

基于业务流偏好的多 QoS 目标决策分层路由研究

郭攀红¹ 杨 扬¹ 唐先明²

(北京科技大学信息工程学院 北京 100083)¹ (中国石化勘探开发研究院 北京 100083)²

摘 要 以移动自组织网络分层路由中网关与网关间多路径优选问题为研究背景,研究了满足业务流特定 QoS 需求的保障方法,体现了“按需服务”的思想。给出了业务流 QoS 需求偏好的表示、转化及其计算的策略和方法,并扩展了 GPSR 路由算法,提出了基于业务流偏好的多 QoS 目标决策分层路由 TMQODR 算法,使其具有 QoS 选路功能,能根据业务流的 QoS 偏好选择最合适的路径。通过相关性能分析及仿真实验验证了算法的有效性。

关键词 移动自组织网络, QoS 路由, 多目标决策, 业务流偏好

Research on Traffic-prefer-based Multi-QoS Object Decision Layered Routing

GUO Pan-hong¹ YANG yang¹ TANG Xian-ming²

(School of Information Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)¹

(SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)²

Abstract Based on the research background of multi-path choosing between gateways in hierarchy routing, this work exploited the guarantee method of traffic flow's specific QoS requirements and put forward some relevant policies and methods, including representation, transition and computation of traffic flows' QoS preference. On the basis of traffic flows' QoS preference, the strategy of optimal service selection was brought forward. Then, with the extension of GPSR algorithms, put forward a traffic-prefer-based multi-objective hierarchy routing TMQODR which is GPSR QoS Routing algorithms. The analysis on relevant performance for the algorithm has confirmed its feasibility and effectively.

Keywords Mobile ad hoc network, QoS routing, Multi-object decision, Traffic flow preference

1 引言

移动自组织网络是在特殊环境下为一定的应用目的而临时组织起来的无线多跳自组织网络,因而是一种应用相关的网络。不同的应用环境、不同的业务类型、业务流量及业务优先级对服务质量 QoS(时延、丢包率、吞吐率、误码率)的要求不同^[1,2]。如非实时数据传输对数据的正确性要求较高,而不关心传送时间的快慢;视频会议等实时数据传输最强调时延抖动,其次是时延、带宽和丢失率。所以说,若每个业务流所属的应用类型不同, QoS 保障的内容也是不同的。甚至同一应用类型的业务流,对 QoS 保障的要求也不同,比如最近流行度很高、访问量很大的电影业务流,它的带宽和时延等 QoS 保障比非流行的电影要求更高,应该更优先地享用资源。这就需要在 QoS 路由过程中根据业务流的 QoS 要求特点找到符合业务流要求的路径,然后利用 QoS 信令采用资源预留^[8]、优先分配更高的速率^[9]等措施来实现 QoS 保障。

为满足自组织网络多媒体业务的应用要求,国内外许多学者围绕多媒体的优先区分服务问题进行了大量的研究,提出了各种针对不同应用背景特点的 QoS 保障方法。其中区分服务 QoS 保障体系 DiffServ^[3]是比较重要的一种支持业务区分的服务保障体系,也体现了“按需服务”、“优先服务”的思

想。DiffServ 定义一组数量较小的服务类型和优先级,例如简单地定义低、中和高 3 种优先级。每一种服务类型都可以有一个与之相关的业务流特性描述文件(profile),其中包括最大和最小允许带宽等相关信息。然后业务流在网络中转发时,根据这个服务类型来确定优先转发还是继续等待。文献[4]是一种基于多目标规划和业务区分的多 QoS 约束路由算法,在解多目标规划问题前,先把业务流分为非实时数据、实时图像、实时声音级视频会议 4 种类型,每种类型人为地给 QoS 属性赋值,如实时图像带宽、包丢失率、时延为 1,其它属性为 0;而非实时数据类型,包丢失率权值为 1,时延等属性为 0。从而通过这种加权形式把多目标问题变为单目标问题来求解。这也体现了在综合考虑 QoS 路由选择时,应该优先考虑该业务所侧重的 QoS 参数的“按需服务”的思想。但是现有的以上这些 QoS 保障方法,都是针对业务流的特点,先进行业务分类,然后根据类型的优先权来确定业务流的 QoS 保障标准。这种分类的标准比较粗糙,而且有时不容易把业务流归类,所以这种业务区分的方式不能满足多种多样业务流的 QoS 保障要求。

于是本文从移动自组织网络的分层体系结构入手,围绕业务流 QoS 需求偏好的有关内容进行了分析研究。基于多目标决策理论,结合位置信息辅助的贪婪路由算法 GPSR,提

到稿日期:2009-07-15 返修日期:2009-10-12 本文受 863 国家重点项目(60873192),国家自然科学基金(2007AA01Z234)资助。

郭攀红(1976—),女,博士,主要研究方向为 ad hoc 资源发现、ad hoc 路由协议, E-mail: guopan hong@126.com; 杨 扬(1955—),男,博士生导师,主要研究方向为多媒体通信、图像语音识别; 唐先明(1962—),男,博士后,主要研究方向为地理信息系统。

出了基于业务流偏好的多 QoS 目标决策分层路由 TMQODR 算法 (Traffic-perfer-based Multi-QoS Object Decision layer Routing)。本文第 1 节对已有文献进行总结分析,提出所面临的问题;第 2 节根据问题建立模型;第 3 节详细介绍提出的路由算法 TMQODR;最后是仿真实验。

2 建立网络模型

分层路由结构是移动自组织网络中一种重要的体系架构,它将网络划分成多个簇,每个簇由一个簇头节点和多个簇内节点组成^[5]。分层结构的最大优点是网络的可扩充性好;在相同网络规模的条件下,分层结构的路由和控制开销要比平面结构的小。移动自组织网络规模较大并需要提供一定的服务质量保障时,宜采用分层网络结构。

于是本文所研究的背景是分层路由,如图 1 所示。从图 1 中可以看到,节点之间的通信需要借助于网关节点完成,源节点 S 向目标节点 D 通信,需要经过网关节点 G_1 及 G_2 。但是源节点 S 向网关节点 G_1 传送数据时有多个路径可以选择,这就是一种优化决策问题。网关节点 G_1 到网关节点 G_2 、网关节点 G_2 到目标节点 D 也面临同样的多路径选择问题。如何根据业务流 QoS 保障要求,从这多个路径中选择最优路径,从而实现业务流的 QoS 保障目标,是本文的研究目标。

本路由模型基于以下几点假设:

- (1) 每个节点知道自己及网关的位置;
- (2) 簇间通信需通过簇间的网关;
- (3) 网络节点的路由费用、时延、数据丢失率等 QoS 参数通过相关的路由协议取得和维护。

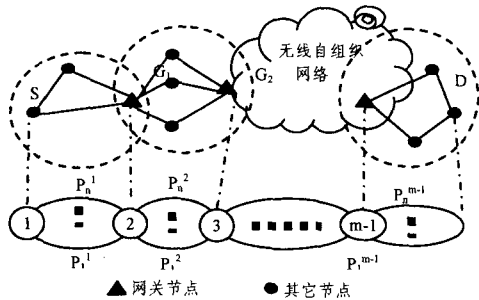


图 1 网络模型图

从前面的问题分析中可以看出,此类问题可以抽象成如图 1 所示的网络模型图 $G=(V,E)$,它是一个加权无向图,集合 V 的元素称为节点,其中首尾节点表示网络在路由过程中的源节点和目的节点,其他节点则表示中间网关节点。集合 E 的元素称为边,SP 表示节点 j 到节点 $j+1$ 的所有边的集合,其中 $j, j+1 \in V$ 。由于节点间可能存在多条链路,在图中则表示节点间有多条边,用 p_i 表示节点 j 到节点 $j+1$ 之间的第 i 条边,每条路径有多个权值属性: $Q_i = \{q_1^i, q_2^i, \dots, q_k^i\}$ 。

由于每条路径存在多个 QoS 属性,因此业务流的传输选择也面临着多个 QoS 属性间进行多目标决策的问题。而在多目标决策问题中,一般不存在通常意义下的最优解,亦即不存在这样的解:在满足约束条件下,使得各个目标属性分别达到各自的最优值。虽然找不到这样的最优值,但可以根据业务流特定的具体情况,通过某个标准(如满意度)来达到针对业务流属性的最佳选择,以最大程度地满足业务流的路径质量要求。在此我们进行如下定义。

定义 1(业务流 QoS,需求偏好函数 $F(X)$) F 为 QoS 属性向量的业务流偏好函数,反映了业务流的偏好信息,它有 n 个分量,即 $F(X) = (f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n))$,分别对应各 QoS 属性的偏好函数,各分量之间可以用二元关系“ f ”来区分,表示“优于、更关注”等关系。

定义 2(相对最优路径 p^*) 指在候选路径中,由业务流 QoS 需求偏好所决定的相对最优路径。假设 $p^* \in SP$,是一个候选路径,若不存在任何其他路径 $p \in SP$,使之在业务流偏好函数 F 的作用下,有 $F(X^p) > F(X^{p^*})$,则 p^* 为业务流在 SP 中基于 QoS 需求偏好的相对最优路径。

定义 3(业务流 QoS 满意度 D) 期望 QoS 属性值与实际值的吻合程度用 QoS 属性值 q 的正态分布概率表示。若期望值为 q^* ,则相对于 q^* ,业务流 QoS 满意度 D 为

$$D(q^*) = P(q^*) = P(Q \geq q^+)$$

$$q^+ = \begin{cases} q, & q > q^* \\ q^* + |q^* - q|, & q \leq q^* \end{cases}$$

其中有 $P(Q \geq q^+) = 1 - P(Q < q^+) = 1 - \int_{-\infty}^{q^+} f(q) dq =$

$$1 - \int_{-\infty}^{q^+} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(q-\mu)^2}{2\sigma^2}} dq$$

式中, μ 为期望平均值, σ 为标准差。经过计算得到的业务流 QoS 满意度 $D(q^*)$,可以评价业务流对该路径选择的满意程度,同时作为路径选择的依据之一。

此问题的难点和关键点在于如何把业务流的偏好信息合理描述出来,并且把描述的偏好信息正确无误地转化为可操作的实际量化值,使得在经过一定的择优选择过程之后,所得结果可以准确地反映业务流的 QoS 需求偏好。对于业务流属性,我们设计了如下 3 种形式,都需要进行偏好信息的一致化处理:

(1) 序关系向量。通过对 QoS 属性进行排序来表示传输的业务流 τ 需要的 QoS 路径标准, $\sigma^* = (o_1^*, o_2^*, \dots, o_k^*)$, $o_k^*, k \in (1, n)$ 表示业务流 τ 对 QoS 属性 q_k 的偏好,表明在所有 QoS 属性里业务流对它偏好的次序,且 o_k^* 越小,业务流的偏好程度就越大。

(2) AHP 判断矩阵。通过给出一个 QoS 属性集两两比较的 AHP 判断矩阵来反映业务流对 QoS 的偏好。AHP 矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$,式中元素 a_{ij} 可由根据 Satty 提出的 1—9 标度法给出,表示业务流对 QoS 属性 q_i 和 q_j 的相对偏好程度。矩阵 A 满足: $a_{ij} > 0, a_{ii} = 1, a_{ij} a_{ji} = 1, \forall i, j \in N$ 。

(3) 语言评价集合。对于语言评价所给出的偏好信息,首先要能区分语言评价的等级,然后按等级转化为模糊数字表示的形式^[12]。譬如,对业务流 QoS 需求偏好的语言评价集合 H ,不妨将集合 H 分为 7 个等级,即 $H = \{\text{完全不关注、很不关注、不关注、较少关注、一般关注、很关注、最关注}\}$,用一个模糊数字代表一个语言评价。假设其隶属函数是梯形隶属函数,则可以将 H 转化为可以标度的业务流偏好信息形式。

需要把本文中 3 种不同的业务流 QoS 需求偏好信息描述统一转化为 AHP 判断矩阵的形式,这样就可以方便地对业务流的 QoS 偏好进行处理。

3 基于业务流偏好的多 QoS 目标决策分层路由 TMQODR

从前面的网络模型中看出,分层路由算法首先需要找到

合适的网关节点,然后在网关与网关节点间的多路径实施基于业务流偏好的多目标决策路由选择算法。对于选择网关节点,使用一种基于位置的路由协议 GPSR(贪婪边界无状态路由, Greedy Perimeter Stateless Routing)^[7]作为路由发现及维护算法。贪婪转发的最大优点是节点只依赖邻节点而不是网络的路由信息。在采用多跳路由的情况下,由于邻居节点的数量要远小于全网的数量,因此网络中需要维护的节点状态信息非常有限。另外,采用贪婪转发策略,由于下一跳节点只有一个,可以避免分组数据在网络中的泛滥,因此不会引发数据阻塞。GPSR 路由算法目标搜索过程中方向性强,速度很快,非常适合节点资源能力较强、延时和抖动要求低的多媒体传输。但是, GPSR 只是普通的 Best-Effort 方式的路由协议,不是 QoS 路由协议,因此我们使用业务流 QoS 需求偏好的路径择优策略对其进行扩展,使其具有 QoS 选路功能,能根据业务流的 QoS 偏好选择最合适的路径。于是本文把基于业务流偏好的多目标决策判断算法嵌入进贪婪路由算法 GPSR 中,以解决基于 QoS 保障的路由择优问题,因而它也是一种贪婪性的多目标决策判断算法。

下面对此算法进行详细介绍。假设由网关节点发现过程后返回的候选路径集合为 $SP = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, 路径的 QoS 属性 Q_j , 业务流 QoS 期望值 $Q_j^* = (q_1^*, q_2^*, \dots, q_m^*)$ 及其 QoS 需求偏好函数为 $F(\omega)$ 。算法首先根据 $F(\omega)$ 把业务流的 QoS 需求偏好转化为可计算的形式, 获得具有偏好的 QoS 属性向量 $\bar{\omega}$; 然后对每一个候选路径基于 $\bar{\omega}$ 计算其业务流满意度 $\bar{D}(p_i)$; 路径选择进行过程中, 记录具有最大满意度的路径; 最后把具有最大满意度的路径作为最优路径, 完成路径选择过程。具体算法如下:

算法 1 TMQODR(基于业务流 QoS 偏好的多 QoS 目标决策分层路由)

```
/* 输入:  $Q_j^* (j=1, \dots, m-1; i=1, 2, \dots, n_j)$ : 网络上每个网关节点间链路的权值; 业务流期望  $Q_j^* = (q_1^*, q_2^*, \dots, q_m^*)$ 
输出: 决策结果  $x_j (x_j \in \{0, 1\})$ ; 第  $j$  个网关节点第  $ij$  条链路是否进行业务流的转发, 1 表示选择, 0 表示不选择。*/

1. If (Self.Pos=DataPackage.DesPos) then
    /* 检查自身是否是目的节点, 如果是则接收数据包, 退出程序 */
    1.1 Self.Receive(DataPackage);
    1.2 Exit
2. Else /* 否则转发数据 */
    2.1 While
        /* 找出自身邻居节点集合中离目标节点最近的节点  $j$  */
         $j = \text{Self.Nighbor};$ 
         $j++$ ;
        Until min(DataPackage.DesPos - i.Pos)
    2.2  $SP = \text{Get}(\{P_j\})$ ;
        /* 获得所有从自身到此节点  $j$  的所有链路 */
    2.3  $\bar{\omega} = \text{Pref}(F(\omega))$ ;
        /* 调用算法 2, 根据  $F(\omega)$  计算 QoS 偏好向量  $\bar{\omega}$  */
    2.4  $K=0; D=0; i=1$ ;
    2.5 For  $i=1$  to  $n$ 
        2.5.1  $\bar{D}(p_i) = \text{Satis}(Q_j^*, \bar{\omega})$ ;
            /* 调用算法 3, 计算路径  $p_i$  的 QoS 满意度  $\bar{D}(p_i)$  */
        2.5.2 IF  $\bar{D}(p_i) > D$ , 则  $D = \bar{D}(p_i), k=i$ ;
        2.5.3  $i=i+1$ ;
    2.6 End For
```

2.7 $x(i, j)=1$;

/* 此链路的决策值设为 1, 并输出结果 */

2.8 Self.Send(DataPackage, i, j);

/* 自身节点延迟此链路转发数据包 */

3 EndIf

算法 2 $\bar{\omega} = \text{Pref}(F(\omega))$ (业务流 QoS 需求偏好计算)

/* 输入: $F(\omega)$; 输出: $\bar{\omega}$; */

1 $H = \text{Generat}(F(\omega))$;

/* 根据 $F(\omega)$ 构造判断矩阵 $H = (h_{ij})_{m \times m}$ 或 $B = (b_{ij})_{m \times m}$ */

2 $k=0$; /* 用来计算累加和 */

For $j=1$ to m /* 每列规范化 */

For $i=1$ to m do $k=k+h_{ij}$;

$\bar{h}_{ij} = \frac{h_{ij}}{k}$;

End For;

3 For $i=1$ to m do $\omega_i=0$;

For $j=1$ to m

For $i=1$ to m do $\omega_j = \omega_j + \bar{h}_{ij}$;

/* 规范化后的矩阵按行相加 */

End For

4 $k=0$; /* 作为累加和中间变量 */

For $j=1$ to m do $k=k+\omega_j$;

For $j=1$ to m do $\bar{\omega}_j = \frac{\omega_j}{k}$;

$\bar{\omega} = (\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \dots, \bar{\omega}_m)$; /* 取得 QoS 偏好向量 */

5 $\lambda_{\max}=0$ /* 目标是求得最大特征向量 */

For $i=1$ to m do $(H\omega)_i=0$;

For $i=1$ to m do

$J=1$ to m do $(H\omega)_i = (H\omega)_i + h_{ij} \times \omega_j$;

End For

For $i=1$ to m do $\lambda_{\max} = \lambda_{\max} + \frac{(H\omega)_i}{(m \times \omega_i)}$;

/* 取得最大特征向量 $\lambda_{\max}$ */

6 $CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1}$;

$CR = \frac{CI}{RI}$; /* 进行判断矩阵的一致性检验 */

IF $CR > 0.1$ Then Goto 1;

IF $CR \leq 0.1$ Then Return $\bar{\omega}$; Exit; End IF

算法 3 $\bar{D}(p_i) = \text{Satis}(Q_j^*, \bar{\omega})$ (业务流 QoS 满意度计算)

/* 输入: 业务流期望值 Q_j^* , QoS 偏好向量 $\bar{\omega}$;

输出: 业务流对 p_i 的 QoS 满意度 $\bar{D}(p_i)$ */

1 For $j=1$ to m do $d_{ij}=0$;

/* d_{ij} 是单个 QoS 属性的满意度 */

2 For $j=1, 2, \dots, m$ do $d_{ij} = 2P(q_j^*)$

/* $P(q_j^*)$ 由定义 3 的正态分布公式计算 */

$D(p_i) = (d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{im})$;

/* 业务流对 p_i 的 QoS 满意度向量 */

3 $\bar{D}(p_i) = D(p_i) \times \bar{\omega}$;

/* 业务流对 p_i 的综合 QoS 满意度 $\bar{D}(p_i)$ */

Return $\bar{D}(p_i)$;

Exit;

算法 2, $\bar{\omega} = \text{Pref}(F(\omega))$ 通过特征向量法求出 $\bar{\omega}$, 并且还做了判断矩阵的一致性验证; 如果验证不通过, 则需要重新构造矩阵; 如果通过一致性检验, 才把求得的 $\bar{\omega}$ 返回并结束算法。当然, 算法 $\bar{\omega} = \text{Pref}(F(\omega))$ 还可以采用其他方法来求 $\bar{\omega}$, 譬如最小方差法; 同样, QoS 偏好信息, 不同的方法求得的 $\bar{\omega}$

应该是很接近的。

计算业务流的满意度由算法 3, $\bar{D}(p_i) = Satis(Q, \bar{\omega})$ 来完成。满意度算法根据业务流期望的 QoS 向量 $Q_i^* = (q_{i1}^*, q_{i2}^*, \dots, q_{im}^*)$ 、已经求得的业务流 QoS 偏好向量 $\bar{\omega}$, 计算路径 p_i 的业务流 QoS 满意度 $\bar{D}(p_i)$ 。为此, 首先计算 p_i 中各单个 QoS 属性相对于业务流期望的满意度, 构成相对于业务流期望的满意度向量 $\bar{D}(p_i)$; 然后由业务流 QoS 偏好向量 $\bar{\omega}$ 计算该路径相对于业务流期望的满意度 $\bar{D}(p_i)$, 这样就把业务流 QoS 偏好映射到路径选择过程中。算法最后返回 $\bar{D}(p_i)$ 。

4 仿真实验

本文在 NS-2 中实现该算法来进行仿真。节点的仿真区域随节点数的增加从 $800m \times 800m$ 的范围逐渐扩展到 $2500m \times 2500m$ 的范围, 并且初始时以网格布局放置节点。实验中一半节点静止不动, 另一半节点以 waypoint 方式随机移动。waypoint 方式中, 节点的移动速度在 $0m/s$ 到 $20m/s$ 之间, 移动到目标后的停顿时间为 $30s$, 整个系统应该是属于比较缓慢的移动模式。各节点随机地被选取作为源节点和目标节点进行数据传送。

仿真区域内随机生成 m 个节点, m 取值为 $5, 10, 20, 30, 40$; 每对节点间有 n 个路径, n 取值为 $20, 40, 60, 80, 100, 120$ 。考察节点数大小对性能的影响时, m 值为变量, n 取 60 , 表示每两个节点间有 40 条路径。考察路径数对性能的影响时, n 值为变量, m 取 20 , 表示有 20 个节点, 节点间的路径数变化。

为简单起见, 我们只考虑了 3 个 QoS 属性, 即路由代价、延时和分组丢失率。路由代价的设定我们认为可以是由节点能量的消耗导致不同的路由代价。每条路径上随机设 QoS 权值属性 (D, L, C), 分别表示延时、分组丢失率和路由代价。 D 采用 $[0, 10]$ 之间的随机数, L 采用 $[0, 1]$ 之间的随机数, C 采用 $[0, 10]$ 之间的随机数。各节点随机地被选取作为源节点和目标节点进行数据传送。为了便于比较, 仿真实验比较了 3 类算法:

- (1) NoQoS 类表示随机选择路径。
- (2) Single 类表示单目标决策算法, 本实验单目标是延时。
- (3) TMQODR 表示本章的多目标决策算法。

同时, 仿真实验考察了两种业务流, 即实时业务流和非实时业务流。两种业务流的 QoS 属性偏好是不同的, 其偏好情况如表 1 所列。两种业务流的满足度参照值也不相同, 实时业务流的期望参照值为 $Q_{ref}^r = (2, 0.6, 8)$, 非实时业务流的期望参照值为 $Q_{ref}^k = (9, 0.2, 6)$ 。由于我们的测试目的是考察所选择的路径对于业务流需求的满足程度, 因此考虑把最高满足度作为评价指标, 分别通过 6 次随机实验的平均值来测试选择路径的满足度。

表 1 业务流 QoS 属性偏好表

QoS 属性	延时 (D)	分组丢失率 (L)	路由代价 (C)
业务流			
实时业务流	很关注	较少关注	一般关注
非实时业务流	不关注	很关注	一般关注

图 2 是实时流的最高满足度随节点数量的变化图, 图 3 是非实时业务流的平均满意度随节点数量的变化图。随机路径选择 NoQoS 所选择出的路径满足实时业务流和非实时业

务流要求的程度很低, 满足度在 50% 以下。但是由于其选路具有随机性, 在有些情况下也能撞到合适的路径满足实时业务流的要求, 但不稳定, 呈抖动现象。本文算法 TMQODR 因为综合考虑了实时业务流偏好需求, 选择出的路径质量比较高, 而且稳定, 满足度都在 70% 以上, 这是能满足实际应用中的业务流传输需要的。图 2 中考虑延时的单目标决策算法 Single 的效果没有 TMQODR 算法好, 但实时流最关注的是延时要求, 因此只根据延时选择路径对于实时业务流是可以接受的。但是从图 3 中可以看到, 单目标决策算法 Single 由于其选择路径的标准是延时, 而这并不是非实时业务流所关注的 QoS 目标, 因此 Single 算法选出的路径完全不符合非实时业务流传输的要求, 导致满足度很低。而多 QoS 目标决策路由 TMQODR 充分考虑非实时业务流的偏好, 选择的路径满足非实时业务流的要求。

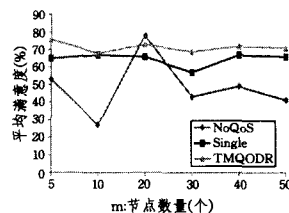


图 2 实时流的平均满意度随节点数量的变化图

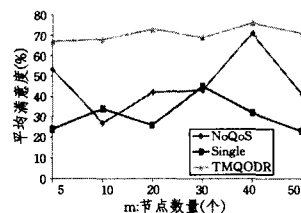


图 3 非实时流的平均满意度随节点数量的变化图

图 4 是实时业务流的平均满意度随候选路径数量的变化图, 图 5 是非实时流的平均满意度随候选路径数量的变化图。从图中看到, 随着候选路径数的增加, 3 种算法的满意度都在逐渐增加。这是因为越多的候选路径, 找到业务流满意的概率也越大, 符合客观实际情况。而且从图中也能观察到, TMQODR 算法更能让业务流达到满意, 而随机路由算法 NoQoS 基本不能让业务流满意, 其满意度在 50% 以下。Single 算法选出的路径完全不符合非实时业务流传输的要求, 导致满足度比随机路由算法 NoQoS 还要低。

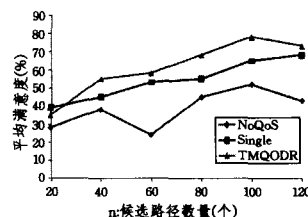


图 4 实时流平均满意度随候选路径数量的变化图

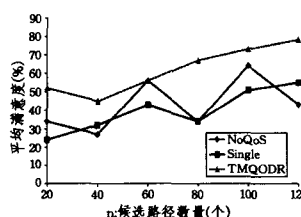


图 5 非实时流平均满意度随候选路径数量的变化图

所以说 TMQODR 算法综合考虑了多种 QoS 目标, 根据业务流的 QoS 偏好动态地选择路径。实验表明它能满足各种各样的业务流的传输要求, 体现了“按需服务”、“综合服务”、“动态服务”的思想, 尽最大能力地去寻找最合适路径, 以满足各种不同业务流的传输要求。

参考文献

- [1] 李云, 赵为粮. 无线 Ad Hoc 网络支持 QoS 的研究进展与展望[J]. 软件学报, 2004, 15(12): 1885-1893
- [2] 张品. 网络中 QoS 路由问题的研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2004: 1-2

(下转第 146 页)

现在,我们来度量基于环的注册过程对于存储开销的影响。图7、图8中Ring线给出了20s内基于环的注册过程所需的存储开销(单位为MB),而Perimeter线给出了20s内基于周界的注册过程所需的存储开销(单位为MB),后者也是GHT的工作方式。如图8所示,随着环宽度的增大,Ring线与Perimeter线之间的差距逐渐减少。平均而言,两者的比例为48.67%,它反映了采用基于环的注册方式在存储上的减少程度,比值越小,意味着节省了更多的存储。

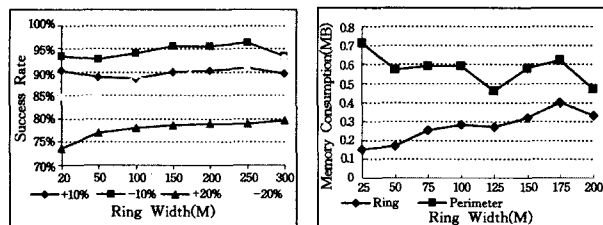


图6 不同的动态情形下的成功率 图7 不同的环宽度下的存储开销

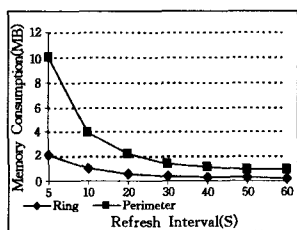


图8 不同刷新间隔下的存储开销

图8表示在不同的刷新闻隔下,基于环以及基于周界的注册和发现机制下的系统存储开销。显而易见,不管哪种方式下,随着刷新闻隔的增大,对应的存储开销均随之减少。同时我们也注意到,相比于基于周界的注册机制,基于环的注册机制所需的存储开销更少。

最后查看在不同的刷新闻隔以及不同的环宽度下,系统的网络负载。如图9所示,随着刷新闻隔的增大,网络负载快速下降。另一方面,从图10中可看到,在不同的环宽度下,相应的网络开销虽有波动,但基本变化不大。

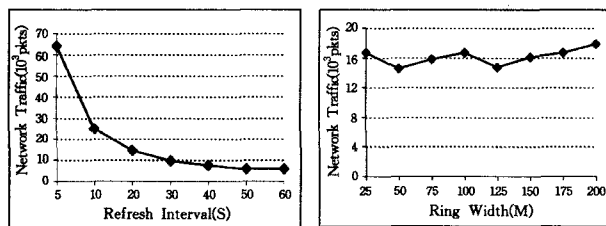


图9 不同刷新闻隔下的网络负载 图10 不同环宽度下的网络负载

结束语 本文设计并实现了无目录服务器 SCN4M-DL,

它能很好地适用于 MANET 环境。本文基于地理路由算法 GOAFR,给出了基于地理圆环的服务注册机制,以及相应的服务发现算法。而且,还给出了服务注销方式以及刷新策略,以更好地适应 MANET 环境的动态性和移动性。

从分布式系统的设计角度看,与底层路由协议的耦合,以及服务刷新策略,使得 SCN4M-DL 相对于运行在一个相对稳定的覆盖层上,而且不需要维护覆盖层所需要的那么多的开销。实验数据也表明,不管是何种运行环境,SCN4M-DL 能在可接受的开销内,获得满意的发现请求成功率。

参考文献

- [1] Chakraborty D, Joshi A, Yesha Y, et al. Toward Distributed Service Discovery in Pervasive Computing Environments[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2006, 5(2)
- [2] Noh D, Shin H. SPIZ: An Effective Service Discovery Protocol for Mobile Ad Hoc Networks[J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2007
- [3] Wen Yuanfeng, Zhang Faen, Jin Beihong. A Novel Distributed Index Approach for Service Discovery in MANET[C]// IC-PADS'08, The 14th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems. Melbourne, Victoria, Australia, December 2008
- [4] Sailhan F, Issarny V. Scalable Service Discovery for MANET [C]// PerCom'05, the 3rd IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2005
- [5] Artail H, Merzad K W, Hamze H. DSDM: A Distributed Service Discovery Model for Manets[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2008, 19(9)
- [6] Ratnasamy S, Karp B, Shenker S, et al. Data-Centric Storage in Sensor networks with GHT, a Geographic Hash Table[J]. Mobile Networks and Applications, 2003, 8(4)
- [7] Karp B, Kung H. GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks [Z]. Mobile Computing and Networking, 2000: 243-254
- [8] Kuhn F, Wattenhofer R, Zollinger A. Worst-case optimal and average-case efficient geometric ad hoc routing[C]// MobiHoc'03. June 2003
- [9] Mullender S J, Vitanyi P M B. Distributed Match-Making[J]. Algorithmic, 1988, 3: 367-391
- [10] Luo Honghui, Barbeau M. Performance Evaluation of Service Discovery Strategies in Ad Hoc Networks[C]// Second Annual Conference on Communication Networks and Services Research (CNSR). 2004
- [11] J-Sim. <http://www.j-sim.org>, 2009

(上接第59页)

- [3] Blake S, Black D, Carlson M, et al. An architecture for differentiated services [OL]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>, Dec. 1998, IETF RFC2475
- [4] 冯杰, 夏尊铨. 基于多目标规划和业务区分的多 QoS 约束路由算法[J]. 大连理工大学学报, 2006, 46(4): 605-610
- [5] 王海涛, 郑少仁, 宋丽华. 移动 ad hoc 网络的体系结构和分簇算法[C]// 第八届全国青年通信学术会议. 绵阳, 2002
- [6] 徐泽水. 不确定多属性决策方法及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004

- [7] Karp B, Kung H. Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks[C]// Proc. 6th Annual ACM/IEEE Int'l. Conf. Mobile Comp. Net. Boston, MA, Aug. 2000: 243-254
- [8] Lee S B, Ahn G S, Zhang X, et al. INSIGNIA: an Ip-based quality of service framework for mobile ad hoc networks[J]. J. Parallel and Distributed Comp, 2000, 60: 374-406
- [9] Chakareski J, Girod B. Rate-distortion optimized packet scheduling and routing for media streaming with path diversity[C]// Proc. Data Compression Conference (DCC). Snowbird, Utah, Mar. 2003: 203-212