

文章编号:1000-582X(2012)08-151-07

ZigBee 网络中基于借地址的高效分布式地址分配算法

姚玉坤,陈永超,李鹏翔,任智

(1. 重庆邮电大学 通信与信息工程学院 重庆 400065; 2. 移动通信技术重庆市重点实验室 重庆 400065)

摘要:借地址机制用于解决 ZigBee 网络在采用 DAAM (distributed address assignment mechanism) 为节点分配地址时因组网参数的限制而产生的孤节点问题。现有的借地址机制可以提高地址分配成功率,但存在其组网开销和时延较大的问题。为此提出一种高效的借地址分配算法 EDAA-BA (efficient distributed address assignment algorithm based on borrowed address),采用首先向同枝子孙节点借地址的方式为路由孤节点分配地址、加入借地址信息即时回复机制以及将 16 位地址中 DAAM 未使用到的剩余地址分配给终端孤节点等改进机制达到减少组网开销和时延的目的。理论分析和仿真结果表明:EDAA-BA 算法在保持较高地址分配成功率的前提下,其组网耗时和组网开销方面性能优于现有的两种改进方案。

关键词:无线传感器网络; ZigBee 协议; 借地址; 地址分配; Cluster-tree 路由算法

中图分类号: TP393.04

文献标志码: A

A borrowed address-based on-efficient distributed address assignment algorithm in ZigBee networks

YAO Yukun, CHEN Yongchao, LI Pengxiang, REN Zhi

(1. School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, P. R. China; 2. Key Laboratory of Mobile Communication Technology of Chongqing, Chongqing 400065, P. R. China)

Abstract: The borrowed address algorithm can solve the orphan problem made by the restriction of threshold of children when DAAM (distributed address assignment mechanism) assigns the addresses for the nodes in ZigBee networks. The existed borrowed algorithms only can increase the success ratio of address assignment, but their overhead and times spend on founding net cost much. To address the problem, we propose an efficient borrowed address assignment algorithm EDAA-BA (efficient distributed address assignment algorithm based on borrowed address). To control the overhead and time spend on founding net, it borrows addresses firstly from the descent nodes in same branch for the orphan router nodes, adds the mechanism of immediate reply of borrowed message, and assigns the remainder addresses unused by DAAM in the 16-bits addresses for the orphan end devices. Theoretical and simulation analyses show that our algorithm outperforms DAAM and two of its present improvement algorithms in terms of the overhead and time spent on forming network, under the premise of better success rate of address assignment.

收稿日期: 2012-03-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60972068); 教育部留学回国人员科研启动基金项目(2010-1561); 重庆市自然科学基金项目(2009BB2085); 重庆市教委科研项目(KJ090524)

作者简介: 姚玉坤(1964-), 女, 重庆邮电大学副教授, 主要研究方向为无线移动宽带通信网及网络编码, (E-mail) yaoyk@cqupt.edu.cn.

Key words: wireless sensor networks; ZigBee specification; borrowed address; address assignment; cluster-tree routing algorithm

随机地址分配机制——SAAM (stochastic address assignment mechanism)和分布式地址分配机制——DAAM (distributed address assignment mechanism)是 ZigBee 协议定义的 2 种地址分配机制^[1], DAAM 由于实现简单且与树路由 (Cluster-tree)相结合,其分配的 16 位网络地址包含了“地址—位置”的对应关系,只需对地址计算而无需发送控制消息或查询路由表便能获得路由信息,所以 DAAM 成为该领域的研究热点^[2]。

在 DAAM 机制中,首先由网络协调器预设组网参数 C_m (每个父节点可拥有的子节点最大个数)、 R_m (每个父节点可拥有的路由子节点最大个数)和 L_m (网络深度),组网时父节点根据以上参数为路由子节点分配路由地址和子地址空间,为终端子节点分配终端地址,同时建立起了节点之间的父子关系^[3]。网络采用树路由传输数据时,中继节点可根据节点间的父子关系,计算得出下一跳节点地址,完成消息的传输^[4]。由于预设组网参数的限制,且节点和地址之间是一一对应关系,所以会出现父节点因其子节点个数已达到最大值而无地址可分配,使得部分节点无法加入网络成为孤节点的情况^[1]。例如在文献[5]中,节点 14 由于其父节点 2 的子节点数是 3 已达到最大值,无法加入网络而成为了孤节点,只能通过 AODVjr 路由算法完成数据的传输。

1 相关工作

对于孤节点问题, Pan 等在文献[1]中探讨了节点因预设参数限制而成为孤节点的成因,提出了改变孤节点的潜在父节点^[1]、重构局部网络拓扑的解决方法,能够减少因宽度不足产生的孤节点,但在通信和运行时间等方面会产生明显的额外开销。Li 等在文献[6]中介绍了一种通过地址重配置来减少孤节点的方法,在重配置过程中使用了 16 位地址空间中 DAAM 未用到的地址,但重配置使控制开销增加且其扩展操作是一次性的。

为了改善孤节点问题,目前提出了多种借地址机制。Giri 等提出父节点地址空间不足时,便启动地址重分配过程,通过增大深度参数 $d(d=d+1)$ 减

小地址偏移量 $C_{skip}(d)$ 从而将部分子节点地址空间借来然后对地址空间重新分配,即 Single Level Address Reorganization 算法(简称为 SLAR)^[7]。Yen 等提出在 DAAM 机制产生孤节点后,其父节点作为代理节点向网络协调器发出申请,由网络协调器从剩余地址空间中随机为孤节点分配一个地址^[8],即 Hybrid Address Configuration (简称为 HAC)。文献[9]中出当父节点地址空间不足时,通过公式计算得出一个随机的借地址信息的目的地址,发送借地址信息,若目的地节点有剩余地址则回复剩余地址;否则回复失败消息,父节点收到借地址失败消息后,按照相同步骤重新进行借地址。在文献[10]中网络协调器维持一个全网络的空闲地址表,当父节点地址空间不足时向网络协调器发送借地址信息,网络协调器查询空闲地址表后回复一个距离这个父节点最近的空闲地址,然后父节点将借来的空闲地址分配给子节点。

研究发现,上述借地址机制能够提高地址分配成功率,但存在以下不足:1)借地址信息目的地址的选取不是以节点的地址使用率(节点总数与预设地址总数的比值)为依据,使借地址成功率下降,增加了借地址信息的发送次数。2)上述借地址机制的借地址信息在网络中是以多跳的形式传输,但是中继节点即使有空闲地址也只能对借地址信息进行转发,不能回复空闲地址,从而增加了借地址信息的传输跳数。3)未将孤节点分为路由孤节点和终端孤节点进行分别处理,所有孤节点都需要父节点为其借地址,未对 16 位地址空间加以充分的利用,增加了借地址的次数。4)未考虑树状网络的拓扑结构^[11]与树路由算法的兼容性,产生了绕路现象。绕路现象的产生会使组网后数据包传输的通信开销和时延增加。同时,上述不足中借地址信息的发送次数和传输次数的增加也会导致借地址机制的通信开销和时延较大。

下面首先以图 1 为例简要分析绕路现象产生的机理。假设使用现有借地址机制为图 1 中的节点 14 借地址,此时节点 1、12 均是距离节点 2 最近(一跳距离)且有剩余地址的节点。若 2 给 14 分配 12 提供的空闲地址,源节点 10 向节点 14 发送数据时,

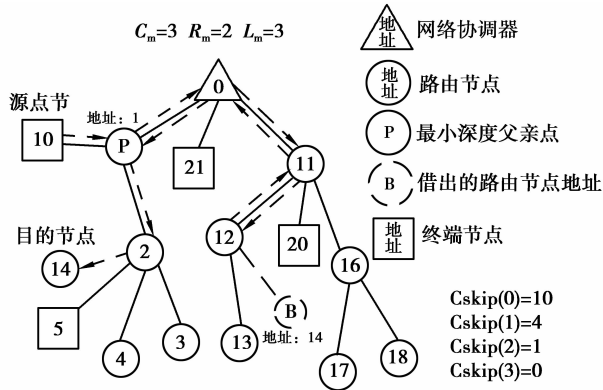


图 1 ZigBee 树状网络

根据树路由^[2]数据包要先传输到节点 12 后才会发现空闲地址 14 被节点 2 借走了,所以传输路线为: 10→1→0→11→12→11→0→1→2→14,可以看出节点 1 到节点 12 的往返路径即为冗余路径(图 1 中虚线箭头所示),出现了绕路现象。

如图 1 所示,若空闲地址的提供节点的子孙节点不是源节点,冗余路径必定存在。所以绕路现象在借地址机制中不容忽视,因为会增加组网后数据包传输的通信开销和时延。

针对上述不足,笔者提出 EDAA-BA 算法,主要从减少借地址信息的发送次数和传输跳数 2 个方面减少借地址机制的通信开销和时延,改进如下: 1) 由于终端节点不可作为父节点进行扩展,所以只需为其分配一个含有父子关系的地址即可,无需为其分配子地址空间,所以 EDAA-BA 把孤节点分为路由孤节点和终端孤节点,利用 DAAM 未使用到的剩余地址空间,根据式(5)~(6)计算得出节点地址后分配给终端孤节点,省去为其借地址的过程,减少了借地址信息的发送次数。2) 将同枝节点中地址使用率低的子孙节点作为借地址信息的首选目的节点(依据见定理 1),即作为空闲地址的首选提供节点,提高借地址的成功率,减少重借次数,从而减少借地址信息的发送次数,且只为路由孤节点借地址。3) 为减少借地址信息的传输跳数,增加中继节点对借地址信息的即时回复机制:当收到借地址信息的中继节点有剩余地址时,可直接进行回复,无需转发。4) 当子路由节点成为孤立节点后,其父节点采用树路由向同枝节点发送借地址请求,减少了绕路现象的出现。

2 ZigBee 网络中基于借地址的高效分布式地址分配算法 EDAA-BA

EDAA-BA 算法针对现有借地址机制在对通信开销和组网耗时方面控制的不足,提出了几个改进机制,下面对改进机制的依据进行证明。

2.1 定理证明

定义 1 同枝节点:指该节点的直接父节点、祖先节点、直接子路由节点和后代路由节点(只有路由节点可以作为父节点^[1])的集合。

定义 2 16 位地址空间:由 16 位二进制数组成的地址集合,容量为 65 536。

假设 1 场景内所有节点呈随机均匀分布。

由于网络拓扑分割的问题不在地址分配算法的研究范围之内,所以假设网络内的所有节点呈随机均匀分布,并设节点密度为 μ 。

定理 1 每个节点的地址使用率(节点总数与预设地址总数的比值)与自身的网络深度呈非正比关系。

证明:根据 DAAM 的原理,有 $S_{DAAM} = \{1, A_m\}$, 其中 S_{DAAM} 和 A_m 分别表示 DAAM 可分配的地址空间和分配的最大地址; A_m 可用式(1)计算

$$A_m = C_{skip}(0) \times R_m + C_m - R_m. \quad (1)$$

式中 $C_{skip}(0)$ 表示深度为 0 的路由节点在分配地址时的地址偏移量,其值由式(2)定义

$$C_{skip}(d) = \begin{cases} 1 + C_m \times (L_m - d - 1), R_m = 1; \\ \frac{1 + C_m - R_m - C_m \times R_m^{(L_m - d - 1)}}{1 - R_m}, R_m \neq 1. \end{cases} \quad (2)$$

①当 $R_m = 1$ 时,根据式(1)~(2)有

$$A_m = (1 + C_m \times (L_m - 1)) \times R_m + C_m - R_m = C_m \times L_m. \quad (3)$$

式(3)说明 DAAM 定义地址空间 A_m 与网络深度 L_m 呈线性关系,网络深度每增加 1 地址空间总的大小增加 C_m ,即每一层网络的预设地址总数为 C_m 。

由于网络每层只有 1 个路由节点(即 $R_m = 1$)且通信半径相同,并且节点随机均匀分布,所以每层分布的节点总数相等,设为 N_c ,则当 $R_m = 1$ 时,地址使用率 A_r 不随网络深度的变化而改变,始终为 N_c/C_m 。

②当 $R_m \neq 1$, 根据式(1)~(2)有

$$A_m = \frac{1 + C_m - R_m - C_m \times R_m^{(L_m-1)}}{1 - R_m} \times R_m + C_m - R_m, \quad (4)$$

$$A_{m2} - A_{m1} = \frac{R_m \times C_m}{1 - R_m} [R_m^{(L_{m1}-1)} - R_m^{(L_{m2}-1)}]. \quad (5)$$

A_{m1} 、 A_{m2} 为 L_m 分别取 L_{m1} 、 L_{m2} 时式(4)对应的值, 且 $L_{m2} - L_{m1} = 1$ 。

将式(5)整理后可得: $A_{m2} - A_{m1} = R_m^{L_{m1}} \times C_m$, 即为第 L_{m2} 层的地址空间。

由于 DAAM 组建的网络是树状网络, 所以网络每层节点的覆盖面积可近似看成半径为 L_m , 圆心角为 α 的圆环, 则圆环面积 S 如式(6)所示。

$$S = \alpha(L_m + 1)^2 - \alpha \times L_m^2, \quad (6)$$

$$N_C = S \times \mu, N_C = \alpha(2L_m + 1) \times \mu. \quad (7)$$

式中: S 为每一层网络的覆盖面积, μ 为节点密度。则该层的地址使用率

$$A_r = \frac{N_C}{A_m} = \frac{\alpha(2L_m + 1)\mu}{R_m^{L_m} \times C_m}. \quad (8)$$

若令 A_{r1} 表示第 L_{m1} 层的地址使用率; A_{r2} 表示第 L_{m2} 层的地址使用率; 又由于 $L_{m2} - L_{m1} = 1$, 故有

$$A_{r1} - A_{r2} = \frac{\alpha\mu}{R_m^{L_{m2}} \times C_m} \times (2R_m \times L_{m1} + R_m - 2L_{m2} - 1). \quad (9)$$

由于 $R_m > 1$, $L_m \geq 1$ 且均为正整数, 所以 $A_{r1} - A_{r2} > 0$, 即地址使用率逐层减少。由此可知, 当网络深度增大时, 地址使用率减小, 即剩余地址越多。

定理 1 证毕。

综上所述, 当 $R_m = 1$ 时, 随着网络深度的增加地址利用率不变; 当 $R_m \neq 1$ 时, 随着网络深度的增加地址利用率减小。定理 1 说明, 如果将同枝节点中的子孙节点设为借地址的首选节点可减少借地址失败次数, 即减少重借次数, 从而减少借地址的通信开销和时延。

定理 2 DAAM 用完 16 位地址空间的概率近似为 0。

证明: ①当 $R_m = 1$, 根据式(1)可得: 欲使 $A_m = 65\ 535$, 须 $C_m \times L_m = 65\ 535$; 通过因式分解, 可知 65 535 为 4 个素数的乘积: $65\ 535 = 3 \times 5 \times 17 \times 257$; 因此, 满足条件的 $C_m \times L_m$ 组合共有 16 种, 即

$$\sum_{i=0}^4 C_4^i = 16.$$

②当 $R_m \neq 1$, A_m 的值如式(4)所示, 令 $A_m =$

65 535, 则

$$R_m^{L_m} = \frac{65\ 535}{C_m / (R_m - 1)} + 1. \quad (10)$$

结合 $R_m > 1$, $L_m \geq 1$ 且均为正整数的条件进行遍历搜索, 得到满足条件的组网参数组合个数为 3 种, 即(4 369, 2, 4)、(13 107, 4, 2)、(21 845, 2, 2)。

综上所述, DAAM 用完 16 位地址空间的可能共有 $16 + 3 = 19$ 种; 由于 $L_m \in \{1, 65\ 535\}$, $C_m \in \{1, 65\ 535\}$, 因此总的地址分配方式数大于 $65\ 535^2$, 则 DAAM 用完地址空间的概率为: $P < 19 / 65\ 535^2 \approx 4.42 \times 10^{-9}$, 即 $P \approx 0$ 。

定理 2 证毕。

16 位网络地址中包括分配给节点的预设地址空间和没有利用的剩余地址空间, 由定理 2 可以看出, 如果我们将这些剩余地址空间分配给终端孤节点, 则无需为其借地址, 从而可减少总的借地址过程的开销和时延。

2.2 EDAA-BA 算法的基本思路和组网步骤

EDAA-BA 的基本思路是在 DAAM 基础上, 当出现路由节点数大于 R_m 的状况时, 使地址不足的父亲节点 A_p 先通过 Cluster-tree 树路由向其同枝节点中的子孙节点借地址, 借地址成功后将地址分配给子节点, 不成功则继续向其祖先节点借地址; 当出现终端节点数大于 $C_m - R_m$ 的状况时, 父节点以 A_m 作为段地址空间长度对剩余地址空间进行分段, 然后根据申请加入的终端节点个数进行按需扩展, 将 A_p 的地址空间扩展 n_s 段, 终端节点数则增加 $n_s \times C_m$ 。EDAA-BA 组网过程主要分为 4 个步骤, 具体如下:

1) 网络初始化

网络协调器节点地址为 0, 首先由它预设组网参数 C_m 、 R_m 和 L_m , 然后向邻居节点广播组网消息。

2) 节点发送地址请求信息请求入网

未入网的节点通过对邻居表的查询, 找出深度最小的潜在父节点(有多个时可随机选择), 假设为 A_p , 继而向其发送地址请求消息。

3) 回复地址分配信息

父节点 A_p 收到地址请求信息后查询地址空间, 若父节点 A_p 地址空间不足, 则执行步骤(4); 若父节点 A_p 地址空间充足, 则执行 DAAM 机制。此时父节点根据子节点类型按式(11)确定节点地址, 并将所分配的地址回复给子节点。

$$A = \begin{cases} A_p + C_{\text{skip}}(d) \times (n - 1) + 1, T_{\text{children}} = \\ \quad T_{\text{router}}, 1 \leq n \leq R_m; \\ A_p + C_{\text{skip}}(d) \times R_m + n, T_{\text{children}} = \\ \quad T_{\text{end}}, 1 \leq n \leq C_m - R_m. \end{cases} \quad (11)$$

式中 n 表示子节点申请加入的顺序; T_{children} 表示子节点类型; T_{router} 表示子路由节点; T_{end} 表示子终端节点。

4) 执行 EDAA-BA 借地址分配机制

①若请求入网的节点为路由节点, 父节点 A_p 按照 Cluster-tree 树路由向自己的同枝子节点单播借地址信息。

当同枝子节点收到借地址信息后, 执行借地址信息即时回复机制: 查询其子节点个数, 如有剩余的路由地址则回复剩余地址; 否则就修改借地址信息的目的节点为该同枝子节点的子孙节点。若转发到深度为 L_m 的节点时, 仍无剩余地址, 则回复借地址失败信息。

父节点收到子节点单播的借地址回复信息后, 若为借地址失败信息则再向它自己的父节点进行借地址; 若为剩余地址信息, 便将该地址分配给子节点。

②若请求入网的节点为终端节点, 父节点便对剩余地址空间加以利用, 当根据组网参数预设的地址空间不足时, 父节点为子终端节点分配扩展空间 1 中的地址, 并根据子终端节点的个数按需求的依次对 16 位网络地址进行扩展使用, 如图 2 所示。

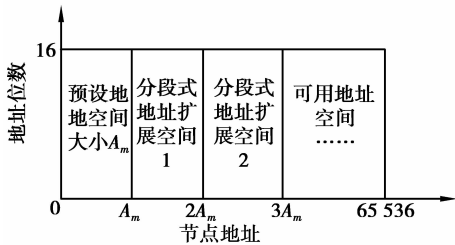


图 2 地址分段式扩展示意

具体地, 父节点根据式(12)、(13)为终端节点分配地址:

$$A_{\text{end}} = \begin{cases} A_p + C_{\text{skip}}(d) \times (n_{\text{th}} - 1) + 1 + n_s \times A_m, \\ \quad 1 \leq n_{\text{th}} \leq R_m; \\ A_p + C_{\text{skip}}(d) \times R_m + n_{\text{th}} + n_s \times A_m, \\ \quad R_m \leq n_{\text{th}} \leq C_m. \end{cases} \quad (12)$$

$$n_{\text{th}} = (n + R_m) \% C_m; n_s = \lfloor (n + R_m) / C_m \rfloor. \quad (13)$$

式中 A_{end} 表示终端子节点地址; n_s 表示扩展次数(初始值为 0); n_{th} 为分段后该子节点的加入顺序。若 A_{end} 不大于 65 535, 则将地址分配给子节点; 否则发送拒绝加入信息。

3 仿真实验与性能分析

选取 DAAM^[1]、SLAR^[7]、HAC^[8] 算法作为比较对象, 通过仿真比较分析它们和 EDAA-BA 算法在地址分配方面的性能差异。

3.1 仿真实验及参数设置

使用 OPNET 仿真软件^[12] 对上述四种地址分配算法进行仿真。在半径为 200 m 的圆形区域分别设置具有不同节点密度(节点数 N 分别为 100、200、300、400、500) 的 5 个仿真场景, N 个静止节点在该区域中呈随机均匀分布; 网络协调器位于圆心^[13], 路由节点和终端节点的数量比例为 6:4; 节点的 MAC 层和物理层采用 IEEE802.15.4a 标准^[14-15], 节点通信范围统一设为 35 m; 考虑节点总数和路由、终端节点比例, 参数 C_m 、 R_m 和 L_m 的缺省值分别设为 5、3 和 8。为模拟网络的随机环境, 每个场景的随机数分别取 128、130、132 和 134, 做 4 次仿真实验, 结果取平均值。

3.2 性能指标的仿真结果及分析

3.2.1 控制开销

用地址分配算法运行结束时节点发出的所有控制分组的比特数 B_c 来表示控制开销的大小, 如式(14)

$$B_c = \sum_{i=1}^T L_i. \quad (14)$$

式中 i 为大于 0 的整数, L_i 表示第 i 个控制分组的长度。

图 3 显示 EDAA-BA 的控制开销(均值为 829 862.4 比特)在各场景中均小于另 2 种改进算法(SLAR 和 HAC)。原因是 SLAR 网络重组过程需对地址进行重新分配,额外增加了组网开销;HAC 未对孤节点分类处理,所有孤节点都采用网络协调器集中式的分配地址,且借地址信息在孤节点到网络协调器之间的往返传输无疑使通信开销增加;EDAA-BA 只为路由孤节点借地址,为终端孤节点分配剩余地址,并加入借地址信息的即时回复机制减少了借地址信息的冗余传输。

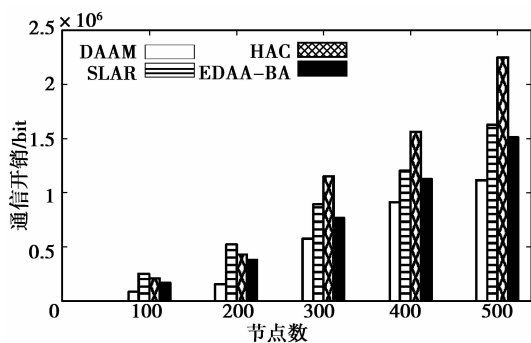


图 3 控制开销比较

所以如图 3 所示,EDAA-BA 在 3 种改进算法中此性能占优。由于 DAAM 没有借地址机制,而 EDAA-BA 是针对现有借地址机制在组网开销和组网耗时方面的不足做的改进,所以两种算法在此性能方面没有可比性。

3.2.2 地址分配平均耗时

用该指标表征算法分配地址的快慢程度。定义地址分配平均耗时为 T_a ,其值如式(15)

$$T_a = T_s / N_a \quad (15)$$

其中 T_s 表示分配地址消耗的全部时间, N_a 表示获得地址的节点总数。图 4 显示:EDAA-BA 的地址分配平均耗时(均值为 20.01 s)在总体上少于 HAC (均值为 20.9 s)和 SLAR(均值为 43.1 s)。EDAA-BA 将剩余地址充足的子孙节点设为借地址的首选节点,减少了借地址信息失败的次数和冗余跳数,因此与 HAC 和 SLAR 相比此性能更优。DAAM 与 EDAA-BA 在此性能方面没有可比性。

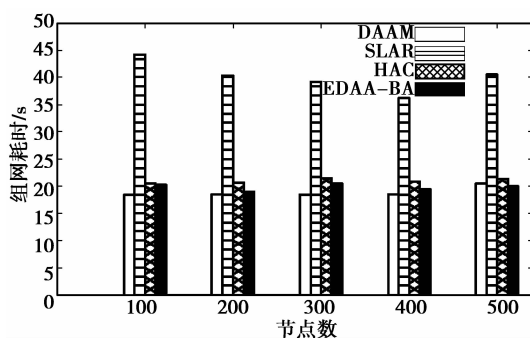


图 4 地址分配平均耗时比较

3.2.3 地址分配成功率

该指标用于评价地址分配算法的有效性。定义地址分配成功率 S 如式(16)所示

$$S = N_s / N \quad (16)$$

其中 N 为节点总数, N_s 表示获得地址的节点数。EDAA-BA 通过为路由孤节点借地址和对剩余地址空间加以利用保证了算法的组网成功率。如图 5 所示,EDAA-BA 在节点数不同的 5 个场景中的地址分配成功率均大于 DAAM、SLAR,且与 HAC 相当,它们的均值分别为 60.1%、55.65%和 83.8%。所以 EDAA-BA 实现了在不降低地址分配成功率的前提下减少组网开销和耗时的目标。

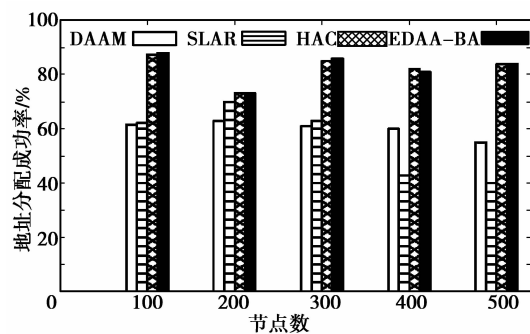


图 5 地址分配成功率比较

3.2.4 路由节点比例对 EDAA-BA 性能的影响

选择 500 个节点的场景,改变路由节点所占比例,得到如图 6 所示结果。

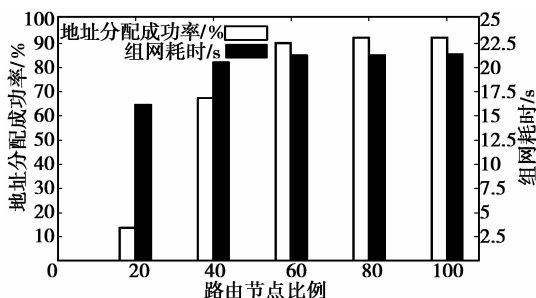


图 6 路由节点比例对 EDAA-BA 性能的影响

从图 6 中可看出,随着路由节点比例的增加,EDAA-BA 的地址分配成功率从 13.7% 开始上升,在路由节点比例为 100% 时获得最大值 92.4%;这说明路由节点比例的增加总体上对 EDAA-BA 的节点地址分配性能有利。但是同时地址分配耗时从 16.12 开始上升,在路由节点比例为 100% 时达到最大值 21.36 秒。这为网络部署时路由节点比例的选取提供了一个参考依据。

3.2.5 网络深度对 EDAA-BA 性能的影响

选择 500 个节点的场景,取 $C_m = 5, R_m = 3, L_m \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$,考察 EDAA-BA 的性能,得到如图 7 所示结果。由图 6 可知,EDAA-BA 算法的地址分配成功率在 $L_m = 9$ 时取得最优值,说明网络最大深度和地址分配性能是正相关关系。而网络最大深度与地址分配性能则是负相关关系,当 $L_m = 1$ 时,组网耗时为最小值 7.11 s,随着网络深度的增加,组网耗时增加,当 $L_m = 9$ 时为最大值 22.18 s。

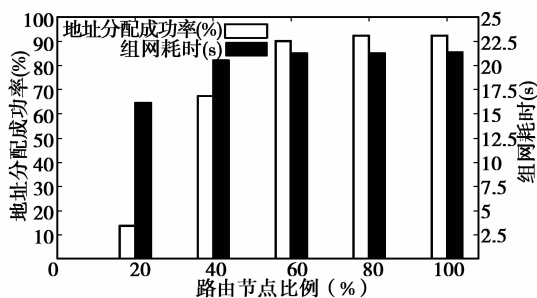


图 7 网络深度对 EDAA-BA 性能的影响

4 结 论

提出了一种基于借地址的高效地址分配算法 EDAA-BA,把路由孤节点的借地址范围首选为同枝节点来改善绕路问题,将同枝节点中的子孙节点作为借地址的首选节点,减少借地址信息的发送次数;将 16 位网络地址中未使用到的剩余地址空间分配给终端孤节点,省去为终端孤节点借地址的过程,减少组网开销和时延;在借地址信息的传输中加入借地址即时回复机制,减少借地址信息的传输跳数。理论分析和仿真结果显示,与 DAAM 和它的两种改进方案—SLAR 和 HAC 相比,EDAA-BA 在地址分配成功率方面的性能与 HAC 相当,优于 DAAM 和 SLAR;在控制开销和地址分配平均耗时方面,

EDAA-BA 性能表现优于 HAC 和 SLAR。在未来工作中,我们将进一步深入研究借地址的通信开销、组网耗时问题,在确保地址分配成功率的前提下,尽可能多地减少通信开销和组网耗时。

参考文献:

- [1] Pan M S, Tsai C H, Tseng Y C. The orphan problem in ZigBee wireless networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2009, 8(11): 1573-1584.
- [2] 黄琼, 张宏科, 郜帅, 等. 基于 IPv6 的无线传感器网络应用设计[J]. 重庆邮电学院学报:自然科学版, 2006, 18(5): 621-624.
HUANG Qiong, ZHANG Hongke, GAO Shuai, et al. Application design of wireless sensor network based on IPv6 [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2006, 18(5): 621-624.
- [3] 成小良, 邓志东. 基于 ZigBee 规范构建大规模无线传感器网络[J]. 通信学报, 2008, 29(11): 158-164.
CHENG Xiaoliang, DENG Zhidong. Construction of large-scale wireless sensor network using ZigBee specification [J]. Journal on Communications, 2008, 29(11): 158-164.
- [4] 朱向庆, 陈志雄. 采用 Tree 及 AODVjr-PB 路由算法的家庭无线网络设计[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版, 2011, 23(3): 343-348.
ZHU Xiangqing, CHEN Zhixiong. Design of home wireless network using routing algorithm of Tree and AODVjr-PB [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2011, 23(3): 343-348.
- [5] 蒋文韬, 邝育军, 刘佳轶, 等. 基于 AODV 的改进型备用路由修复协议[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版, 2008, 20(2): 179-183.
JIANG Wentao, KUANG Yujun, LIU Jiayi, et al. Pro-backup repairing mechanism based on AoDV [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2008, 20(2): 179-183.
- [6] Li Y R, Shi H B, Tang B Y. Address assignment and routing protocol for large-scale uneven wireless sensor networks [C] // Proceedings of the 2009 International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology, Jan. 18-20, 2009, Wuhan, China. [S. l.]: IEEE Press, 2009: 1-4.

- [7] Giri D, Roy U K. Single level addresses reorganization in wireless personal area network[C]// Proceedings of the 4th International Conference on Computers and Devices for Communication, Dec. 14-16, 2009, Kolkata, India. [S.l.]: IEEE Press, 2009: 1-4.
- [8] Yen L H, Tsai W T. The room shortage problem of tree-based Zigbee/IEEE 802. 15. 4 wireless networks [J]. Computer Communications, 2010, 33(4): 454-462.
- [9] Fang M Q, Wang J, Xu X H. A preemptive distributed address assignment mechanism for wireless sensor networks [C]// Proceedings of the 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobil Computing, Oct. 12-14, 2008, Dalian, China. [S.l.]: IEEE Press, 2008: 1-5.
- [10] Giri D, Roy U K. Address borrowing in wireless personal area network[C]// Proceedings of the 2009 IEEE International Advance Computing Conference, March 6-7, 2009, Patiala, India. [S.l.]: IEEE Press, 2009: 181-186.
- [11] 王宝英, 蔡雪梅, 梅春燕, 等. 基于 ZigBee 技术的智能交通网络研究[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2007, 19(6): 748-751.
WANG Baoying, CAI Xuemei, MEI Chunyan, et al. Research of ITS based on ZigBee technology [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2007, 19(6): 748-751.
- [12] Hammoodi I S, Stewart B G, Kocian A, et al. A comprehensive performance study of OPNET modeler for ZigBee wireless sensor networks[C]// Proceedings of the 2009 Third International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, Sep. 15-18, 2009, Cardiff, Wales, UK. [S.l.]: IEEE Press, 2009: 357-362.
- [13] 王东, 张金荣, 魏延, 等. 利用 ZigBee 技术构建无线传感器网络[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2006, 29(8): 95-97.
WANG Dong, ZHANG Jinrong, WEI Yan, et al. Building wireless sensor networks (WSNs) by Zigbee technology [J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2006, 29(8): 95-97.
- [14] 王利国, 张宏科. 基于 6LoWPAN 的传感器网络动态路由协议研究[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2006, 18(6): 740-743.
WANG Liguang, ZHANG Hongke. Research on 6LoWPAN-based dynamic routing protocol of sensor network [J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2006, 18(6): 740-743.
- [15] The LANMAN Standards Committee of the IEEE Computer Society. IEEE Std 802. 15. 4 TM-2003 Part 15. 4: wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs) [S]. New York, USA: the Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2003

(编辑 张小强)