第 25 卷第 3 期　　四川理工学院学报(自然科学版)　　Vol. 25　No. 3
2012 年 6 月　　Journal of Sichuan University of Science & Engineering(Natural Science Edition)　　Jun. 2012
文章编号:1673-1549(2012)03-0033-04　　DOI:10.3969/j.issn.1673-1549.2012.03.009

基于 GPGP 机制的物联网任务协调机制

黄　磊, 于忠臣

(辽宁大学信息学院, 沈阳　110036)

摘　要:为解决物联网的多重依赖问题,在传统的 GPGP 机制中引入了图论思想,通过建立有向图,标识每个完整的依赖关系,进而解决物联网零结构条件下的任务协调问题,并对传统 GPGP 机制的"探测协调关系"过程进行了改进,以传递改进 GPGP 机制所需的额外信息。与传统 GPGP 相比,尽管改进 GPGP 机制需要传递更多的间接协调关系信息,但不会明显增加通讯代价。

关键词:物联网;协调;通用部分全局规划;GPGP

中图分类号:TP393　　**文献标识码:**A

引　言

为了解决设备自治、异构的问题,Artem Katasonov, Olena Kaykova 等人在文献[1]中提出了基于 Agent 结构的物联网中间件。在多 Agent 系统中,Agent 通过合作完成任务,所以多 Agent 系统必须通过协调机制使系统处于有序的协作状态。同样,物联网是一个多重依赖(Multiplicity)[2-4]的网络,物联网中的设备通常不能独立完成任务,网络中的一个任务往往依赖另一个任务,并且这种依赖存在于多个任务之间,形成复杂的依赖关系[5]。因此基于 Agent 结构的物联网同样需要协调机制使网络处于有序的协作状态。

虽然多 Agent 系统的 GPGP 协调机制能够很好的解决物联网的多重依赖问题,但是物联网又是一个零结构(Zero Infrastructure)的网络[5],新加入网络的 Agent 必须能够动态的发现其它 Agent;同时,新加入的 Agent 还需动态的声明自己的存在,动态的声明自己提供的服务,而且这些声明信息不仅需要被直接与其发生依赖关系的 Agent 得到,而且间接与其发生依赖关系的 Agent 也应该得到这些声明信息。由于传统的 GPGP 机制是基于非零结构的机制,依赖信息的交互只在直接发生依赖关系的 Agent 之间进行,而不能将这些消息实时的传递到更广泛的网络,这就使得网络中的任务协调机制不能动态的发现网络中更全面的设备、资源等信息。因此对于零结构的物联网,GPGP 机制显然是不适合的。针对这一问题,本文以传统的 GPGP 机制为基础,引入图论中的思想,通过建立一个有向图结构,标识每一个 Agent 之间的完整依赖关系。

由于本文提出的方法要求在存在间接依赖关系的 Agent 之间传递协调信息,因此如果不对传统的 GPGP 机制进行改进,势必会带来消息数量的大幅上升。因此,本文对"探测协调关系"过程进行改进,将改进后的算法需要传递的额外信息附加到"探测协调关系"过程中,使其只有在发生间接依赖关系的两个 Agent 不在同一个广播域时,与传统 GPGP 机制相比才需发送更多的消息。因此,本文的方法,在合适的条件下,与传统 GPGP 机制相比并没有明显的通讯代价的上升。

1　传统 GPGP 机制分析

在 GPGP 机制,存在 Agent 集合 $A = \{a_1, a_2, a_3 \cdots.\}$,若 $a_i \in A$,并且 a_i 信息库(subjective beliefs)[6]中存在信息 x,则有记录 $Ba_i(x)$,x 可为交互关系、任务组、任务、执行方法等。在"探测协调关系"[6]之后,Agent 的 Local Scheduler 根据主观任务结构(subjectively believed task structure)、本地承诺(commitments)[6]、非本地承诺(non - local commitments)[6]产生本地调度 s_1,即 $s_1 = LC(T, C, NLC)$,并存在 $Ba_i(T)$, $Ba_i(C)$, $Ba_i(NLC)$。

对于非零结构的网络,在 Agent, a_i 中,存在非本地承诺 $Ba_i(c_i \in NLC)$,但是 c_i 并非在"探测协调关系"的过程中获得,c_i 可静态的存在于 a_i 的信息库中。因为 a_i

收稿日期:2012-03-06

作者简介:黄 磊(1986-),男,辽宁沈阳人,硕士生,主要从事物联网方面的研究,(E-mail)huanglei888@gmail.com

存在于一个稳定的网络当中,相当的设备、资源、服务信息是固定的,可预测的,并不需要动态交流。

但是,对于物联网这样零结构的网络, a_j 可能只是偶然的加入到 Agent 集合 A 中,对于任何 $a_i \in A$, 如果不通过交流 x,则无法获得 $B_{a_i}(x \in NLC)$,则 a_i 永远无法获得信息 x。而根据文献[6],若 P 为 a_j 私有任务信息库,在"探测协调关系"之后,发现集合 $PCR = \{r \mid T1 \in P \cap T2 \notin P \cap [r(T1,T2) \cup r(T2,T1)]\}$,若 $T2 \in a_i$,则在 a_i 与 a_j 间交流集合 PCR。若有存在 $Agent, a_m$ 并有 $m \neq i, m \neq j$,如果 a_m 与 a_i 之间存在类似集合 PCR',就可能存在关系 $< r(T1,T2), r(T2,T3) >$ 其中 $T1 \in a_j, T2 \in a_i, T3 \in a_m$,而 a_m 永远无法得知关系 $< r(T1,T2), r(T2,T3) >$ 与 $Agent, a_j$。因此,调度就不能正常进行。

因此,本文利用图论的思想,通过建立一个有向图,标识每一个完整的依赖关系。通过该有向图,可以找到一个依赖关系中涉及的所有任务和该任务所在的 Agent。在新 Agent 加入时,通过遍历该有向图可以通知所有存在依赖关系的 Agent 有新协调关系建立。

2 基于图论改进的 GPGP 机制

2.1 概念及表示

在 GPGP 机制中,一个任务组中存在一个根任务,T,该任务可能可以分解为其它子任务,即 subtask(T, T', Q),T 为该根任务,T' 为所有任务 T 的直接子任务组成的集合,Q 为任务 T 的品质函数[7]。由于本文主要考虑任务之间的依赖关系,为表述方便,将该函数简化为 subtask(T) = $\{T1, T2, \cdots, Tn\}$, 对于任何任务 $Ti \in$ subtask(T) 仍可继续分解,直至不可分解的方法,M。与此方法类似,为表述方便,分别简化文献[7]中定义的协调关系:enables($T1, T2, t, d, q, \theta$),facilitates($T1, T2, t, d, q, \theta_d\theta_q,$),hinders($T1, T2, t, d, q, \theta_d\theta_q,$),precedes($T1, T2, t, d, q, \theta_d\theta_q,$),为 T' = enables($T1$),T' = facilitates($T1$),T' = hinders($T1$),T' = precedes($T1$),T' 为所有与任务 $T1$ 有相应协调关系的任务组成的集合。

2.2 依赖图

在对于任意任务 Tx, 所有直接与任务 Tx 发生协调关系的任务 Tm,$Tm \in \{Tm \mid Tx \in$ subtask $(Tm)\} \cup$ facilitates $(Tx) \cup$ enables $(Tx) \cup$ hinders $(T1) \cup$ precedes $(T1)$, 所有这些节点 Tm 组成集合 R, relationship (Tx),即 $R = \{Tm \mid Tx \in$ subtask $(Tm)\} \cup$ facilitates $(Tx) \cup$ enable $(Tx) \cup$ hinders $(T1) \cup$ precedes $(T1)$。然而,对于集合 R 中的任务,$Tn \in R$, 可能进一步存在 relationship $(Tn) \neq \Phi$, 并且这种关系可以递归进行下去,直至 relationship (relationship (……relationship (Tx))) = Φ。为表述方便,定义函数:$RA(T)$ = relationship $(T) \cup$ relationship (relationship $(T)) \cup \cdots \cup$ relationship (relationship (……relationship (Tx))) 不难看出,在 Tx 所在的 Agent 发生"探测协调关系"之后,任意 $Tm \in RA(T)$ 或直接或间接的与新加入任务 Tx 的发生协调关系,因此引入依赖图的概念,从而确定依赖关系。

定义 1 有向图 $G = (V, A)$,V 为顶点集合,A 为弧集合,$V = E$(E 为任务组所有任务的集合),若节点 $T1$, $T2 \in V$,并且节点 $T2 \in$ relationship $(T1)$,则存在 $< T1, T2 > \in A$,否则 $< T1, T2 > \notin A$。该图为依赖图。

2.3 Agent 依赖图

对于任务组中的任务 Tm, 其必然运行于任务组中某个 Agent, a_i, 并且 a_i 实际控制着任务 Tm,对 Tm 的行为、信息进行控制。因此做如下定义:

定义 2 有向图 $G = (V, A)$,V 为顶点集合,A 为弧集合,$V = Agt$(任务组中所有 $Agent$ 的集合),$G1 = (V1, A1)$ 为依赖图,$V1$ 为顶点集合,$A1$ 为弧集合,$V1 = E$(E 为任务组所有任务的集合),如果存在 $< T1, T2 > \in A1$,并且 $T1$ 运行于 $Agent, a_i$,$T2$ 运行与 $Agent, a_j, i \neq j$,则存在 $< a_i, a_j > \in A1$,否则 $< a_i, a_j > A1$。

2.4 改进的"探测协调关系"

在新 Agent 加入任务组时,首先要进行"探测协调关系",任务组中其它 Agent 收到"探测协调关系"消息之后,除了进行传统 GPGP 机制要求的协调关系搜索之外,还需将该 Agent 在 Agent 依赖图中的后继节点返回给发出"探测协调关系"的节点。

因为本文的方式意在找到所有同新加入 Agent,a 存在依赖关系的 Agent,即 $a_1 \in RA(a_1)$,而不仅仅是 $a \in relationship(a_1)$, 因此所有收到"探测协调关系"消息的 Agent 都有可能与新 Agent 存在间接依赖关系,因此"探测协调关系"除进行传统 GPGP 机制的操作外,还需进行如下改进:

(1)在 Agent 加入任务组进行"探测协调关系"时,新加入的 Agent 广播消息 Message(新加入的 Agent)。

(2)在收到新 Agent 的 Message 后,所有收到该广播 Agent(a),即便该 Agent 与发出消息的 Agent 不存在直接的协调关系,也需要返回消息 Message (relationship (a))。

(3)在新加入的 Agent 收到其它 Agent 的应答消息后,便可以在 Agent 的本地建立起一部分 Agent 依赖图。

如果所有 Agent 都在新加入 Agent 的通信范围内,那么这时完整的 Agent 依赖图已经可以建立,并且与传统的 GPGP 机制相比并不需要发送更多的消息,否则还需进一步处理。

2.5 算法描述

(1)在 Agent, a_i 加入任务组时,首先进行改进的“探测协调关系”。

(2) a_i 通过在 1 步骤中返回的消息,可能不能建立完整的 Agent 依赖图。以 a_i 为起点,遍历建立起来的部分 Agent 依赖图 $G=(V,A)$。在遍历过程中,如果遇到节点 $a_j \in V$,a_j 的前继节点 $a_k \in V$,但在过程 1 中 a_i 没有收到 a_j 返回的消息,则向 a_k 发出“探测协调关系”。

(3)在 a_k 收到该消息后,a_k 将该消息继续向下转发给所有 $RA(a_k)$(此时一定存在 $a_j \in RA(a_k)$)。

(4)在 $a_x \in RA(a_k)$ 收到消息后:如果 a_x 已经收到过消息,则按消息发来的路径将消息返回给 a_i;如果 a_x 没有收过该消息,则将 *Agent* 的 *ID* 附加到消息中,并继续将消息转发给后继节点 $RA(a_x)$。

(5)最后,如果 a_i 收到 a_k 返回的消息,$a_k \in RA(a_j)$,但是 a_j 并不在依赖图中则说明 a_k 不属于 $RA(a_i)$,可直接忽略这些节点。

3 仿真与分析

仿真环境 1,该任务组有 3 个 Agent 组成,任务分别在不同的 Agent 上运行。通过多次仿真,每次建立任务组时更换不同的 Ta,观察最后的总代价(代价计算函数为)。并设定 Tc1 需要根据任务组中不同的 Ta 建立不同的子任务,即 $Ta \in A1$ 或 $Ta \in A2$,若 $Ta \in A1$,则协调关系如图 1(a) 所示,若 $Ta \in A2$,则协调关系如图 1(b) 所示。

因为在未改进的算法中,Tc1 无法在协调关系建立是获取 Ta1 信息,所以需通过两种策略解决这个问题,一个是无条件启动任务 Tc2(策略 1),另一个是在 Tb 完成后再建立子任务(策略 2)。

在仿真环境中,分别实现策略 1、策略 2 和改进后的 GPGP 机制,每个条件下分别随机产生 100 个 Duration 为 20 ~ 50 个单位时间的 Ta1,并比较用这些 Ta 所建立的任务组的总代价平均值,仿真数据见表 1,仿真结果如图 2 所示。

表 1 任务参数

任务	所在 Agent	调度时间(Duration)	代价(Cost)
Ta	A	20 ~ 50	0
Tb	B	50	0
Tc1	C	–	0
Tc2	C	100	120
Tc3	C	20	0

仿真环境 2 为 20 个不同的 Agent 依次存在依赖关系,并依次排列在坐标(0,0) ~ (0,19)上,协调过程消息数量的变化随着 Agent 广播的覆盖范围变化如图 3 所示。

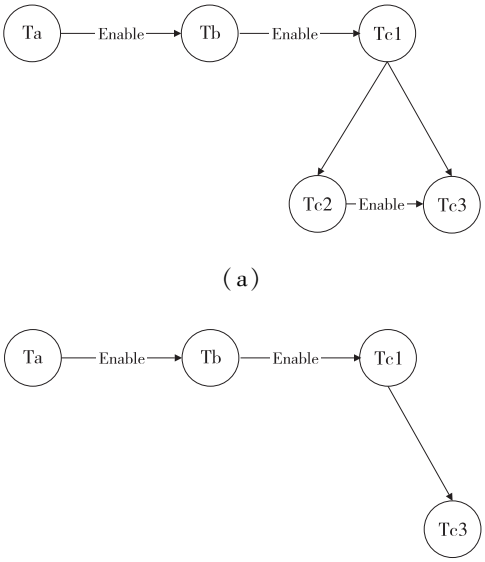

图 1 客观视图

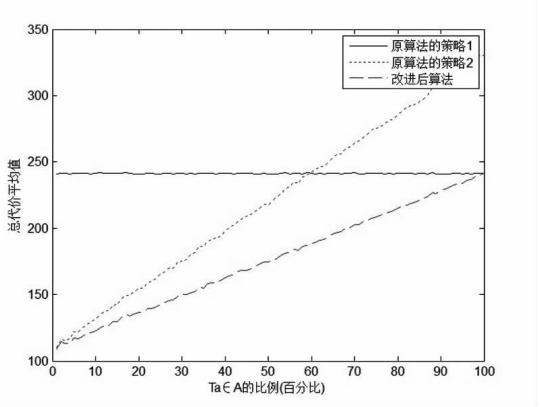

图 2 代价对比

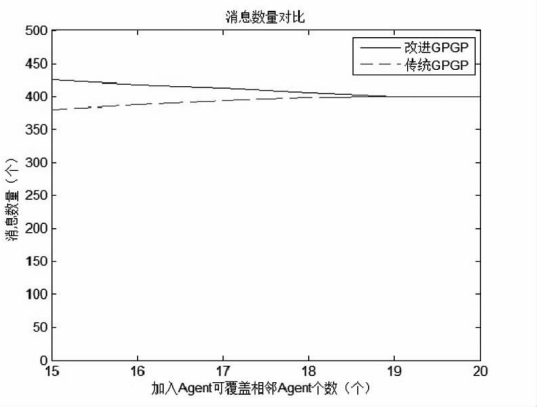

图 3 消息数量对比

随着 Agent 通信范围的增大,改进后的机制与原有机制相比,所需发送的消息数量会更加接近,直到相等,因此不难看出改进后的机制更适合 Agent 的分布在小的范围内,大部分的 Agent 可以两两通信的情况下。

4 结束语

本文提出的基于 GPGP 机制的物联网任务协调算法,解决了基于 Agent 结构的物联网在零结构条件下的任务动态协调问题。与传统的 GPGP 机制相比,可以使 Agent 获得更多的全局协调信息,并且没有过大的通信代价。但如果 Agent 的通信范围较小,Agent 通信范围不能覆盖任务组中其余大部分 Agent,那么 Agent 之间需要发送的消息数量会明显上升,对于这个问题,需要进一步研究。

参 考 文 献:

[1] Artem Katasonov, Olena Kaykova, Oleksiy Khriyenko. Smart semantic middleware for the internet of things [C]. International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics. Portugal: ICINCO 2008, 169-178.

[2] Koosha Paridel, Engineer Bainomugisha, Yves Vanrompay. Middleware for the Internet of Things, Design Goals and Challenges[J]. Proceedings of the Third International DisCoTec Workshop on Context-Aware Adaptation Mechanisms for Pervasive and Ubiquitous Services. 2010, 28:1-6.

[3] 张冬悦,徐四委,高 辉,等.物联网中 LEACH 算法的研究与改进[J].四川理工学院学报:自然科学版,2012,25(2):35-38.

[4] 赵俊涛,徐四委,高 辉,等.基于物联网的资源映射算法研究[J].四川理工学院学报:自然科学版,2012,25(2):43-46.

[5] Jeffrey O Kephart, David M Chess. The vision of autonomic computing[J]. IEEE Computer, 2003, 36(1):41-50.

[6] Keith S Decker, Victor R Lesser. Designing a family of coordination algorithms[C]. Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems. San Francisco: AAAI Press, 1995, 73-80.

[7] Keith Decker, Victor Lesser. Quantitative Modeling of Complex Computational Task Environments[C]. Proceedings of the Eleventh National Conference on Artificial Intelligence. San Francisco: AAAI Press, 1993, 217-224.

Coordination of the Internet of Things Based on GPGP

HUANG Lei, YU Zhong-chen

(College of Information, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

Abstract: In order to solve multiple dependency problem of Internet of things, the idea of the graph theory is introduced to the traditional GPGP mechanism. Through establishing of a directed graph and the identificating each complete dependency, the coordination problem of the task on the Internet of thins which is zero infrastructure is solved. The processing of "detect coordination relationships" of GPGP mechanism is improved, which is used to transmit the necessary additional information. Compared with the traditional GPGP mechanism, although the improved GPGP mechanism needs to transmit much more indirect coordination information among agents, it does not cost too much communication bandwidth.

Key words: Internet of things; coordination; generalized partial global planning; GPGP