

GCTMHA: 基于启发式群组命令传输模型

章刚¹, 陈庆奎^{1,2}

(1. 上海理工大学管理学院, 上海 200093; 2. 上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: Internet 尽力而为的服务模式在支持群组命令传输过程中, 容易产生命令之间路径竞争. 定义出有效路径统计网络, 并进一步定义出基于有效路径统计网络的群组多约束多目标优化问题. 针对该问题, 提出基于启发式群组命令传输模型. 实验从群组命令传输成功率验证该模型对支持群组命令传输的合理性.

关键词: 群组命令传输; 群组多约束多目标优化; 启发式算法

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2016)01-0233-03

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn> **DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2016.01.035

GCTMHA: Group Command Transmission Model Based on Heuristic Algorithm

ZHANG Gang¹, CHEN Qing-kui^{1,2}

(1. Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The Internet with best-effort service for group command transmission produces path competition between commands easily. This paper firstly defines effective path statistics network (EPSN) based on Internet, and defines the group multi-constraints multi-objectives optimization problem based on the EPSN further. Aiming at the problem, this paper puts forward to the model GCTMHA (Group Command Transmission Model based on Heuristic Algorithm). The experiment verifies the reasonableness of the model from transmission success rate.

Key words: group command transmission; group multi-constraints multi-objectives optimization problem; heuristic algorithm

1 引言

物联网运营中心(中心)作为物联网“可控”思想的核心技术已经受到各行各业的重视^[1]. 其主要功能是使得一组具有多约束的命令能够通过 Internet 网络全部传输到分散在不同大区域(跨省、市、区)的终端设备. 在传输过程中, 任何单一命令传输丢失, 都被视为群组命令传输失败. 中心本质是基于 Internet 网络的群组命令传输(Group Command Transmission, GCT)过程.

然而, Internet 尽力而为的服务模式并不支持 GCT 传输. 主要原因是, Internet 为 GCT 中每个命令提供路径, 容易产生多个命令竞争同一路径, 当该路径无法同时满足所有命令需求时, 会造成网络拥塞.

当前, 针对 GCT 问题的研究鲜为人见^[2]. 文献[3]提出一种权值非负无环 K 条最短路径算法(KSPR), 该算法通过启发式枚举策略使得寻找 K 条最短路径的时

间复杂度为线性复杂度. Liu^[4]提出一种多约束 K -shortest 路径算法 KMCSPP, 该算法在每次迭代过程中, 通过路径代价函数评估前 K 条最短路径. 但以上算法在面对 GCT 问题时依然存在路径竞争可能. 针对此, 本文在 Internet 上配置一些通信服务代理(Communication Service Agent, CSA), 通过 CSA 构建有效路径统计网络(Effective Path Statistics Network, EPSN), 并构建有效路径 EP (Effective Path, EP) 集, 进而基于 EP 集支持 GCT 传输过程.

EPSN 网络构建意义在于, 通过测量与统计手段实时挖掘出 Internet 路径上的有效“空隙”(EP 集), 利用这些有效“空隙”(EP 集)更好地实施 GCT 传输过程.

在 GCT 中, 每个单一命令传输过程都可以看成是多约束多目标优化问题(Multi-Constraints Multi-Objectives Optimization Problem, MCMOOP). 对 GCT 而言, 其可以看成是群组多约束多目标优化问题(Group Multi-

Constraints Multi-Objectives Optimization Problem, GMC-MOOP).

综上,本文主要考虑的问题是,基于 EPSN 网络的 GMCMOOP 问题.

2 问题描述

设 $G = (V, E)$ 表示为 EPSN 网络,其中 V 为 CSA 集合, E 为 CSA 之间链路集合,每条链路 $e \in E$ 上都拥有一组度量参数 $j(j = 1, 2, \dots)$, f_j 表示参数 j 所对应的子目标函数,现给定一组子目标函数 $f_j(j = 1, 2, \dots)$ 的约束值 $C_j(j = 1, 2, \dots)$,则:

基于 EPSN 网络 MCMOOP 建模:在 EPSN 上寻找一组非劣解 x ,在 x 所对应的每个分量子目标函数 $f_j(x) (j = 1, 2, \dots)$ 满足其约束 $C_j(j = 1, 2, \dots)$ 条件下,使得当前 MCMOOP 问题总体目标函数 $f(x)$ 最优:

$$\begin{aligned} \text{Max } f(x) &= \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)\} \quad (1) \\ \text{s. t. } &\begin{cases} f_j(x) \leq C_j, j = 1, 2, \dots \\ x \in \text{GEP} \\ \text{GEP} \subset \text{EP} \end{cases} \end{aligned}$$

其中,GEP 表示满足式(1)的非劣解集,EP 表示基于测量与统计的有效路径集.

基于 EPSN 网络 GMCMOOP 建模:寻找多组不相交的非劣解集 $\text{GEP}_1, \text{GEP}_2, \dots$,且使得任意 $\text{GEP}_j, j = 1, 2, \dots$,满足式(1):

$$\begin{aligned} F &= \{\text{Max } F_1, \text{Max } F_2, \dots, \text{Max } F_n\} \quad (2) \\ \text{s. t. } &\begin{cases} \forall i, j, \text{GEP}_i, \text{GEP}_j \subset \text{EP}, i, j = 1, 2, \dots \\ \forall i, j, \text{GEP}_i \cap \text{GEP}_j = \emptyset \end{cases} \end{aligned}$$

其中 F 表示当前 GMCMOOP 问题总体目标函数, F_j 表示第 j 个 MCMOOP 问题, GEP_j 表示 MCMOOP_j 的非劣解集.

3 GCTMHA 模型

GCTMHA 主要思想:转化 GMCMOOP 问题为资源分配问题(Resource Allocation Problem,RAP). 引入 0-1 整型规划建立模型,并针对 0-1 整型规划计算问题的解.

3.1 RAP 问题描述

给定任务集 mf ,其中每个元素表示为命令请求,任务消耗量集 $U(mf)$ 表示任务集合 mf 对应的消耗量集,资源量集 $H(EP)$ 表示有效路径集 EP 对应的资源量,函数 $\Theta(U(mf_i), H(EP_j))$ 表示任务 $mf_i, i = 1, 2, \dots$ 的消耗量与有效路径 $EP_j, j = 1, 2, \dots$ 的资源量之间的匹配度,且 $\Theta(U(mf_i), H(EP_j))$ 根据切比雪夫距离计算:

$$\Theta(U(mf_i), H(EP_j)) = \lim_{\nu \rightarrow \infty} \left(\sum_{k=1}^l |U_k(mf_i) - H_k(EP_j)|^\nu \right)^{\frac{1}{\nu}} \quad (3)$$

式(3)中, k 为维数变量, ν 为参数.

RAP 问题描述:寻找一种分配方案,在一个任务只

能被一个有效路径资源所处理,同时一个有效路径资源也只能处理一个任务情况下,使得 $U(mf)$ 与 $H(EP)$ 之间的匹配度 $\Theta(U(mf), H(EP))$ 最大.

3.2 0-1 整型规划建模

设引入 0-1 变量 $x_{ij}, i, j = 1, 2, \dots$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1; H(EP_j) \text{ 处理 } U(mf_i) \\ 0; \text{otherwise} \end{cases}$$

其中, $x_{ij} = 1$ 表示 $U(mf_i)$ 被 $H(EP_j)$ 处理,则 0-1 整型规划模型:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot \Theta(U(mf_i), H(EP_j)) \quad (4) \\ \text{s. t. } &\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \\ \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \end{cases} \end{aligned}$$

3.3 GCTMHA 模型实现

Step 1:初始化 GMCMOOP 问题及相关参数,根据式(3)及式(4),构建 0-1 整型规划模型. 设定冲突对集合 CF 、冲突标识集合 CF_S ,同时初始化 CF 、 CF_S , CF 中每个元素为存在冲突的有效路径构成的 N 元组 $N \geq 2, CF_S$ 中每个元素为 CF 中对应元素的状态值,转入 Step 2;

Step 2: 初始化 $\forall i, U(mf_i), i = 1, 2, \dots$ 和 $\forall j, H(EP_j), j = 1, 2, \dots$,对于 $\forall i, U(mf_i), i = 1, 2, \dots$ 计算其与 $\forall j, H(EP_j), j = 1, 2, \dots$ 之间匹配度 $\Theta(U(mf_i), H(EP_j)), i, j = 1, 2, \dots$,根据计算结果建立 $\forall i, U(mf_i), i = 1, 2, \dots$ 的匹配度集合 $SWAP$ 并进行从大到小排序,转入 Step 3;

Step 3:从任务 $U(mf_1)$ 到任务 $U(mf_n)$,分别依次从所对应的匹配排序集合 $SWAP$ 中分别提取出与当前最大匹配度 Θ ,并根据此产生一组解集 $s(EP)$,解集 $s(EP)$ 中每个元素为匹配度 Θ 对应的有效路径,转入 Step 4;

Step 4:把解集 $s(EP)$ 代入到 0-1 整型规划模型约束中,若此解集满足约束条件,转入 Step 7;否则转入 Step 5;

Step 5:从当前解集 $s(EP)$ 中依次选定不满足约束及产生冲突的有效路径,存入冲突对集合 CF ,转入 Step 6;

Step 6:依次从 CF 每个元素中,随机选中冲突有效路径,并设置其 CF_S 值为已选,分别找到对应的匹配度集,从对应的匹配度集中分别选择次优值,产生一组子解集 $s'(EP)$,将 $s'(EP)$ 替换 CF 中已选的有效路径,判定 CF 是否存在未选的冲突有效路径,如果是,转入 Step6;否则,利用 CF 更新 $s(EP)$ 中存在冲突的有效路径解,并设置 CF 中所有有效路径的 CF_S 值为未选,转入 Step 4;

Step 7:记录当前有效解并退出.

4 实验与分析

实验环境:曙光集群 20 个服务器及利用 Waxmam

模型^[5]随机生成的网络拓扑结构.其中,随机网络拓扑结构具有 20 个节点,28 条链路,并在每条链路上随机产生 $n, n \geq 2$ 个度量参数.

群组命令规模:通过统计与分析,群组命令规模平均最小和最大值分别为 50、150.

测试性能:验证 EPSN 网络规模不断变化下,不同算法之间的 GCT 传输成功率(Transmission Success, TS)性能比较:TS = 传输成功数/传输总数.

图 1 中,横坐标表示 EPSN 规模,纵坐标表示传输成功率.当 EPSN 规模数为 5~10 时,GCTMHA 传输成功率接近 71%,KSPR 算法传输成功率接近 68%,KMCSP 算法传输成功率接近 67%,GCTMHA 传输成功率相对于 KSPR 和 KMCSP 的算法分别提高了 4.41% 和 5.63%;当 EPSN 规模数为 15~20 时,GCTMHA 传输成功率接近 87%,KSPR 算法传输成功率接近 81%,KMCSP 算法传输成功率接近 82%,GCTMHA 传输成功率相对于 KSPR 和 KMCSP 的算法分别提高了 7.4% 和 6.09%.

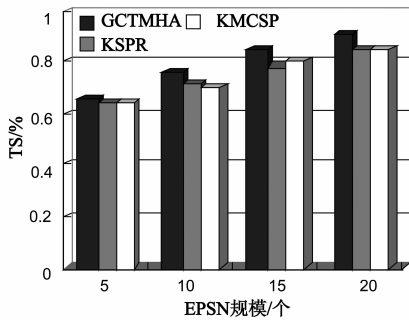


图1 群组规模50下传输成功率性能比较

图 2 中,横坐标表示 EPSN 规模,纵坐标表示传输成功率.当 EPSN 规模数为 5~10 时,GCTMHA 传输成功率接近 56.65%,KSPR 算法传输成功率接近 46.6%,KMCSP 算法传输成功率接近 46.65%,GCTMHA 传输成功率相对于 KSPR 和 KMCSP 的算法分别提高了 21.5% 和 21.4%;当 EPSN 规模数为 15~20 时,GCTMHA 传输成功率接近 77.6%,KSPR 算法传输成功率接近 71.3%,KMCSP 算法传输成功率接近 74.6%,GCTMHA 传输成功率相对于 KSPR 和 KMCSP 的算法分别提高了 8.83% 和 10.93%.

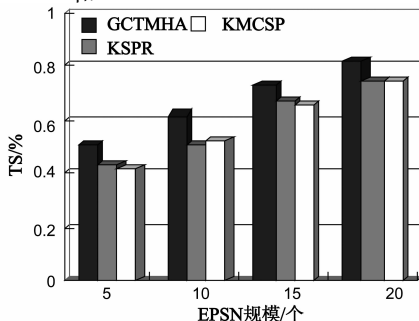


图2 群组规模150下传输成功率性能比较

5 结束语

本文针对基于 Internet 的 GCT 问题,提出基于启发式群组命令传输模型 GCTMHA.该模型从资源分配问题角度解决 GCT 传输问题.但本文提出的 GCTMHA 模型,并未考虑群体命令传输失败后的重传机制.因此,未来工作重点将考虑群组命令在传输失败后重传机制.

参考文献

- [1] 钱志鸿,王义君.物联网技术与应用研究[J].电子学报,2012,40(5):1023-1029.
Qian Zhihong, Wang Yijun. IoT technology and application [J]. Acta Electronica Sinica, 2012, 40(5): 1023-1029. (in Chinese)
- [2] Luigi Atzori, Antonio Lera. From "smart objects" to "social objects". the next evolutionary step of the Internet of Things [J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(1):97-106.
- [3] W Matthew Carlyle, R Kevin Wood. Near-shortest and K-shortest simple paths [J]. Networks, 2005, 46(2): 98-109.
- [4] Gang Liu, Ramakrishnan K G. A * Prune: an algorithm for finding K shortest paths subject to multiple constraints [A]. Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM 2001) Vol 2 [C]. IEEE, 2001. 743-749.
- [5] Waxman B M. Performance evaluation of multipoint routing algorithms [A]. Proceedings of the INFOCOM '93 Conference [C]. USA, CA, San Francisco, 1993. 980-986.

作者简介



章 刚 男,1981 年 5 月出生,江西抚州人.2007 年毕业于北京大学软件与微电子学院,2011 年为上海理工大学博士研究生,从事物联网、网络计算等方面的有关研究.
E-mail: zhanggang198158@163.com



陈庆奎(通信作者) 男,1966 年 1 月出生,哈尔滨人.教授、博士、博士生导师.1987 年和 1996 年分别在吉林大学、哈尔滨工业大学获学士和硕士学位.从事网络计算、并行计算等方面的研究工作. E-mail: chenqingkui@gmail.com