

面向动态 Ad Hoc 网络异构多播业务流 最优资源控制策略

陈 怡^{1,2}, 胡瑞敏¹, 高 戈¹

(1. 武汉大学国家多媒体软件工程技术研究中心, 湖北武汉 430072; 2. 华中师范大学计算机科学系, 湖北武汉 430079)

摘 要: 无线多播最优资源分配策略是无线 Ad Hoc 网络的核心问题. 本文提出自适应多播控制算法 (AMC Adaptive Multicast Control), 采用分段效用函数精确量化用户感知, 降低无效带宽分配次数, 使之适应中速及高速移动 Ad Hoc 网络; 引入单位资源效用参数和接入判决机制, 改善原有模型中带宽平均分配造成的资源浪费; 采用竞价机制, 提高存在差异带宽期望的异构多播业务流服务质量. 仿真结果表明, AMC 策略对移动 Ad Hoc 网络状态改变具有优良的自适应性能, 尤其适用动态网络的异构分层多播业务流.

关键词: Ad Hoc 网络; 异构多播; 非线性优化

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2011) 11-2583-06

Optimal Resource Control Strategy for Heterogeneous Multicast Applications on Dynamic Ad Hoc Network

CHEN Yi^{1,2}, HU Rui-min¹, GAO Ge¹

(1. National Engineering Research Center for Multimedia Software, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430072, China;

2. Department of Computer, Huazhong Normal University, Wuhan, Hubei 430079, China)

Abstract: Optimal resource allocation is the core problem in wireless multicast. An adaptive Multicast Control algorithm (AMC) is proposed. It uses segmented bandwidth allocation to reduce iterations for medium-speed and high-speed mobile Ad Hoc network. It overcomes the disadvantage of average resource allocation by adopting marginal utility and adaptive access decision mechanism. And a bidding mechanism is used to improve the quality of heterogeneous bandwidth demanding for multicast traffic. Simulation results show that AMC policy has excellent performance for mobile network, especially for layered heterogeneous multicast in dynamic network condition.

Key words: Ad Hoc network; heterogeneous multicast; nonlinear optimal

1 引言

进入二十世纪九十年代, 网络业务呈现出业务类型多样化的特点, 各种应用已深入到人们日常生活的各个方面, 并在当前社会与经济生活中发挥日益重要的作用. 无线多播在这样的应用背景下, 越来越受到人们的重视. 虽然网络设备性能和网络传输速度不断提高, 但带宽成本和可用性仍是控制实施的主要障碍. 多媒体流数据量庞大, 容易引发网络拥塞, 甚至崩溃, 因此需要设计合理的无线网络控制措施, 满足网络传输的需求. 本文研究 Ad Hoc 网络多播传输优化技术可促进带宽资源合理分配, 减缓网络拥塞, 提高可靠通讯.

2 研究现状

无线 Ad Hoc 网络自身空间链路相互干扰, 不能简单沿用有线网络的解决方案. 2005 年 Chaporka^[1]指出目

前 Ad Hoc 网络多播技术方案会导致网络性能恶化, 并近似给出多播子节点干扰下可利用带宽的上限估计值. 2008 年 Hu^[2]在 Chaporka 的基础上, 进一步指出不但多播子节点会对系统性能有影响, 多条数据流相互之间还存在隐藏干扰问题. Hu 给出了一个在子节点干扰和隐藏干扰并存环境下带宽分配解决方法.

2009 年 Peng^[3]提出了 Ad Hoc 网络多播速率调节的最新模型, 在考虑隐藏干扰和接收节点干扰的基础上, 采用局部信息进行速率调节. 同年 Li^[4]指出由于空间干扰存在, 拥塞与否不能仅由节点物理能力和节点的数据流决定, 而与整个干扰区域内数据流相关. Xiong^[5]采用队列长度的变化预测 Ad Hoc 网络多播资源拥塞严重程度, 调整源端发送速率. 国内学者也建立了无线 Ad Hoc 网络效用优化模型^[6].

3 基本问题及解决方案

3.1 分层效用函数描述

分层多播方案,发送方以层次结构组织数据发送,在多媒体多播数据流发送方案中,首先发送最低质量且优先级最高的多媒体流;接着发送增强质量的信息.接收者根据能力,以累积的方式加入一个或多个层次,层次越多解码后的多媒体信息质量越高.

对被分配到的带宽资源的评价,本研究采用效用函数来反映.卡耐基梅隆大学的研究者就实际情况得出了这样的效用函数^[7].ITU 等专业组织的评测技术报告也给出了有用的用户效用信息^[8,9].效用函数的意义是用户可以定量地指定分配的资源价值,从而指导网络合理地分配资源.由于不同用户所需带宽不同,采用分段效用函数的含义明确简单:通过效用函数表明用户可以接受的资源分配方案,网络根据具体情况确定其中的一种,指导调节,减少开销.现有的模型普遍采用的连续二阶可导的效用函数虽然求解简单,但网络分配频繁,网络消息开销大,特别不适用实时多媒体流.

由于离散效用函数描述的分层多播最优化问题是 NP 完全问题,本文延续 Lee 等对效用函数的约束:采用轮廓为凸的最优规划(convex_hull_opt).使用分段效用函数,定义 $u_i(b_i)$ 为带宽资源 b_i 产生的分段效用.定义 u'_i 为 u_i 的凸轮廓连续曲线表示.人为地把一个数据流分成几个并行子流,这些子流具有相同的源、目的和路径.例如,多播数据流 i 的分层级数为 k 对应的带宽资源表示为 B_i^k .数据流实际分得的带宽表示为 $b_i^k \leq B_i^k - B_i^{k-1}$ 且 $b_i^k \leq B_i^k - B_i^{k-1}$.子流的单位效用表示为 $\lambda_i^k = \frac{U_i^k - U_i^{k-1}}{B_i^k - B_i^{k-1}}$,单位为 utility/bit.假设数据流 i 的子流分层总数为 s ,则数据流 i 的总效用为:

$$u'_i(b_i) = \sum_{k=1}^s \lambda_i^k \times b_i^k, \text{ 其中 } b_i = \sum_{k=1}^s b_i^k.$$

并且多播网络模型必须满足如下三个前提条件:

条件 1 每一个子流都有最大带宽资源分配限制,即, $b_i^k \leq b_i^{k \max}$.其中, $b_i^{k \max} = B_i^k - B_i^{k-1}$.

条件 2 R-U 函数子流带宽资源分配原则为:如果 $b_i^k > 0$,则对于所有 $l < k$, $b_i^l = b_i^{l \max}$.

条件 3 上游节点的发送能力能够满足下游子节点的带宽需求.即:对于多播业务 i ,如果上游节点 v 发送带宽为 $b_i \langle v \rangle$,下游子节点 $v+1$ 分配带宽为 $b_i \langle v+1 \rangle$,则 $b_i \langle v+1 \rangle \leq b_i \langle v \rangle$.

3.2 多播模型主问题描述

考察一个 Ad Hoc 网络,如果两个节点的物理距离

在发送范围内,则认为这两个节点有无线链路逻辑上相互连接.由于节点间存在局域空间干扰,实际链路能力会小于理论值.即:

$$\forall j, \sum_{l \in q_j} b_{\langle l \rangle} \leq B_j^{\max} \quad (1)$$

其中, $b_{\langle l \rangle}$ 为链路 l 被分配的带宽大小, $B_j^{\max}$ 是最大干扰区域 q_j 可以支持的服务能力. $B_j^{\max}$ 小于等于链路的能力,由 MAC 具体确定.

表 1 多播流资源使用率示例

干扰区域内数据流	干扰区域 1	干扰区域 2
f_1	f_1^1	3
	f_1^2	2
	f_1^3	1
f_2	f_2^1	2
	f_2^2	1

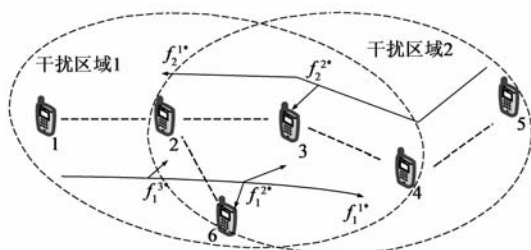


图1 网络干扰模型

图 1 表示的是多播业务流在干扰区域内的资源分配情况.其中, f_m^k 表示多播业务流 m 中分层级数为 k 的带宽大小,而 f_m^{k*} 表示多播业务流 i 中分层级数从 1 到 k 的带宽累积值.例如:图 1 中 f_1^{3*} 表示共接收 3 层多播业务流,即 $f_1^{3*} = f_1^1 + f_1^2 + f_1^3$.图 1 中每个箭头表示多播业务的一个接收点.节点 6 与节点 2 之间存在无线逻辑链路,节点 6 可以根据自身设备的特性,选择业务流 f_1 的 f_1^{2*} 或 f_1^{3*} 等级,也可以选择接收业务流 f_2 的 f_2^{1*} 等级.定义 $q_{\langle m, \sim \rangle, j}^k$ 为干扰区域 j 内多播业务流 m 分层级数为 k 的子流占用带宽资源 f_m^k 的次数.定义 m_j 为干扰区域 j 内多播业务总数, s 为一个多播业务流的总分层级数, $b_{\langle m, \sim \rangle}^k$ 为网络提供给数据流 f_m^k 实际的服务速率.资源约束条件如下所示:

$$\forall j, \sum_{m=1}^{m_j} \sum_{k=1}^s q_{\langle m, \sim \rangle, j}^k \times b_{\langle m, \sim \rangle}^k \leq B_j^{\max} \quad (2)$$

特殊情况下,当某个数据流 f_m^k 不经过干扰区域 j 时,定义 $q_{\langle m, \sim \rangle, j}^k = 0$.

设 $M = \{1, 2, \dots, |M|\}$ 是网络多播业务流的集合.对于相同源节点发出的分层数据流 f_m^k ,接收节点集合为 n_m^k ,多播业务流 f_m 的整个接收节点表示为 $n_m = \{n_m^1, \dots, n_m^k, \dots, n_m^s\}$.用 (m, n) , $m \in M$, $n \in n_m$ 表示一个端到端多播任务流.考虑到多播任务资源限制,将问题表述成一个速率分级的非线性优化主问题:

$$\max \sum_{m=1}^{|M|} \sum_{n=1}^{n_m} \sum_{k=1}^s \lambda_{(m,n)}^k \times x_{(m,n)}^k \quad (3)$$

$$\sum_{m=1}^{|M|} \sum_{k=1}^s q_{(m,\sim),j}^k \times b_{(m,\sim)}^k \leq B_j^{\max} \quad (4)$$

$$0 \leq x_{(m,n)}^k \leq b_{(m,n)}^k \quad (5)$$

表达式(5)的物理含义是:多播业务流 m 中第 n 个接收节点接收到的第 k 层最大带宽不超过多播分层带宽的最大值。

定理 1 本文建立的最优化数学模型的解满足约束条件(条件 2)。

证明 证明方法类似文献[10]。

证明过程略。

定理 2 最优效用上下限满足 $U_{\text{opt}} - U^{\max} \leq U \leq U_{\text{opt}}$ 。

证明 定义多播资源分配效用计算公式为:

$$U = \sum_{m=1}^{|M|} \sum_{n=1}^{n_m} u_{(m,n)} \left(\sum_{k=1}^s b_{(m,n)}^k \right)$$

定义 U_{opt} 为网络资源最优效用,则 $U \leq U_{\text{opt}}$ 。定义 $\delta_{(m,n)}$ 为多播接收节点 n 的凸轮廓效用值与实际效用值之差,则 $\max_{m=1, n=1}^{|M|, n_m} \delta_{(m,n)}$ 表示多播用户效用函数的凸轮廓近似值与实际分段效用值之间最大差异。定义 U' 为非线性分段优化问题计算效用,即:

$$U' = \sum_{m=1}^{|M|} \sum_{n=1}^{n_m} u'_{(m,n)} \left(\sum_{k=1}^s b_{(m,n)}^k \right)$$

如果 u 为实际用户效用函数, u' 为轮廓为凸轮廓的分段线性效用函数。因 $u' > u$, 则 $U' \geq U_{\text{opt}}$ 。当每个多播用户分配带宽都为 $b_{(m,n)}^k = 0$ 或 $b_{(m,n)}^k = B_m^k - B_m^{k-1}$ 时, $U' = U_{\text{opt}}$ 。

因式(4)限制条件,最多可有 p 个最大干扰区域在分配带宽时在计算效用产生误差,使计算值低于实际值,其中 p 为网络最大干扰区域的数目。因此 $U' - U \leq U^{\max}$, 其中 $U^{\max} = p \times \max_{i=1, n=1}^{|M|, n_m} \delta_{(m,n)}$ 。

进一步推导可得到 $U_{\text{opt}} - U^{\max} \leq U \leq U_{\text{opt}}$ 。

证毕。

性质 1 如果用 δ 表示网络效用实际值与理想值之差的最大值,则 $\delta = U^{\max} = p \times \max_{i=1, n=1}^{|M|, n_m} \delta_{(m,n)}$ 。

证明 假设用 U_{upper} 表示网络效用理想状态下的上限,则 $U_{\text{upper}} = U_{\text{opt}}$ 。假设用 U_{lower} 表示网络效用理想状态下的下限,则

$$U_{\text{lower}} = U_{\text{opt}} - U^{\max}.$$

$$\delta = U_{\text{upper}} - U_{\text{lower}} = U^{\max} = p \times \max_{i=1, n=1}^{|M|, n_m} \delta_{(m,n)}$$

证毕。

3.3 分层多播模型对偶问题描述

主问题的对偶问题表示如下:

$$\min \sum_{j=1}^p B_j^{\max} \times \zeta_j + \sum_{j=1}^p \sum_{m=1}^{|M|} \sum_{n=1}^{n_m} q_{(m,\sim),j}^k \times b_{(m,\sim)}^k \times v_{(m,\sim)}^k$$

(6)

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{j=1}^p q_{(m,\sim),j}^k \times \zeta_j + b_{(m,\sim)}^k \times v_{(m,\sim)}^k \geq \sum_{n=1}^{n_m} \lambda_{(m,n)}^k \\ & 0 \leq \zeta_j, 0 \leq v_{(m,\sim)}^k \end{aligned} \quad (7)$$

其中, $B_j^{\max}$ 表示干扰区域的带宽容量, ζ_j 表示干扰区域的带宽单位价格,资源 j 的影子价格(Shadow Price)表示带宽资源每增加一个单位系统的收益,也可以说是带宽资源减少一个单位,系统损失的效益。为了接受一个用户,系统必须在数据流经的端到端链路预留所需的资源。系统选择原则是:接受单位资源效用高的用户,拒绝单位资源效用低的用户。

多播系统中,每增加一个速率级别的代价表示为:

$$pp_{(m,\sim)}^k = \sum_{j=1}^p q_{(m,\sim),j}^k \times \zeta_j \quad (8)$$

$pp_{(m,\sim)}^k$ 代表多播业务 m 发送分级速率 k 在所有路径上产生的路径代价。假设新接收一个多播业务流分级速率 k 产生的收益是 $\sum_{n=1}^{n_m} \lambda_{(m,n)}^k$, 则当 $\sum_{n=1}^{n_m} \lambda_{(m,n)}^k > \sum_{k=1}^s pp_{(m,\sim)}^k$ 网络同意提供多播用户服务资源;否则,如果接受一个新的多播分层导致网络整体效益下降,则拒绝相应的服务请求。图 2 为本算法描述。

```

At every clique-leader and at every period  $\tau$ :
  Let  $M_j$  be the set of multicast flows through maximal clique of  $j$ 
  Let  $B(val)_j$  be the valid bandwidth of the maximal clique of  $j$ 
   $\forall$  multicast  $f_m^k \in M_j$ 
  While  $f_m^k \notin \text{nul}$ 
    If  $\sum_{n=1}^{n_m} \lambda_{(m,n)}^k > \sum_{k=1}^s pp_{(m,\sim)}^k$ 
      Accept multicast  $f_m^k$ ;
       $\Phi_{(m,\sim),j}^k = \zeta_j + (\sum_n \lambda_{(m,n)}^k - pp_{(m,\sim)}^k) / \sum_j q_{(m,\sim),j}^k$ 
    Else
      Reject multicast  $f_m^k$ 
    End if
  End while
  While multicast  $f_m^k \notin \text{null}$ 
    Select the highest bid of  $f_m^k \in M_j$ 
    If  $B(val)_j > q_{(m,\sim),j}^k \times b_{(m,\sim)}^{\max}$ 
       $x_m^k = b_{(m,\sim)}^{\max}$ ;
       $B(val)_j = B(val)_j - q_{(m,\sim),j}^k \times x_m^k$ 
    Else
       $x_m^k = 0$ 
    Delete  $f_m^k$  from the set of  $M_j$ 
  End if
End while
 $y_j = \min(\Phi_{(m,\sim),j}^k \mid \forall x_m^k > 0)$ 
 $\forall f_m^k$  passes through the maximal clique
 $x_m = \sum_k x_m^k$ 
Send  $x_m$  and  $\zeta_j$  to multicast source  $m$ 

```

图 2 带宽异构多播业务竞价机制算法

4 自适应优化算法实施策略

4.1 拓扑结构及网络参数状态监测

(1)本方案路由是在 MAODV 协议基础之上修改而成.在数据流发送之前,事先探测 Ad Hoc 网络,获得路由信息.原 MAODV 协议是基于最短路径,很容易造成网络局部拥塞.本方案在选择路径时,综合考虑最短路径和路径代价两个指标,避免热点区域网络拥塞.

(2)当网络原拓扑发生改变,导致原路由失效,网络传输协议把路由中断信息反馈至源端.源端重新发送探测包探索新的路由.一旦有路由可以用,重新更新干扰区域价格,并把价格信息写入探测数据包相应区域,反馈到源端.源端根据收到反馈数据包内的路由跳数和价格信息,在最短路径的基础之上根据价格更新路由.

4.2 分布式速率优化计算

(1)当拓扑结构未发生改变,在一段时间之后自动更新发送速率.虽然数据流的路由未改变,但其他多播业务参数变化会使网络资源价格变化,携带网络价格数据包反馈回源端,源端通过分布式计算,修整发送速率,适应拓扑结构和网络参数的改变.

(2)当网络拓扑发生中断,立即停止发送数据包,并启动路由探测过程.根据新路由的价格设定发送速率,及时恢复数据流连通,适应网络变化.

5 仿真实验

5.1 仿真实验设计

选用修改的 MAODV 作为试验的路由协议.本文在 MAODV 基础上,加入价格因素,以选择价格和跳数最少选择路径.采用爱立信研究院提供的数据类型,与文献[10]实验数据相同.

本文试验采用 tow-ray ground 无线反射模型;MAC 采用 IEEE 802.11 协议;路由采用修正的 MAODV 协议;链路队列长度默认为 50 个数据包;无线节点发送距离为 250m,干扰距离为 550m.共享无线链路容量为 2Mbps.为了考察本算法的自适应优化性能,与 2009 年文献[3]中的 MCT 算法进行对比.MCT 控制机制类似 TCP 协议的“加性增加、乘性减少”.

试验 1 全局最优性能

本实验场景如图 3 所示.网络中存在 2 组多播业务,一组为多媒体软弹性流,一组为完全弹性流,传输路径表示在表 2 中.图中的圆形表示无线节点的传输距离,设定传输距离为 250m.节点与节点之间的实线表示无线传输范围内的无线逻辑链路.

在图 3 的场景 1 中,多播数据流都必须通过 $n1 \rightarrow n3$ 的无线链路,而在场景 2 中,新增加的节点 $n9$ 使无

线共享空间资源发生变化.新增加了 2 条无线链路,分别为 $n2 \rightarrow n8$ 和 $n7 \rightarrow n8$.设多播每层为 30kbps.由于无线链路共享带宽与底层 MAC 相关,在本实验场景节点,按照文献[4]离线计算得到共享信道最优值.

表 2 多播数据流

多播业务	多播数据流	路由
M1	M11	$n0 \rightarrow n1 \rightarrow n3$
	M12	$n0 \rightarrow n1 \rightarrow n3 \rightarrow n4$
	M13	$n0 \rightarrow n1 \rightarrow n3 \rightarrow n6$
M2	M21	$n2 \rightarrow n1 \rightarrow n3 \rightarrow n5$
	M22	$n2 \rightarrow n1 \rightarrow n3 \rightarrow n7$

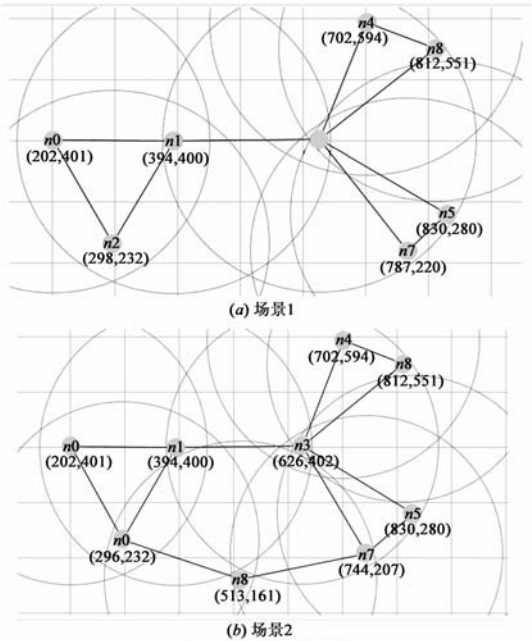


图3 网络拓扑结构

表 3 多播数据流带宽

多播数据流	吞吐量(kbps)	最优值(kbps)	相对误差(%)
M11	152	167	91
M12	154	167	92
M13	150	167	90
M21	143	167	86
M22	140	167	84

从表 3 中可看出, $M1$ 组播业务的网络带宽与 $M2$ 组播业务的网络带宽消耗基本一致,但是 $M1$ 组播业务消耗带宽略略大于 $M2$ 组播消耗带宽.原因在于: $M1$ 组播业务的效用函数隐含了比 $M2$ 组播业务更高的服务优先级.尽管如此,由于本仿真场景仅有 2 组业务,网络负载并不重,因此网络仍然显示了较好的公平性.

试验 2 网络总体效用比较

在网络拓扑如图 3 场景 1 网络收敛的状况下,新加入无线节点 $n8$,使网络拓扑发生变化.本方案由于含有 QoS 路由功能,所以 $M2$ 业务更改路由,通过 $n8$ 节点连接.图 4(a)显示了 AMC 算法网络总体效用与 MCT 算法

的比较结果.横轴表示多播业务流达到率,纵轴表示网络总体效用.图 4(b)是 AMC 算法效用与 MCT 算法效用相对误差百分比.

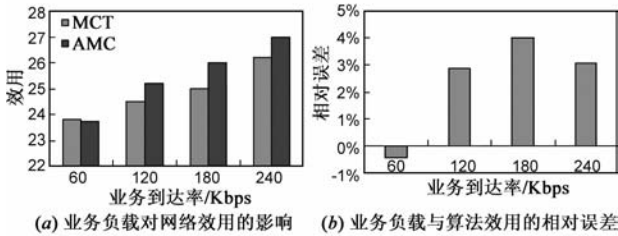
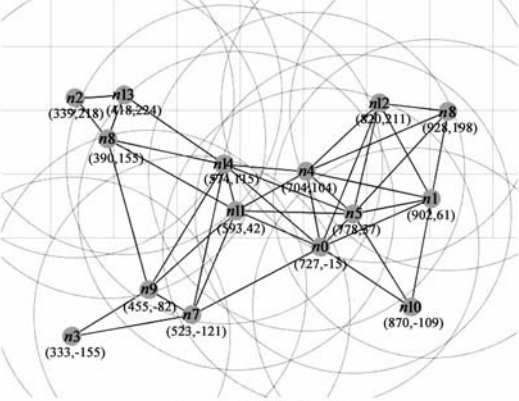


图4 效用与业务负载关系

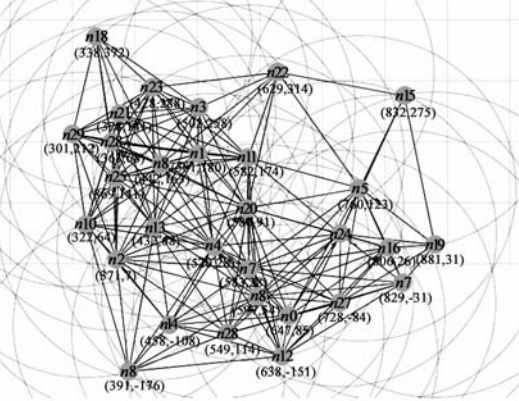
可以看出,随着多播业务到达率的增加,网络总体效用增加,但是采用本算法比采用 MCT 算法网络效用值增加,原因在于:AMC 算法在网络拓扑变化时,重新选择路由,有效利用网络带宽资源.但是 AMC 算法在网络负载较低时,效果并不明显,原因在于低负载时,网络资源十分充足,无需启动更改路由的操作,MCT 算法能够充分发挥作用.

试验 3 移动场景下网络效用比较

本试验考查在节点移动情况下,对收敛速率的影响.无线 Ad Hoc 网络节点分散在一个 600m×600m 的区域上,传输范围和干扰范围都为 250m.其中实时多媒体多播业务流为 2 个,完全弹性多播业务流为 1 个,每个



(a) 15 个节点网络拓扑



(b) 30 个节点网络拓扑

图5 随机网络拓扑

多播业务的接收节点都为 3 个.每个无线节点随机移动,运行到区域边缘便自动弹回.每次试验均随机运行 8 次,取各次试验的平均值.多播业务流在 MCT 中采用 CBR,本试验数据发送速率由源端根据算法调节.本试验分别对无线节点有 15 个和 30 个的不同场景进行仿真.

可以看出,在节点密度较大的情况下,由于链路间干扰增加,单个数据流可以利用的带宽减少,导致整体网络效用降低.随着网络移动速度的增加,无线节点干扰增加,网络效用随之减低.从图 6 上可以看出,本算法比 MCT 算法更适应移动场景,依靠快速收敛的特性,使本算法获得比 MCT 更高的网络效用.

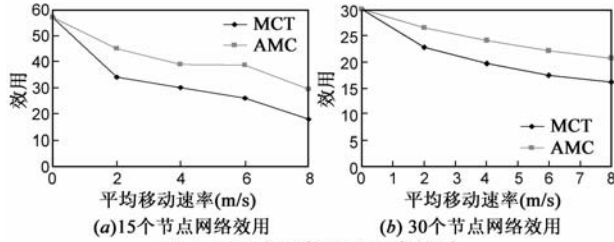


图6 效用与平均移动速度关系

5.2 仿真结果分析

从上面的结果可知,AMC 算法在动态网络环境下,收敛速度和网络整体效用均优于 MCT,充分说明了 AMC 算法对动态移动网络有更佳的自适应能力.我们也指出,在低负载的静态网络环境下,AMC 算法不及 MCT 算法,原因是 AMC 算法需要计算网络价格更新路由,带来了格外的开销.AMC 算法仍然能够自适应解决静态网络资源分配.需要指出的是,本文提出的算法由于内嵌优先级参数,所以仅保证同一优先级多播数据流带宽公平性,不采用通常的比例公平模型^[11].

AMC 算法能够改善动态网络性能的理由如下:

(1)采用离散效用凹函数.根据最优规划原则,一个约束为凸且紧致的目标函数能够找到全局最优解.因此本文建立的 Ad Hoc 网络资源分配模型有合理的解.而且,由于采用离散分段函数,避免零散带宽分配,减少了网络控制开销.

(2)完全分布式控制.本文算法运用优化理论中的主问题和对偶问题,把非线性最优问题分解成分布式算法,适应随机组网的 Ad Hoc 网络.

(3)适应多媒体数据流.在优化问题中,一般效用函数采用 $\sum \log x$ 形式,对带宽与用户满意程度的描述非常笼统.本文采用离散效用函数描述用户资源分配问题,细化原有模型,更加符合实际情况.

(4)QoS 多播路由.本文在原有多播协议基础上,把链路价格作为一个重要因素引入多播路由,对过载共享区间进行流量分流,提升网络性能.

6 结论

现有无线 Ad Hoc 网络多播流量控制模型依赖精确的目标队列长度判断拥塞,但目前尚无法得到此精确数据.粗糙的估计值只能使网络拥塞状况恶化.且现有多速率多播模型仅适用单一业务类型,需要进一步细化不同业务多播流对带宽的需求,减少带宽浪费.

本研究对无线多播网络相互干扰用最大干扰区域作空间划分,不再采用单一队列做判断,符合 Ad Hoc 网络特性;再利用离散效用函数模拟多媒体流用户感知,拟合不同多媒体数据流对带宽分配的期望;使用数据流携带的分段单位效用值参与竞价,使竞价过程一次完成,降低反复调节时间消耗,满足移动网络收敛速度的要求.本方案特别适合承载多媒体多播数据流的 Ad Hoc 网络.仿真结果表明 AMC 算法在移动环境下,收敛速率和网络效用性能均优于 MCT 算法.需要特别指出的是:当网络处于低负载的静态网络环境下,不必采用 AMC 算法.但当网络处高速动态网络时,AMC 算法可以显著提升网络效用.

为了进一步优化 AMC 算法的性能,下面的几个方面是我们下一步的工作:(1)考察 MAC 层协议参数对算法性能的影响;(2)考察协议中控制信息传输滞后对收敛速率的影响;(3)考察分布式算法存在回馈信息丢失下算法收敛性能.

参考文献

- [1] Prasanna Chaporkar, Saswati Sarkar. Wireless multicast: theory and approaches[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2005, 51(6): 1954 – 1953.
- [2] Chia-Cheng Hu, Eric Hsiao-Kuang Wu, Gen-Huey Chen. Bandwidth-satisfied multicast trees in MANETs[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2008, 7(6): 712 – 725.
- [3] Jun Peng, Biplab Sikdar, Liang Cheng. Multicasting with localized control in wireless Ad Hoc networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2009, 8(1): 52 – 65.
- [4] Xiang-Yang Li. Multicast capacity of wireless Ad Hoc networks [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2009, 17(3): 950 – 962.
- [5] Naixue Xiong, Y R Yang, A V Vasilakos, Xiaohua Jia, Yi Pan, Chin-Chen Chang. Design of a distributed flow control scheme based on wireless multi-rate multicast networks[A]. IEEE INFOCOM Workshops 2009 [C]. Rio de Janeiro, Brazil: IEEE Communications Society, 2009. 1 – 6.
- [6] 李世勇, 秦雅娟, 张宏科. 基于网络效用最大化的一体化网络服务层映射模型[J]. 电子学报, 2010, 38(2): 282 – 289.

Li Shi-yong, Qin Ya-juan, Zhang Hong-ke. Mapping model for the service layer of universal network based on network utility maximization[J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 38(2): 282 – 289. (in Chinese)

- [7] C Lee. On Quality of Service Management[R]. Pittsburgh, Pennsylvania, USA: Carnegie Mellon University, 1999.
- [8] ITU-R Recommendation BT 500-10, Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures [S]. Geneva, Switzerland: ITU, 2000.
- [9] EBU Project Group B/VIM (Video in Multimedia). EBU BPN 055: SAMVIQ – Subjective viewing evaluations of some video codecs-phase 1. [DB/OL]. http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_301-samviq.pdf, 2003-05.
- [10] C Curescu, S Nadjm-Tehrani. A bidding algorithm for optimized utility-based resource allocation in Ad Hoc networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2008, 7(12): 1397 – 1414.
- [11] Kelly F P, Maulloo A, Tan D. Rate control for communication networks: shadow prices, proportional fairness and stability [J]. Journal of Operations Research Society, 1998, 49(3): 237 – 252.

作者简介



陈 怡 女, 成都人, 博士. 2009 年至 2010 年在美国佛罗里达大学合作研究一年. 研究方向为无线多媒体移动网络关键技术.
E-mail: chen yi30@mail.ccnu.edu.cn



胡瑞敏 男, 教授, 博导, 研究方向为音视频多媒体及高性能通讯网络技术.



高 戈 男, 副教授, 主要研究方向为移动多媒体技术、无线 Ad Hoc 网络.