

# 基于网络编码的车载移动网络数据传输优化

李 繁<sup>1,2</sup> 金明录<sup>1</sup>

(大连理工大学电子信息与电气工程学部 大连 116024)<sup>1</sup>

(新疆财经大学网络与实验教学中心 乌鲁木齐 830012)<sup>2</sup>

**摘要** 车载网络系统已成为未来网络通信的重要发展趋势之一。通过车载网络系统,汽车与汽车间可以实时地分享行车信息,以避免车祸的发生,同时可以通过点对点信息共享的技术来传输数字多媒体信息。通过网络编码的方式来传递封包,针对汽车行进方向来分群组,并且通过结合 ROMSGP 的分组方法及改善 VANETCODE 的优先权设定策略来改善车载网络系统的整体性能。最后,通过仿真实验验证了该算法的有效性,并与原 VANETCODE 算法进行了性能对比。仿真结果表明:优化后的 VANETCODE 在性能上有了显著的改善。

**关键词** 网络编码,ROMSGP,VANET

**中图分类号** TP393 **文献标识码** A

## Network Coding Based Data Traffic Optimization in VANET

LI Fan<sup>1,2</sup> JIN Ming-lu<sup>1</sup>

(Faculty of Electronic Information and Electrical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)<sup>1</sup>

(Network & Experimental Teaching Center, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi 830012, China)<sup>2</sup>

**Abstract** The Vehicular Ad-Hoc Network is one of the important trends of the future network communications. Through VANET, vehicles can not only share the traffic information to avoid accidents, but also exchange the multimedia content through the peer to peer sharing technology. This paper is based on network coding technology to encode/decode the file blocks in VANET, clustering the vehicles according to their mobility, and combining the ROMSGP and modifying the priority method of the VANETCODE scheme in order to enhance the overall performance of VANETs. At last, we verified the effectiveness and correctness of this algorithm by simulation comparison of its performance with original algorithm. The simulation results show that the optimized VANETCODE has a significant improvement in the performance.

**Keywords** Network coding, ROMSGP, VANET

## 1 引言

随着移动通信网络技术的发展,人们可以通过各种设备,随时随地地链接到网络上,汽车制造技术的进步也使移动通信网络的服务延伸到汽车上面,由此产生了基于 MANET (Mobile Ad-Hoc Network) 上的 VANET (Vehicular Ad-Hoc Network)。VANET 是以汽车为网络节点的 Ad-Hoc Network,相对于 MANET, VANET 有着节点移动更快、路由方向较规则及网络拓扑较为固定等特性。通过车载网络系统汽车可以实时得知前方路况,如有紧急情况发生,车载网络系统可以马上通报驾驶员,让驾驶员能够有充裕的时间做出反应,并且可以结合埋在道路中的感应器,回报道路状况、限速、与前车距离等信息使得自动驾驶得以实现。

目前有许多关于在车载网络系统应用网络编码的研究<sup>[1,2]</sup>,但是对于汽车的移动模型并没有较深入的探讨,本文主要研究内容就是讨论将汽车的行动模型加入车载网络系统

应用网络编码后,与原本方法的差异性。

网络编码应用在点对点的模型中更能体现出优势<sup>[3]</sup>,而车载网络系统中节点数量非常多,小至一个小区,大至整个城区的汽车皆可以应用到点对点系统中<sup>[4]</sup>。在 VANET 中汽车的移动模型较 MANET 更为固定,文献<sup>[5]</sup>研究了 VANET 中移动模型对于 V2V/V2I 间的传输效率的影响。

文献<sup>[6-9]</sup>中皆指出,链接的稳定性在 VANET 中对于数据的传输具有很重要的地位,综合以上几点我们知道,若要在 VANET 中利用点对点技术传输数据,为了确保数据的正确性以及减少因为中断而需重新寻找路由的延迟,链接的稳定性是非常重要的,而为了确保链接的稳定性则必须要将移动中的节点依照绝对速度、相对速度、方向等因素来分类,再依照群组来传输数据,这样数据传输质量才会良好。这时再把网络编码的技术应用到 VANET 的环境下,就能够保证 VANET 在点对点数据传输环境中的效能。

到稿日期:2012-05-31 返修日期:2012-10-17

李 繁(1974—),男,博士生,讲师,主要研究方向为网络编码理论与应用,E-mail: lifanxj@yahoo.com.cn;金明录(1958—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为信号处理快速算法、伪随机序列的生成、混合调制编码技术、超宽带通信系统。

## 2 相关工作介绍

### 2.1 车载网络系统介绍

在车载网络系统上,汽车需要安装无线通信设备与路侧单元(RSU)以及其他车辆进行数据通信。车载网络系统主要研究发展方向有:道路安全导航、行车紧急事件通报、自动收费系统、智能停车系统等,而车载网络系统所使用的通信协议有以下几种:1)Dedicate Short Range Communication, DSRC; 2)IEEE 802. 11 WLAN; 3)GPRS/UMTS; 4)IEEE 802. 11p。

其中 DSRC 通信系统共分为 3 个部分:

1. 路侧单元(Road-side Unit, RSU);
2. 载单元(On-Board Unit, OBU);
3. SRC 通信协议。

如图 1 所示, OBU 是放在车上的无线收发装置, 负责接收并处理无线信号。RSU 是路侧单元, 放置于路旁, 主要是担任类似 Server 的角色与 OBU 沟通。RSU 是与外界网络连接的接口。而 DSRC 协议采用三层协议架构, 包括物理层(PHY)、逻辑链接控制层(LLC)和应用层(Application)。

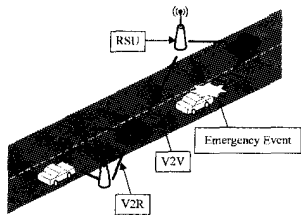


图 1 DSRC 通信系统

DSRC 通信有两种方式:路车通信(V2I)和车车通信(V2V)。V2I 是车辆与路边的基础设施进行通信,属于移动设备和固定设备的通信过程,采用的网络模型基于 One Hop 的 Ad-Hoc 网络模型。V2I 的主要应用是自动收费系统、车载网络系统的多媒体下载和智能停车系统等。V2V 是车辆与车辆进行通信,属于移动设备之间的通信,采用的网络模型是基于 Multi Hop 的 Ad-Hoc 网络模型。V2V 的典型应用是汽车主动回避、前方障碍物侦测等。

### 2.2 网络编码

网络编码的主要论点是,传输编码过的数据比传输未编码过的数据更有效,当传输端传出编码过的数据后,只要接收端知道译码规则,即可以将完整的数据推算出来。网络编码的好处在组播系统中最容易见到,在一个网络中给定一个固定容量的链接,那么在组播系统中(一个来源、多个接收者)使用网络编码即可以达到理论的最大流量,并且能提高通道的利用度。

### 2.3 bit-wise XOR 编码/译码机制

这里要介绍的是 XOR 编码/译码机制,由于 VANET-CODE 的编码机制是从  $2^{16}$  space 中取随机数来编码,虽然 filed 取得越大就表示越不容易发生 code frame 线性相依的情况,但 filed 的大小也影响之后在做译码时所需花费的时间,在本文中网络编码的编码方式并不是主要探讨的重点,因此在这里所用到的网络编码的编码译码技巧是采用较简单且运算较快的 bit-wise XOR 编码/译码机制。

首先将文件切成 blocks 个文件片段,再依照每个 block 以 1/2 的机会选择取或不取,被取中的 block 则被挑选出来

做 XOR 的动作,此动作即是 bit-wise XOR 编码。

## 3 系统架构

### 3.1 ROMSGP

当汽车在路上行驶时,经由 VANET 技术可以通过路旁基站以及道路中的汽车交换数据内容,但由于汽车的移动速度较快以及驾驶人的不可预期性等,常常会造成汽车之间的网络链接中断,使得在网络中信息传递中断。虽然可以通过发布需求路由封包来重新找到新的路由,但这样会造成控制信息充斥在网络中,使得整个网络的效能利用率下降。为了避免这种情况,许多作者提出一些方法来确保网络链接的稳定性,如文献[6-8],文献[8]中的方法结合了 ABR 及 DSR 的优点以及 ROMSP,并且最后提出了 ROMSGP 这个分组方法。

ROMSGP 在分组方面将汽车依照速度以及行进方向来分组,分组的方法是先计算汽车 X 方向的速度向量及 Y 方向的速度向量为  $(V_X, V_Y)$ ,再将此向量乘以东南西北 4 个方向的向量值取点向量,并从这 4 个向量中取最大值。

### 3.2 VANETCODE

在 VANET 中由于汽车移动迅速造成经常性的网络链接中断以及网络拓扑的变动性很大,使得在传统有线网络中可以稳定使用的 client-server 架构下的数据内容交换在此环境会造成效能下降,这时如果采用协作数据内容交换(cooperative content distribution)则可以得到比较好的成效。

协作数据内容交换即是每个节点都会交换各自手中所持有的文件,每个节点都扮演着 server 的角色,如 Gnutella<sup>[13]</sup> 以及 Bit torrent<sup>[14]</sup> 都是在有线网络中相当热门的协作数据内容交换协议。但是这些协议在直接应用到 VANET 上时因为汽车的快速移动以及拓扑的多变性会遇到很多挑战。由于汽车移动速度很快,因此汽车有可能在还没下载完一个完整的文件片段就离开了文件起始点的传输范围,而如果套用了协作数据内容交换,则每辆汽车都可以成为其它汽车的文件起始点,并不一定要向特定的汽车下载内容,每辆汽车都可以下载所需的文件片段。举例来说,如果在往同一方向前进的群组中共享了前方的交通状况,那么通过协作数据内容交换就可以把这些交通信息快速地在群组中传播。

而在 VANETCODE 中提到的方法是利用路边的基站作为文件起始点,当车辆经过基站时,基站会对范围内的所有车辆发送经过网络编码过后的 code frame。

当汽车抵达了路旁基站的传输半径时,路旁基站开始发送经过网络编码过后的 code frames,而当远离了路旁基站之后,各个汽车之间开始互相交换 code frame,因为参数是从  $2^{16}$  space 中取得的,所以几乎不会有线性依赖(linear dependence)的问题,也代表了任意两辆汽车间的 code frame 交换是有益的。

而在汽车之间交换 code frame 的过程中,利用的是广播的方法传给距离自己只有一个节点距离的汽车,各辆汽车为了减少冲突的机率采用 randomly backoff 的方法。最后当有汽车已经搜集到足够的信息译码并还原为完整文件片段时,则该汽车可以转变为基站的角色,发送编码后的封包。

在 VANETCODE 中由于作者并没有对群组的分法特别

说明,只是简单说明一个群组的定义是群组中的汽车互相涵盖在各自的传输范围中,而在群组中的文件传输是以文件数最多的汽车拥有最高的优先权来传输文件,若依照此优先权顺序来传输文件将可能面临到以下问题:当有汽车将要离开群组时,却因为优先权顺序的关系而造成无法传输,结果带着剩下的关键 code frame 离开群组,造成群组中其它汽车无法译码的情况。

而本文所提出的方法是结合了 ROMSGP 的分组方法以及改善 VANETCODE 的优先权判断顺序来避免以上这些情况的发生。

## 4 优化后的 VANETCODE

### 4.1 系统参数

先定义算法中会用到的一些参数,并对每个参数做详细的说明。

Nodes:系统中汽车的数量。

Bs[]:系统中基站的位置矩阵。

Uid:汽车的使用者 ID。

Gid:汽车的群组 ID。

Pos[]:群组中各汽车的相对位置记录于 pos[],此数组用于计算群组中汽车的优先权。

Priority[]:此数组代表该汽车在群组中的优先权。

other\_group:此 flag 表示该汽车侦测到传输半径中有 gid 与自己 gid 不同且移动方向不同。

sended[][]:此二维数组储存传过什么 code frame 给谁,每次传输前先查表以避免传输相同的 code frame 给同一人。

Blocks:文件被切割的片段数。

Window\_size:此值取决于 priority 的大小,优先权越高的 Window\_size 越低,使得倒数的时间越短。

### 4.2 分组机制

下面将会说明在优化后的 VANETCODE 中分组的算法的流程,算法的详细内容如下:

Step(0):uid=null,gid=null

Step(1):if(侦测到有汽车出现在自己的传输半径中时)

Step(1.1):if(对方 gid == null && 行进方向相同时)

两人的 gid=位置在行进方向比较前方的汽车之 uid

Step(1.2):if(对方 gid != null && 行进方向相同时)

自己的 gid=对方的 gid

Step(2):if(没有侦测到汽车出现在自己的传输半径中时)

自己 gid=null

Step(3):记录群组中个节点的相对位置于 pos[]

上述算法的 Step(0)表示,一台汽车进入此系统的初始状态,用户 ID 为默认值以及群组 ID 为 null。

接下来 Step(1)表示,若汽车在行进中侦测到传输半径内有其他节点时将会跳到 Step(1.1)去检查对方的 gid,若对方 gid 为 null 且行进方向相同,表示两台汽车皆未加入群组中,此时比较两台汽车的相对位置(此位置可由 GPS 中取得),取相对位置在比较前面的汽车的 uid 为此群组之 gid。而在 Step(1.2)若发现对方的 gid != null 且行进方向相同,表示遇到了一个群组,此时要做的动作是加入此群组,即把对方的

gid 指派给自己。

Step(2)中表示每经过一段时间就要检查周围汽车的情况,若发现周围没有其他汽车,则表示其已不属于任何群组, gid 要设为 null。

而在 Step(3)中做的事情是每隔一段时间记录群组中的汽车的相对位置于 pos[],此 pos[]是之后决定优先权时需要参考到的数组。

### 4.3 优先权设定机制

在这里介绍本文关于决定优先权方面与原本的 VANET-CODE 不同的地方,首先简单介绍决定群组内汽车传输文件优先权的算法,然后以一个范例来说明优先权是如何设定的。

Step(0):取得 pos[]。

Step(1):依照自己在 pos[]中的相对位置,在越前面的汽车优先权越高。

Step(2):if(有两辆汽车在群组中的相对位置相同)

此时汽车在群组中的优先权大小由两辆汽车的速度快慢决定,速度较快者有比较高的优先权。

Step(3):if(侦测到传输半径中有其他 gid 且移动方向不同)

此时群组间的文件交换优先权需高于群组内的文件交换优先权,需将 flag:other\_group 设定为 1

Step(4):if(经过了交叉路口)

此时群组中的优先权顺序需做 circular shift 的动作。

在 Step(0)需要取得自己在群组中的相对位置,因此需要取得 pos[]的内容,接下来在 Step(1)依照在群组中的相对位置,在较前面的汽车拥有比较高的优先权传输文件,如此设定优先权的原因是为了解决 VANETCOD 中发生的问题。若将较前面的汽车的传输优先权设定得比较高,则其具有比较高的优先权传输文件,即可以比较早地把文件分享给群组中其他汽车,以避免因为前方汽车转弯或者加速脱离了群组而造成群组中剩余的汽车无法译码。

在 Step(2)中,假设遇到了两辆汽车恰巧在记录 pos[]时位置平行,使得两辆汽车在群组中的相对位置一样,此时就要比较两台汽车的移动速度,移动速度较快的汽车拥有比较高的优先权,这是因为移动较快的汽车会有比较高的机率移动到前方,因此要设定较高的优先权。

Step(3)中当有汽车侦测到传输半径中有其他不同于自己群组的 gid 且移动方向不同时,要把该汽车传输文件的优先权提高。这是因为 gid 不同且移动方向不同,表示两群组间相遇时间会比该节点在群组中待的时间还要短,因此就物以稀为贵的法则来说,与其他群组的汽车的文件交换会比与群组内的汽车的交换来得有益。

Step(4)中表示当群组中的汽车经过了交叉路口时,群组内的优先权顺序要做 circular shift,这是因为对于群组内来说,距离交叉路口越近的汽车离开群组的机会也越大,为了确保不会有汽车携带着关键性的文件离开群组,要把距离交叉路口越近的汽车优先权设定越高。

### 4.4 传输机制

这里主要介绍基站对车以及车对车之间的传输,首先是算法的介绍。

Step(0):传输时的方式及范围是以广播的方式传输给与

自己距离一个节点内的汽车。

Step(1): if (在基站范围内)

则基站会向范围内之所有节点传输编码过的 code frames。

Step(2): if(离开基站范围)

则开始群组内之文件交换。

Step(2.1): 依照优先权顺序, 设定 randomly backoff 的 window size, 群组中有越高优先权的汽车倒数的时间越短。

Step(2.2): 需要记录一张表格, 储存传过什么文件给谁, 并且再传输前须先检查是否传输过重复的文件给重复的对象。

Step(3): 当搜集完一定数量的 code frames 时, 汽车会开始尝试解码。

Step(4): 若汽车译码完成则本身角色转换为基站角色, 则将手中可用的完整文件片段则编码并传输给其他汽车。

Step(0)是设定传输的方法及范围, 是以广播的方式将其传输给距离自己一个节点内的汽车。

在 Step(1)中, 如果汽车处于基站传输半径内时, 会从基站接收编码过的 code frame, 而编码的方法采用 bit-wise XOR 编码/译码机制。

Step(2)开始表示汽车驶离基站范围, 并且开始做群组内的文件交换, Step(2.1)时汽车会依照 priority 大小去倒数一个 randomly backoff 的 window size, 优先权越高的汽车会有越小的 window size, 使得倒数的时间越短, 越快传输。而 Step(2.2)表示在传输后要将传输什么文件给什么对象记录下来, 并且每次传输前需先检查是否有传输重复的文件给重复的对象。

Step(3)表示在搜集完一定数量的 code frame 之后才会开始尝试解码, 所搜集的 code frames 数量必须大于等于 blocks 个数, 即  $rank \geq blocks$ 。而为了减低在汽车端解码的负担, 并不是只要 code frames 个数大于等于 blocks 个数后, 每收到一个 code frame 就尝试解码一次, 而是若此次解码不成功, 则要在收集一定数量 code frames 后(如 5 个)才会再次尝试解码。

Step(4)在汽车能够成功解码之后, 为了提高系统内文件交换的效率, 汽车的角色转变成基站的角色。此时, 汽车可以像基站一样对自己所持有的完整文件做编码并发送。

#### 4.5 优化后的 VANETCODE 运作实例

以下以一个例子来说明优化后的 VANETCODE 是如何运作的。

图 2 表示在接收完基地台传送的 code frames 之后各辆汽车所持有的 code frames 个数。

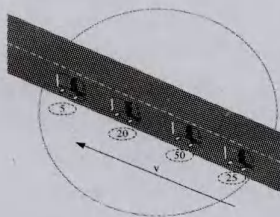


图 2 初始状态

图 3 表示最前面的汽车将自己所持有的文件通过广播的方式传给距离自己一个节点的汽车。

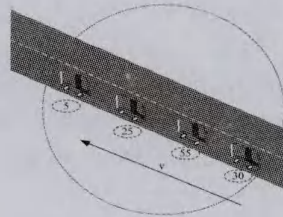


图 3 一辆汽车广播数据

图 4 表示第二辆汽车将自己所持有的文件广播出去给距离自己一个节点的汽车。

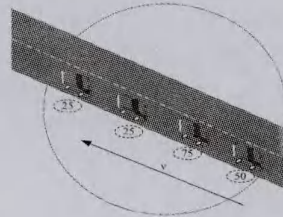


图 4 第二辆汽车广播数据

图 5 表示第三台汽车将身上所持有的文件广播出去。

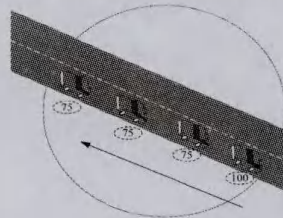


图 5 第三辆汽车广播数据

图 6 表示即使在这时候最前面的汽车转弯离开了群组, 对于群组内其他汽车的译码也不会造成影响。

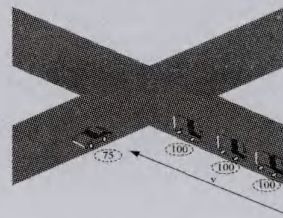


图 6 第一辆汽车离开群组

## 5 模拟结果与效能分析

### 5.1 模拟参数与方法

模拟时所设定的参数如表 1 所列。

表 1 实验参数配置

参数	取值
Nodes	20
Base station	5
Speed	60~110 km/h
Road length	5km
Intersection	3,5
Transfer rate	3Mbps
File size	5MB
Block number	100

采用 DSRC 通信协议, 并将传输速度设定为 3Mbps, 环境设定为在一条长度为五公里的笔直公路上, 路旁每隔一公里有基站负责传输编码过的 code frames, 系统仿真的汽车数量

为 20 个节点,每隔 5s 会有一台汽车加入此系统,其中速度是汽车加入系统一开始随机取的一个值,接下来每隔 5s 会有 1/2 的机会速度增加或者减少 5km/h,而 Intersection 代表的是交叉路口,若汽车经过交叉路口,则会有 5% 的机率离开系统,文件大小为 5MB,切割成 100 份,即每一份的大小约为 50kB。

## 5.2 模拟结果

图 7 中显示了在交叉路口有 3 个的情况下,本文所提方法在整体的节点完成时间上,皆优于 VANETCODE,这是因为我们的方法对于汽车即将面临到交叉路口的状况则进行了处理,因此汽车即将经过交叉路口时,会将手中的文件分享出去,才不会让该节点带着还未分享的文件离开群组。

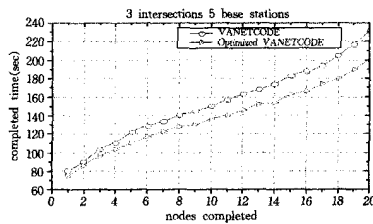


图 7 节点完成时间比较图(3 路口)

在图 8 中我们把交叉路口的数量提高为 5 个,并且观察此时系统的节点完成时间可以发现, VANETCODE 的节点完成时间有增加的趋势,而我们所提方法的节点完成时间的增加趋势是比较缓和的。

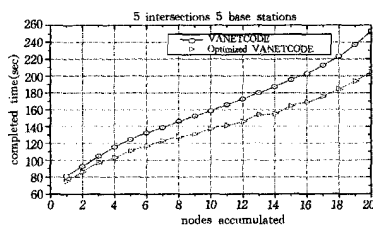


图 8 节点完成时间比较图(5 路口)

在节点完成度方面由图 9 可以看出,在交叉路口有 3 个的情况下,Optimized-VANETCODE 的节点完成度也是优于 VANETCODE 的。

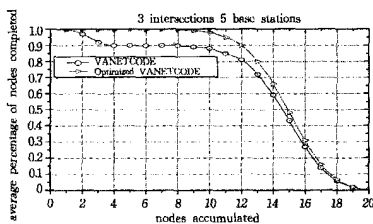


图 9 节点完成度比较图

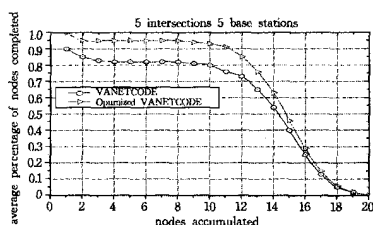


图 10 节点完成度比较图

在图 10 中交叉路口的数量到达了 5 个,由于交叉路口的增加,使得两种方法的节点完成度均降低,但是 Optimized-

VANETCODE 降低的幅度明显低于 VANETCODE。

**结束语** 本文提出的方法结合了 ROMSGP 的分组方法,改善了 VANETCODE 的优先级设定策略,并且套用了网络编码来改善车载网络上数字内容分享机制的效能。使用网络编码可以让汽车不用向特定的对象下载特定的文件,而每台汽车都可以作为提供编码文件的来源端,使得整体的下载效能得以改善。结合 ROMSGP 的分组方法与改善 VANETCODE 的优先级设定策略可以避免因为汽车接收完文件之后随即离开群组,造成该汽车对于群组的贡献度下降,进而对于整个群组内部译码的影响。

## 参考文献

- [1] Lee U, Park J S, Yeh J, et al. CodeTorrent: Content Distribution using Network Coding in VANET[C]// International Conference on Mobile Computing and Networking Proceedings of the 1st International Workshop on Decentralized Resource Sharing in Mobile Computing and Networking. Los Angeles, California Year of Publication, 2006; 1-5
- [2] Ahmed S, Kanhere S S. VANETCODE: Network Coding to Enhance Cooperative Downloading in Vehicular Ad-Hoc Networks [C]// International Conference On Communications And Mobile Computing Proceedings of the 2006 International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing Vancouver. British Columbia, Canada Year of Publication, 2006; 527-532
- [3] Yang Min, Yang Yuan-yuan. Peer-to-peer File Sharing Based on Network Coding[C]// ICDCS '08. The 28th International Conference on Distributed Computing Systems. June 2008; 168-175
- [4] Song Hai-bin, Meng Qi, Men Ai-dong. P2P Computing in Design of VANET Routing Protocol Wireless Communications[C]// WiCom 2007. International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Sept. 2007; 1502-1507
- [5] Lee J M, Yu M J, Yoo Y H, et al. A New Scheme of Global Mobility Management for Inter-VANETs Handover of Vehicles in V2V/V2I Network Environments[C]// NCM '08. Fourth International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management. Sept. 2008; 114-119
- [6] Park S, Zou C C. Reliable Traffic Information Propagation in Vehicular Ad-Hoc Networks[C]// Sarnoff Symposium. IEEE, April 2008; 1-6
- [7] Sakhaee E, Taleb T, Jamalipour A, et al. A Novel Scheme to Reduce Control Overhead and Increase Link Duration in Highly Mobile Ad Hoc Networks[C]// Wireless Communications and Networking Conference. WCNC 2007. IEEE, March 2007; 3972-3977
- [8] Taleb T, Sakhaee E, Jamalipour A, et al. A Stable Routing Protocol to Support ITS Services in VANET Networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2007, 56(6); 3337-3347
- [9] Huang Xiao-xia, Fang Yu-guang. Performance Study of Node-Disjoint Multipath Routing in Vehicular Ad Hoc Networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2003, 52(4); 14-18
- [10] IEEE Std. 802. 11-1999, Part 11; Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications[Z]. Reference number ISO/IEC 8802-11; 1999 (E), IEEE Std. 802. 11, 1999 edition, 1999

## 4 仿真试验与分析

### 4.1 仿真平台 CloudSim 简介

本文采用澳大利亚墨尔本大学的网格实验室和 Gridbus 项目提出的云仿真平台 CloudSim 作为试验仿真工具,使用版本为 CloudSim-2.1.1。CloudSim 是一个可扩展的仿真工具集,可实现云计算系统和应用环境的模拟与仿真。CloudSim 为研究者提供了可控且易于安装的测试环境,摆脱了复杂的测试环境搭建过程和对于庞大基础设施的依赖。CloudSim 在对云计算仿真时具有以下特点:(1)支持在一个物理节点上模拟和仿真包含数据中心的大规模云计算环境;(2)为模拟云计算环境下虚拟机部署、服务代理、服务分配策略等提供了独立的仿真平台;(3)支持模拟仿真云计算环境中各个组件的网络连接;(4)可以仿真私有云和公共云联合环境。

添加安全部署策略的虚拟机批量部署算法仿真分析。

为了验证添加安全策略后虚拟机部署算法的可行性和系统性能状况,设计系统具有 3 个利益冲突类和 1 个公共服务类,如下所示:

利益冲突类 1 = {组织虚拟机集 11、组织虚拟机集 12、组织虚拟机集 13}

利益冲突类 2 = {组织虚拟机集 21、组织虚拟机集 22}

利益冲突类 3 = {组织虚拟机集 31、组织虚拟机集 32}

公共服务类 0 = {组织虚拟机集 0}

服务器均视为处于初始部署状态,即各个虚拟机安全禁忌列表均为空。分别为待部署虚拟机打上安全标签,如表 1 所列。

表 1 虚拟机安全标签

利益冲突类 1			利益冲突类 2		利益冲突类 3		公共服 务类 0
11	12	13	21	22	31	32	0
vm10	vm13	vm2	vm0	vm4	vm8	vm1	vm9
vm12		vm5	vm7	vm23	vm24	vm3	vm11
		vm6	vm19			vm17	vm15
		vm16	vm20			vm14	vm18
							vm21
							vm22

单个节点上,不同性能间的负载均衡情况是资源利用率的一个重要影响因素。为了更直观地比较系统整体的负载均衡效果,取负载均衡因子  $LB$  作为系统状态衡量标准,将带安全策略的蚁群算法和带不带安全策略的蚁群算法在虚拟机批量部署中的实验进行比较。负载均衡因子算法为:

$$LB_{Res} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Uti_i \cdot Res - SysUti \cdot Res)^2}$$

式中,  $Res$  为服务的某一性能指标(如 CPU、内存等),  $Uti_i \cdot Res$  为服务器  $i$  的  $Res$  利用率,  $SysUti \cdot Res$  为系统总的  $Res$  利用率,  $n$  为服务器台数。负载因子越小,说明各个节点间的负载越平均,负载均衡效果越好。进行 50 次实验,求平均值,试验

结果如图 7 所示。

可以看出,使用基于 CVDBN 安全策略的蚁群算法比不带安全策略的蚁群算法在负载均衡性能方面有少许的下降,但是其下降的幅度在接受范围之内,不破坏系统的可用性。

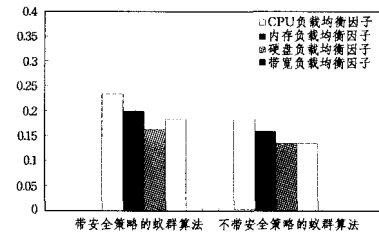


图 7 使用安全策略算法性能比较

**结束语** 本文在云计算系统在虚拟机部署阶段的安全需求分析基础上,针对虚拟机部署安全问题,基于 BN 模型设计了云计算环境下虚拟机安全部署模型 CVDBN,给出了其详细的形式化模型和公理,并给出了云计算环境下虚拟机安全部署模块的详细设计与服务器安全禁忌列表生成策略,通过仿真试验证明了安全模型的实用性。

## 参考文献

- [1] 冯登国,张敏,张妍,等. 云计算安全研究[J]. 软件学报,2011,22(1):71-83
- [2] Brewer D F C, Nash M J. The Chinese Wall Security Policy[C]// Proceedings of the 1989 IEEE Symposium on Security and Privacy. Oakland, CA, USA, 1989
- [3] Bell D E, LaPadula L. Secure Computer System: Unified Exposition and Multics Interpretation[R]. ESD-TR-75-306. Electronics Systems Division, AFSC, Hanscom AF Base, Bedford MA, 1976
- [4] Biba K. Integrity Considerations for Secure Computer System [R]. MTR-3153. The MITRE Corporation, Bedford, MA, 1977
- [5] Hay B, Nance K, Bishop M. Storm Clouds Rising: Security Challenges for IaaS Cloud Computing[C]// Proceedings of the 44th Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii, US, 2011
- [6] Wu Ruo-yu, Ahnl G-J, Hul Hong-xin, et al. Information Flow Control In Cloud Computing [C] // Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing. Chicago, Illinois, USA, 2010
- [7] 林果园,贺珊. 一种云计算环境下的安全模型[J]. 电信科学, 2010,26(9)
- [8] 朱鸿伟. 虚拟化安全关键技术研究[D]. 杭州:浙江大学,2008
- [9] Reuben J S. A Survey on Virtual Machine Security[Z]. Seminar on Network Security
- [10] Ristenpart T, Tromer E, Shacham H, et al. Get Off of My Cloud: Exploring Information Leakage in Third-Party Compute Clouds[C]// Proceedings of the 16th ACM Conference on Computer and Communications Security. Chicago, Illinois, USA, November 2009

(上接第 174 页)

- [11] Heine G. GPRS-signaling & protocol analysis[M]. Inacon, 2002
- [12] Toh C-K. Associativity based routing for ad hoc mobile networks[J]. Wirel. Pers. Commun. Special Issue Mobile Networking Computing Systems, 1997,4(2):103-139
- [13] Johnson D B, Maltz D A, Hu Y-C. The Dynamic Source Routing

Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR), July 2004, IETF MANET Working Group. Internet Draft

- [14] Sakhaee E, Taleb T, Jamalipour A, et al. A novel scheme to reduce control overhead and increase link duration in highly mobile ad-hoc networks [C] // Proc. WCNC. Hong Kong, Mar. 2007,3972-3977