

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2014.04.025

引用格式:王昭.一种适用于多信道联合组网的时隙分配新算法[J].电讯技术,2014,54(4):506-512. [WANG Zhao. A New Algorithm for Time Slot Assignment in Multi-channel Networking Environment[J]. Telecommunication Engineering, 2014, 54(4):506-512.]

一种适用于多信道联合组网的时隙分配新算法*

王 昭**

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘 要:分析了多信道联合组网时隙分配问题的特点,提出分配时隙时应该综合考虑容量需求、负载均衡和分配均匀度三方面因素,并设计了估计该三方面需求满足程度的方法。基于遗传算法,提出了适用于求解该问题的优化算法。仿真试验表明,提出的新算法能够有效求解多信道联合组网环境下的时隙分配问题。

关键词:时分多址;多信道;联合组网;时隙分配;遗传算法;负载均衡

中图分类号:TN92;TP301.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2014)04-0506-07

A New Algorithm for Time Slot Assignment in Multi-channel Networking Environment

WANG Zhao

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: The properties of time slot assignment problem in multi-channel networking environment are analyzed. Considerations on capacity demands, the load balance, and the uniformity of the assignment are emphasized. Approaches to estimating how the assignment satisfies the three factors are designed. Based on the genetic algorithm (GA), a new optimization method is proposed to solve the problem. Simulation results in several scenarios show that the proposed approach can successfully solve the time slot assignment problem in multi-channel networking environment.

Key words: TDMA; multi-channel; joint networking; time slot assignment; genetic algorithm; load balance

1 引 言

为了实现较大区域内的综合互联组网,提高信息交互能力,可利用组网区域内若干个多信道配置节点(简称多信道节点)的中继转发,将多个独立的单网(每个单网使用不同的工作频率,称为子网)联系起来,如 Link-22 系统的超网结构^[1]。

在链路层接入技术上,随着同步技术(如 GPS 卫星同步^[2]等)的不断发展,时分多址(Time Division Multiple Access, TDMA)接入技术凭借频谱利用率高、系统容量大等优点,广泛应用于民用与军用无

线网络中^[3]。在 TDMA 网络中,时隙是最重要的资源,时隙分配是最重要的问题之一。多信道联合时隙分配就是对所有的时隙资源进行统筹分配,考虑容量需求、网络负载均衡与均匀分配要求,实现资源的全网共享与联合调度。目前,时隙分配主要考虑单网内部分配,主流的方法有固定分配、预约分配与竞争分配几种方式^[4],均未考虑多信道网络的联合分配。对于多信道互连网络,若只考虑单网内时隙的独立分配,则可能造成子网间负载不平衡、网间中继拥塞等现象,无法实现全局资源优化。因此,有必

* 收稿日期:2014-01-17;修回日期:2014-03-13 Received date:2014-01-17;Revised date:2014-03-13

** 通讯作者:henwujue@163.com Corresponding author:henwujue@163.com

要对多信道多网络进行联合统筹考虑,实现资源的全局最优分配。

本文针对多信道互联网络的特点,分析联合时隙分配的需求和目标,设计了一种综合容量需求、负载均衡与均匀分配优化目标的评估方法,并基于该评估方法提出了一种适用于多信道联合组网的时隙分配算法,以期在兼顾容量需求的基础上,尽可能满足负载均衡和均匀分配的要求。

2 问题描述

2.1 输入条件

多信道联合组网时隙分配问题由网络各节点的子网参与情况、各子网的容量限制、网络各节点的传输容量需求和各子网分配周期内时隙数共 4 个输入条件确定。

(1) 网络各节点参与情况

设子网数目为 m , 网络节点总数为 n , m 和 n 都是正整数, 则网络各节点的子网参与情况可以用 $m \times n$ 维 0-1 矩阵 P (称为拓扑矩阵) 表示:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

如果第 j 个节点参与了第 i 个子网, 则 P 中元素 $p_{ij} = 1$, 否则 $p_{ij} = 0$, 其中 $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$ 。

P 的第 i 行表示子网 i 中的成员参与情况, 第 j 列表示成员 j 的子网参与情况。由于所有成员至少参与 1 个子网, 因此对于 P 中某一行 j , 该行元素求和的值不小于 1, 即 $\sum_{i=1}^m p_{ij} \geq 1, j = 1, 2, \dots, n$ 。

(2) 各子网容量限制

各子网的容量限制表示每个子网由于物理传输速率的限制所能达到的最大网络吞吐量, 用 m 维实数向量 B 表示

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$$

其中, 第 i 个元素 b_i 表示第 i 个子网的最大容量, 单位为 $b/s; i = 1, 2, \dots, m$ 。

(3) 网络各节点传输容量需求

假定网络中每个节点都产生始发广播消息, 即产生的消息需要整个多信道网络所有其他节点都接收到。网络各节点传输容量需求用 n 维实数向量 D 表示

$$D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$$

其中, 第 j 个元素 d_j 表示第 j 个网络成员的容量需求, 单位为 $b/s; j = 1, 2, \dots, n$ 。

(4) 各子网分配周期内时隙数

假定多信道互连网络所有子网采用相同长度的时隙分配周期 T , 单位为 s 。但由于每个子网传输信道的差异, 速率和时隙长度可不一致, 每个子网分配周期内的时隙资源表示为

$$(NT_1, NT_2, \dots, NT_m) = (\frac{T}{T_1}, \frac{T}{T_2}, \dots, \frac{T}{T_m}) \quad (2)$$

其中, NT_i 和 T_i 分别表示第 i 个子网分配周期的时隙总数以及时隙的长度, NT_i 为正整数, T_i 为实数, 单位 s 。

2.2 时隙分配表示

用 0-1 决策变量 y_{ijt} 表示时隙分配结果, 即如果第 i 个子网中的第 t 个时隙分配给了第 j 个网络成员, 则 $y_{ijt} = 1$, 否则 $y_{ijt} = 0$, 其中 $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$, 对于子网 $i, t = 1, 2, \dots, NT_i$ 。

如果子网 i 的第 t 个时隙分配给了成员 j , 即 $y_{ijt} = 1$, 但是成员 j 并没有参与子网 i , 即 $p_{ij} = 0$, 那么该分配称为无效分配, 只有当 $p_{ij} = 1$ 并且 $y_{ijt} = 1$ 时才称为有效分配。

最终的分配方案通过时隙的有效分配结果来表示。对于时隙分配方案 y_{ijt} , 令 $x_{ijt} = p_{ij}y_{ijt}$, 那么 0-1 变量 x_{ijt} 表示了子网 i 的第 t 个时隙对于成员 j 的有效分配结果。因此, 后面描述都针对有效分配结果 x_{ijt} 展开。

2.3 假设和约束

结合网络实际使用需求, 在分配过程中还存在以下假设或约束:

(1) 假定同一子网内的所有节点均相互一跳可达, 为避免干扰, 同一子网内不考虑时隙复用, 即每个子网中的每个时隙只会分配给最多 1 个参与该子网的成员, 即

$$0 \leq \sum_{j=1}^n x_{ijt} \leq 1$$

(2) 假定多信道节点在不同信道上可独立收发, 因此不同子网的同一时刻对应的时隙可以同时分配给参与这些子网的同一个多信道节点。

2.4 求解目标

在进行多信道联合组网时隙分配时, 需要满足传输容量、网络负载均衡和时隙均匀分配三方面需求, 并在综合考虑该三方面需求的基础上得到优化目标函数。

2.4.1 传输容量需求

传输容量需求包括各节点发送自身消息需要的始发容量, 以及中继其他节点消息需要的额外中继容量两部分。如果两个子网有共同的多信道节点,

那么称该两个子网相互邻接;每个子网中的节点只有通过与自己处于同一子网中的多信道节点中继转发,才能实现信息全网共享。

本文设计了一种传输容量满足程度的评估算法。首先针对每个子网,分析始发容量满足程度;然后分析中继容量满足程度后将两者融合;最后对所有子网统计结果融合,获得该时隙分配方案下的容量满足程度评估因子。为了方便对评估过程进行描述,定义3种时隙分配状态,即“未分类”、“始发分配”与“中继分配”。评估算法的具体步骤如下:

(1)初始化:所有已分配即 $x_{ijt}=1$ 的时隙都标记为“未分类”,并对每个子网 i ,令始发容量满足性能 $Src_i=0$,中继容量满足性能 $Rly_i=0$;

(2)令 $i=1$;

(3)令参与子网 i 的成员为 $j_1, j_2, \dots, j_u$, 其中 $1 \leq j_1 < j_2 < \dots < j_u \leq n, u = \sum_{j=1}^n p_{ij}$ 。对于子网 i 内的每个成员 j_i ,子网 i 分配的时隙中标记为“未分类”的时隙总数为 v ,

①如果 $\frac{b_i T_i v}{T} = \frac{b_i v}{NT_i} < d_{j_i}$,则更新子网 i 的始发容量性能 $Src_i = Src_i + (\left\lceil \frac{d_{j_i} NT_i}{b_i} \right\rceil - v) / NT_i$;然后将子网 i 分配给 j_i 的 v 个标记为“未分类”的时隙全部标记为“始发 j_i ”;

②如果 $\frac{b_i T_i v}{T} = \frac{b_i v}{NT_i} \geq d_{j_i}$,则子网 i 的始发容量性能不变, $Src_i = Src_i$;然后将子网 i 分配给 j_i 的任意 $\left\lceil \frac{d_{j_i} NT_i}{b_i} \right\rceil$ 个标记为“未分类”的时隙标记为“始发 j_i ”;

(4)令与子网 i 邻接的 k 个子网按子网号从小到大为 $i_1, i_2, \dots, i_k$,其中 $1 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_k \leq m$;

(5)令 $l=1$;

(6)对于子网 i_l ,按照参与子网的数目从少到多的顺序,其与子网 i 的 q 个共同多信道节点依次为 $j_1, j_2, \dots, j_q$,其中 $1 \leq j_1, j_2, \dots, j_q \leq n$,并且 $\sum_{i=1}^m p_{ij_1} \leq \sum_{i=1}^m p_{ij_2} \leq \dots \leq \sum_{i=1}^m p_{ij_q}$;按照标号从小到大的顺序,子网 i_l 中剩余的 r 个成员依次为 $j^{1'}, j^{2'}, \dots, j^{r'}$,其中 $1 \leq j^{1'} < j^{2'} < \dots < j^{r'} \leq n$,并且 $q+r = \sum_{j=1}^n p_{ij}$;

(7)令 $z=1$;

(8)对于子网 i_l 中的成员 j^z ,为了满足其中继容量需求,子网 i 需要为 $j_1, j_2, \dots, j_q$ 分配的中继时隙总

数为 $\left\lceil \frac{b_{i_l} T_{i_l} \sum_{t=1}^{NT_{i_l}} x_{ij^z t}}{b_{i_l} T_{i_l}} \right\rceil = \left\lceil \frac{b_{i_l} NT_{i_l} \sum_{t=1}^{NT_{i_l}} x_{ij^z t}}{b_{i_l} NT_{i_l}} \right\rceil$;令子网 i 为 $j_1, j_2, \dots, j_q$ 分配的时隙中标记为“未分类”的时隙总数为 v ,

①如果 $v < \left\lceil \frac{b_{i_l} NT_{i_l} \sum_{t=1}^{NT_{i_l}} x_{ij^z t}}{b_{i_l} NT_{i_l}} \right\rceil$,则子网 i 的中继容量性能 $Rly_i = Rly_i + (\left\lceil \frac{b_{i_l} NT_{i_l} \sum_{t=1}^{NT_{i_l}} x_{ij^z t}}{b_{i_l} NT_{i_l}} \right\rceil - v) / NT_i$;然后将子网 i 为 $j_1, j_2, \dots, j_q$ 分配的时隙中标记为“未分类”的时隙全部都标记为“中继 j^z ”;

②如果 $v \geq \left\lceil \frac{b_{i_l} NT_{i_l} \sum_{t=1}^{NT_{i_l}} x_{ij^z t}}{b_{i_l} NT_{i_l}} \right\rceil$,则子网 i 的中继容量性能不变,即 $Rly_i = Rly_i$;然后将子网 i 为 $j_1, j_2, \dots, j_q$ 分配的标记为“未分类”的时隙,按照每个成员分得的“未分类”时隙数目的比例分担中继容量,将相关

时隙标记为“中继 j^z ”,直到标记完 $\left\lceil \frac{b_{i_l} NT_{i_l} \sum_{t=1}^{NT_{i_l}} x_{ij^z t}}{b_{i_l} NT_{i_l}} \right\rceil$ 个时隙为止;

(9)令 $z=z+1$,如果 $z \leq r$,则转步骤(8),否则转步骤(10);

(10)令 $l=l+1$,如果 $l \leq k$,则转步骤(6),否则转步骤(4);

(11)当前分配方案的始发和中继容量需求满足程度为

$$Cap_{\text{satisfy}} = \frac{\sum_{i=1}^m (\alpha Src_i + \beta Rly_i)}{m} \quad (3)$$

其中, α 和 β 为 $[0, 1]$ 上的实数且 $\alpha + \beta = 1$ 。

Cap_{satisfy} 值越小,表示网络时隙分配越接近满足容量需求,最优值 $Cap_{\text{satisfy}}^* = 0$ 。

2.4.2 网络负载均衡需求

网络负载均衡要求每个子网的负载尽量相当,每个子网的负载包括分配给参与该子网的所有成员的始发和中继容量的总和。

子网 i 分配给成员 j 的时隙总数为 $NA_{ij} = \sum_{t=1}^{NT_i} x_{ijt}$,子网 i 分配给所有参与该子网的成员的时隙总数为 $NA_i = \sum_{j=1}^n NA_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^{NT_i} x_{ijt}$,那么子网 i 的负载 L_i 表示为

$$L_i = \frac{NA_i}{NT_i} b_i = \frac{b_i \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^{NT_i} x_{ijt}}{NT_i} \quad (4)$$

用负载均衡评估因子 L_{balance} 来表示对该需求的

满足程度:

$$L_{\text{balance}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (L_i - \bar{L})^2}{m-1}}$$

(5)

其中, $\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{m}$, L_{balance} 值越小, 负载越均衡, 最优值 $L_{\text{balance}}^* = 0$ 。

2.4.3 时隙均匀分配需求

时隙均匀分配指的是某个子网分配给某个成员的时隙在时间分布上尽量均匀, 可有效降低 TDMA 最大接入时延。

定义子网 i 对节点 j 的时隙分配均匀度 E_{ij} 为

$$E_{ij} = \begin{cases} \text{无意义}, & p_{ij}=0 \text{ 或 } NA_{ij}=0 \\ 0, & p_{ij}=1 \text{ 或 } NA_{ij}=1 \\ \sqrt{\frac{(t_1+NT_i-t_{NA_{ij}}-\overline{\Delta NA_{ij}})^2 + \sum_{k=2}^{NA_{ij}} (t_k-t_{k-1}-\overline{\Delta NA_{ij}})^2}{NA_{ij}-1}}, & p_{ij}=1 \text{ 且 } NA_{ij} \geq 2 \end{cases}$$

(6)

其中, $\overline{\Delta NA_{ij}} = \frac{t_1+NT_i-t_{NA_{ij}} + \sum_{k=2}^{NA_{ij}} (t_k-t_{k-1})}{NA_{ij}}$, t_k 表示时隙序号, $1 \leq k \leq NA_{ij}$ 。定义整个网络的时隙分配均匀度因子 E 表示为

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n E_{ij} | p_{ij} \neq 0 \text{ 且 } T_{ij} \neq 0$$

(7)

E 值越小, 表示网络时隙分配越均匀, 最优值 $E^* = 0$ 。

2.4.4 目标函数

由于多信道联合时隙分配存在多个优化目标, 包括满足传输容量需求、尽量负载均衡及时隙均匀。本文通过对各个目标进行加权, 获得全局优化目标函数。

定义目标函数 $f(x_{ijt})$ 为

$$f(x_{ijt}) = \gamma_1 Cap_{\text{satisfy}} + \gamma_2 L_{\text{balance}} + \gamma_3 E$$

(8)

其中, γ_1 、 γ_2 和 γ_3 是区间 $[0, 1]$ 上的实数, 并且满足 $\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1$ 。在实际求解过程中, 根据各目标的重要性, 各权重系数取值为 $\gamma_1 = 0.7$, $\gamma_2 = 0.2$, $\gamma_3 = 0.1$ 。

3 算法设计

3.1 基本流程

考虑到遗传算法在资源调度和分配方面的有效性和良好性能^[5], 本文以其为基础设计了求解多信道联合组网条件下的时隙分配算法。遗传算法^[5]通过对初始候选解反复迭代, 最终获得最优或者近似最优解。遗传算法主要包括适应度评估、选择、交叉和变异操作, 其基本流程如图 1 所示。

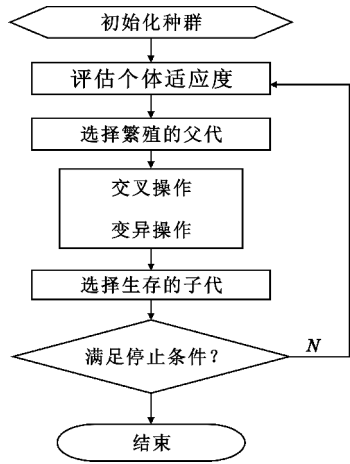


图 1 遗传算法流程
Fig. 1 The flowchart of a genetic algorithm

3.2 编码方式

将时隙分配方案 0-1 决策变量 x_{ijt} 表示成 $n \times \sum_{i=1}^m NT_i$ 维的 0-1 二维矩阵。第 j 行表示成员 j 在每个子网中的时隙分配情况, $j=1, 2, \dots, n$ 。编码后的 $n \times \sum_{i=1}^m NT_i$ 维个体记为 Z , Z 的第 j 行第 k 列元素 z_{jk} 值为 0 或者 1。 z_{jk} 表示了成员 j 在子网 g 中的第 $k - \sum_{i=1}^{g-1} NT_i$ 个时隙上的分配情况。个体 Z 的编码方式表示为

$$\begin{pmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1, \sum_{i=1}^m NT_i} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{n, \sum_{i=1}^m NT_i} \end{pmatrix}$$

3.3 初始化

通过随机初始化策略生成 Pop_Size (称为种群规模) 个个体完成初始化, 要求 Pop_Size 为偶数。初始化的每个个体必须满足以下两个要求:

- (1) 矩阵 P 描述了成员参与各子网的情况, 根据 P 中元素取值, 如果成员 j 没有参与子网 g , 即 $p_{gj} = 0$, 那么对于满足 $\sum_{i=1}^{g-1} NT_i < k \leq \sum_{i=1}^g NT_i$ 的所有 k , 都有 $z_{jk} = 0$;
- (2) 约束条件描述了同一个子网内的时隙分配约束条件, 即同一个时隙只能分配给同一子网内的 1 个成员。因此个体 Z 必须满足: 对于任意的 $k = 1, 2, \dots, \sum_{i=1}^m NT_i$, 都有 $0 \leq \sum_{j=1}^n z_{jk} \leq 1$ 。

3.4 适应度评估

对于每个个体 $Z = (z_{jk})_{n \times \sum_{i=1}^m NT_i}$, 其适应度函数 $F(Z)$ 定义为

$$F(Z) = \frac{1}{C_0 + C_1 \times f(Z)}$$

(9)

其中, C_0 、 C_1 均为大于零的常数, $f(Z)$ 为 Z 的目标函数值, 即对于 Z 相对应的 x_{ji} , 有

$$f(Z)=f(x_{ji})=0.7Cap_{satisfy}+0.2L_{balance}+0.1E$$

(10)

因此, $F(Z)$ 为正数, 并且 $F(Z)$ 的值越大, 个体 Z 的适应度越高, 当 $f(Z)=0$ 时, Z 表示最优分配方案, 此时最优适应度值 $F(Z)=1/C_0$ 。

3.5 选择

选择操作根据每个个体适应度大小确定其被选择进行后续操作的概率。本文采用与文献[6]中相同的基于轮盘赌的选择操作和精英保留策略。

3.6 交叉

将选择出的 Pop_Size 个个体随机配对, 得到 $Pop/2$ 对待交叉个体。对于每一对个体, 生成 $[0, 1]$ 上的随机数 r , 若 $r>p_c$, 则直接将其复制到生成的种群中, 否则, 交叉得到两个新个体, 此处 p_c 表示交叉概率。假设待交叉的个体分别为 $z1_{jk}$ 和 $z2_{jk}$, 为保证交叉后仍满足约束条件, 交叉以列为单位执行, 即对于新个体 $z1'_{jk}$ 的每列的取值, 根据如下方式由 $z1_{jk}$ 和 $z2_{jk}$ 获得:

- (1) 对于某一系列 k' , 生成一个 $[0, 1]$ 内的随机数 r , 如果 $r<0.5$, 则令 $z1'_{jk'}=z1_{jk'}$, 否则令 $z1'_{jk'}=z2_{jk'}$;

(2) 遍历所有列得到新个体 $z1'_{jk}$;

(3) 重复上述操作得到另一个新个体 $z2'_{jk}$;

(4) 按照上述方式对每一对对待交叉个体操作后得到 Pop_Size 个新生成的个体。

3.7 变异

对交叉得到的 Pop_Size 个个体按概率变异。设变异概率为 p_m , 对于每一个个体, 生成 $[0, 1]$ 上的随机数 r , 若 $r>p_m$, 则不采取任何操作, 否则, 对其进行变异操作。

变异操作只针对满足输入矩阵 P 所在行和列的值, 即根据 P 中元素取值, 如果成员 j 没有参与子网 g , 有 $p_{gj}=0$, 则对于满足 $\sum_{i=1}^{g-1} NT_i < k \leq \sum_{i=1}^g NT_i$ 的所有 k , 都有 $z_{jk}=0$, 对这些元素不执行变异操作。

为保证变异后仍满足约束条件, 只针对每列采取随机分配实现变异操作。具体来说, 生成一个 $[0, 1]$ 上的随机数 r , 若 $r>p_m$, 不作任何操作, 否则, 将该列唯一为 1 的元素随机分配到某一行上。

4 仿真分析

4.1 测试场景

为了对算法有效性进行验证, 针对两种典型场

景进行了测试。每个场景的参数配置以 Link16 数据链^[7]为基本参数, 并结合实际网络参数而选取, 不失一般性与代表性。

场景一包含 4 个子网, 每个子网参数一致, 参数配置如表 1 所示。场景二包含 4 个子网, 其中子网 2 为低速网络, 其余为高速网络, 参数配置如表 2 所示。

表 1 场景一参数配置

Table 1 Parameter setting of scenario 1

子网	容量限制 /($\text{kb} \cdot \text{s}^{-1}$)	始发容量需求 /($\text{kb} \cdot \text{s}^{-1}$)	时隙长度 /ms	分配周期 /s
子网 1	256	10	7.812 5	0.5
子网 2	256	10	7.812 5	0.5
子网 3	256	10	7.812 5	0.5
子网 4	256	10	7.812 5	0.5

表 2 场景二参数配置

Table 2 Parameter settings of scenario 2

子网	容量限制 /($\text{kb} \cdot \text{s}^{-1}$)	始发容量需求 /($\text{kb} \cdot \text{s}^{-1}$)	时隙长度 /ms	分配周期 /s
子网 1	256	2(除节点 1、15 为 64 kb/s 外)	7.812 5	1
子网 2	19.2	2(除节点 1、15 为 64 kb/s 外)	100	1
子网 3	256	2(除节点 1、15 为 64 kb/s 外)	7.812 5	1
子网 4	256	2(除节点 1、15 为 64 kb/s 外)	7.812 5	1

每种仿真场景的网络拓扑如图 2 所示。

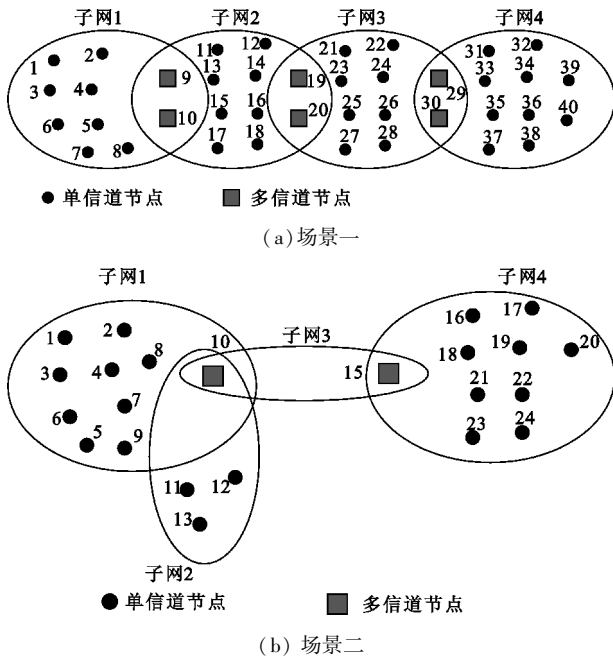


图 2 网络拓扑示意图
Fig.2 Topology of scenario

4.2 参数设置

算法的参数设置为:种群大小 $Pop_Size=100$,交叉概率 $p_c=0.80$,变异概率 $p_m=0.20$,适应度常数 $C_0=3, C_1=0.5$ 。

为了对比算法性能,仿真时与尽力搜索算法进行比较。由于样本候选空间过大,无法进行遍历搜索,因此尽力搜索时,不断地随机生成样本,并进行目标函数评估,最后保留搜索开始至今的最佳样本。

每一个算法在每一个场景上独立运行 30 次,每次运行使用不同的随机种子。算法使用 Matlab 编码实现,开发环境为 MATLAB® Version 7.1.0.246 (R14) Service Pack 3,平台环境为 Windows XP Professional SP3 操作系统,Intel® Core™ 2 Quad CPU Q8400@2.66 GHz 的 CPU,以及 1.96GB 的内存。

4.3 有效性分析和验证

图 3 给出了每种场景下,各算法找到的当前最优解目标函数值随迭代次数的演化曲线。图 3 中的数据点由 30 次运行的结果平均得到,并且尽力搜索法和遗传算法的比较都是在适应度函数评估次数相等的条件下进行的。

从图 3 可以明显看出,首先,遗传算法得到的解的性能远远优于尽力搜索算法;其次,遗传算法在场景一中找到了十分接近最优解(目标值为 0)的分配方案,而在第二个场景中找到的解的性能离最优解

有一定差距,这是因为该场景的参数配置条件下,待求解问题本身不存在目标值为 0 的理论最优分配方案。

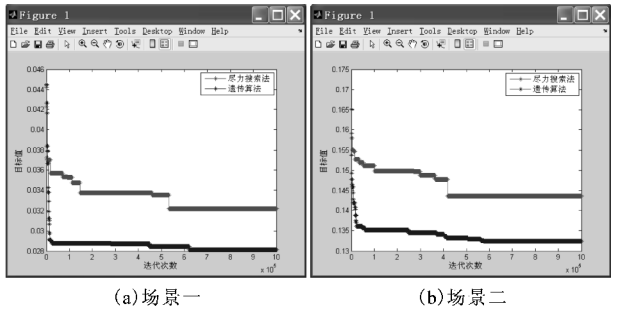


图 3 每种场景下各算法找到的当前最优解目标函数值随迭代次数演化曲线
Fig.3 Evolutionary curves of the objective function value of the best solution found by each algorithm so far in each scenario

图 4 给出了每种场景下遗传算法某一次运行得到的时隙分配结果。从分配结果可以看出,每种场景中的多信道节点能够分得更多的时隙,以便满足中继容量的需求,如场景一中的节点 9、10、19、20、29 和 30,以及场景二中的节点 10 和 15。在分配结果的均匀度方面,从图 4 中结果可以看出并不是完全理想,这是因为目标函数中只分配给了均匀度很小的权重。针对目标函数中不同权重大小对最终分配结果的影响留到后续研究中进行。

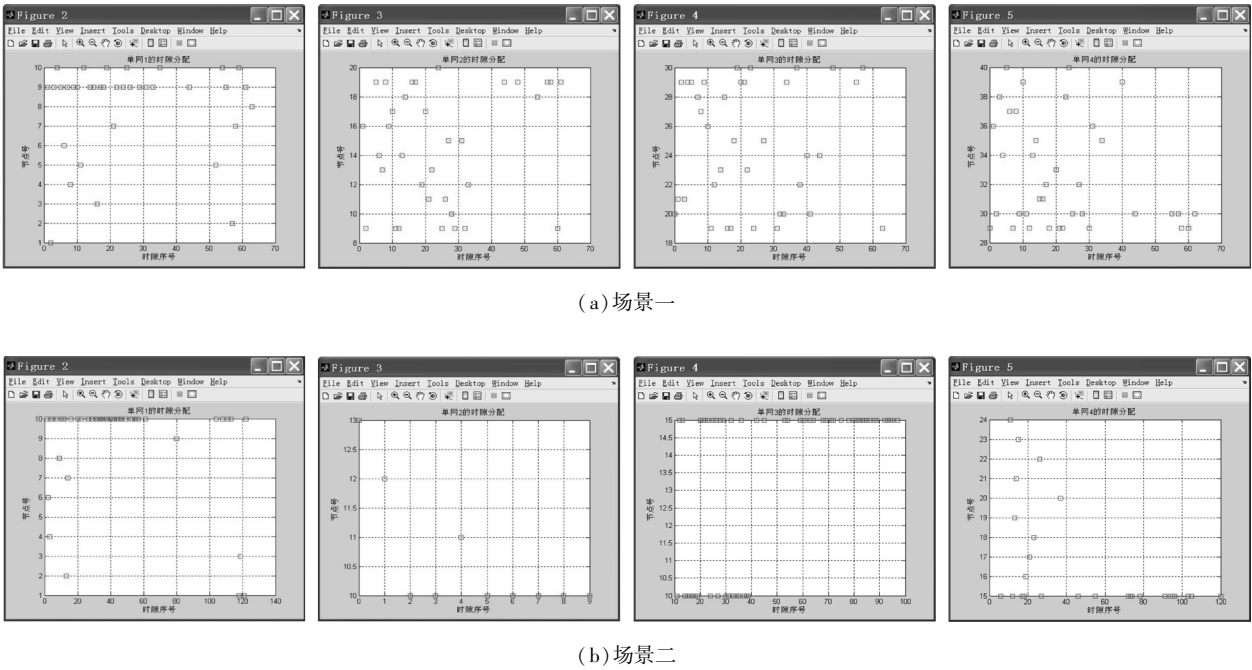


图 4 每种场景下遗传算法某一次运行得到的时隙分配结果
Fig.4 Time slot assignment solutions obtained by a certain run of the genetic algorithm in each scenario

5 结 语

在多信道 TDMA 互网络中,如何对时隙资源优化分配已经越发显得重要。本文针对多信道联合无线 TDMA 组网的特点,提出了一种基于遗传算法的联合时隙分配算法。仿真结果表明,该算法为多网络多信道无线互联提供了一种有效的时隙资源分配手段。该算法同时兼顾了传输容量、网络负载均衡及均匀分配的要求,实现了全网整体优化,对多信道联合组网资源优化方面具有较强的工程应用价值。但是由于多信道时隙资源联合分配仍处于摸索探讨阶段,如何更加有效、灵活地对资源分配进行全局优化,并且在网络运行中实现实时动态分配,是今后继续深入研究与改进的方向。

参考文献:

[1] 梁炎,陆建勋. Link22-北约国家的下一代战术数据链[J]. 舰船电子工程,2006, 26(1):3-7.
LIANG Yan, LU Jian-xun. Link 22-A next Generation tactical data Link for NATO[J]. Ship Electronic Engineering, 2006, 26(1): 3-7. (in Chinese)

[2] 徐世许,王涛. INS/GPS 组合导航系统的数据精确同步方法[J]. 中国惯性技术学报,2008, 16(5):563-565.
XU Shi-xu, WANG Tao. Method of exact data synchronization in GPS/INS integrated navigation system[J]. Journal of Chinese Inertial Technology, 2008, 16(5): 563-565. (in Chinese)

[3] 徐明霞. Ad hoc 网络中的时分多址接入及跨层设计研究[D]. 杭州:浙江大学,2007.
XU Ming-xia. Time Division Multiple Access and Cross-layer Design in Ad hoc Networks[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007: 4. (in Chinese)

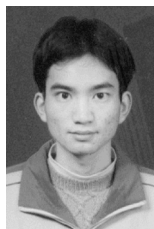
[4] 王文政. 战术数据链时隙分配协议及其仿真研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2010.
WANG Wen-zheng. Study on Slot Assignment Protocol and Its Simulation for Tactical Data Links[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2010. (in Chinese)

[5] 喻歆. 演化动态优化研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2011.
YU Xin. Several Issues in Evolutionary Dynamic Optimization[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2011: 5. (in Chinese)

[6] 熊健,喻歆. 一种基于模因演算法的频率分配新策略[J]. 电讯技术,2012, 52(5):748-754.
XIONG Jian, YU Xin. A new frequency assignment strategy based on memetic algorithm[J]. Telecommunication Engineering, 2012, 52(5): 748-754. (in Chinese)

[7] 李卫,王杉,魏急波. 基于 OPNET 的 Link 16 建模与仿真[J]. 系统工程与电子技术,2006, 28(12):1916-1918.
LI Wei, WANG Sha, WEI Ji-bo. OPNET-based modeling and simulation of data Link 16[J]. Systems Engineering and Electronics, 2006, 28(12): 1916-1918. (in Chinese)

作者简介:



王 昭(1982—),男,湖南邵东人,2007年获工学硕士学位,现为工程师,主要研究方向为网络协议设计、数据链等。

WANG Zhao was born in Shaodong, Hunan Province, in 1982. He received the M. S. degree in 2007. He is now an engineer. His research interests include network protocol design and data links.

Email:henwujue@163.com