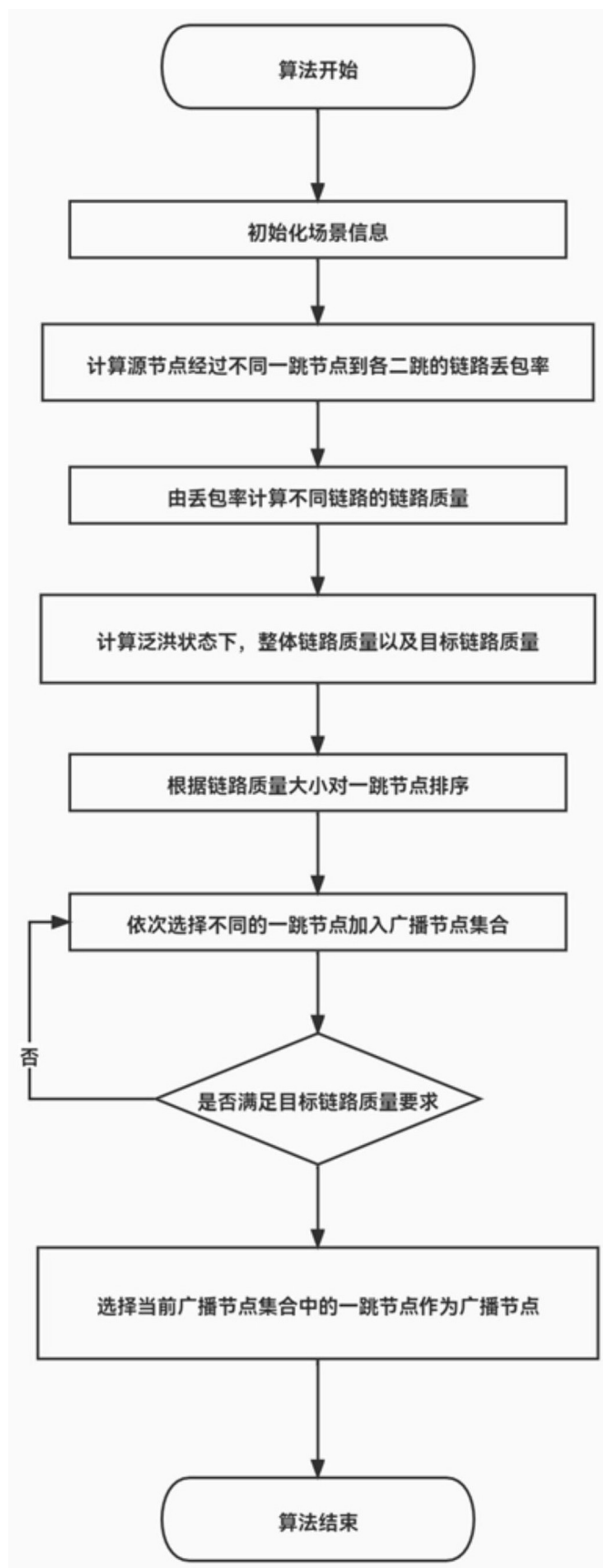


图1



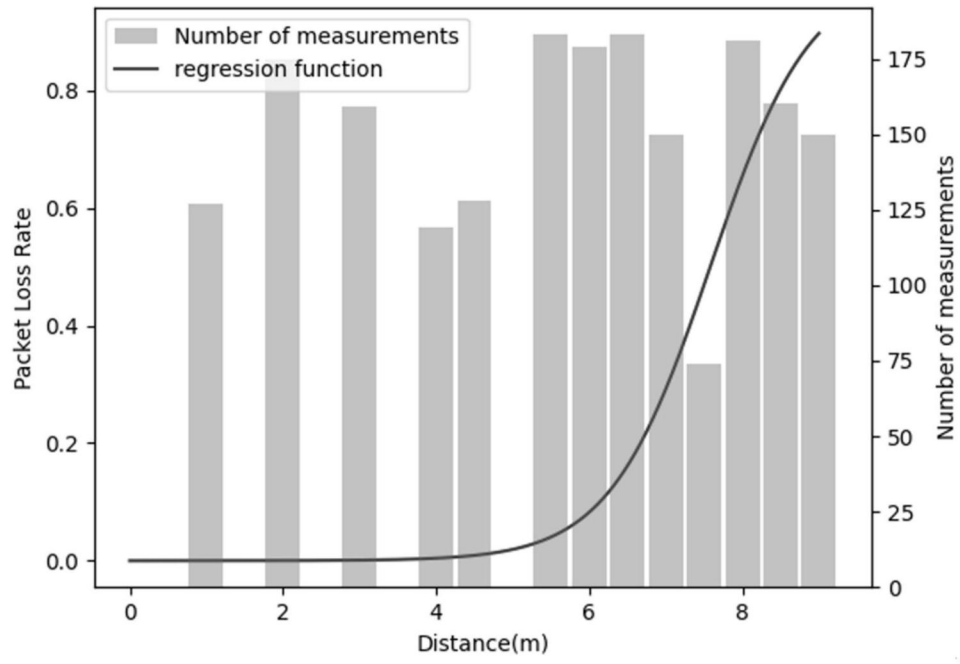


图2