

移动 IP/IPv6 中移动检测的研究*

徐霖洲 丘海明

(中山大学电子与通信工程系, 广东 广州 510275)

【内容提要】目前, 移动 IP/IPv6 只适合于宏移动环境, 其主要原因是切换时延过长, 难以保证切换期间原有会话不中断和达到零分组丢失的目标。能否缩小切换时延决定了移动 IP/IPv6 是否适应微移动环境, 而移动检测机制是移动 IP/IPv6 中影响切换时延的一个主要因素。本文就移动 IP/IPv6 中的移动检测机制研究, 提出了数据链路层触发检测以及扩展 IRDP 和 RA 报文的移动检测方案。

【关键词】移动 IP/IPv6 转交地址 CoA 家乡代理 HA

移动 IP/IPv6 切换时延

移动 IP/IPv6 的切换过程如图 1 所示:

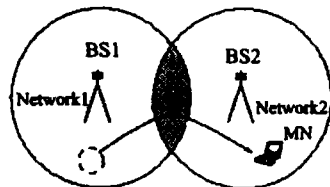


图 1 移动 IP/IPv6 的切换过程

网络 1 和网络 2 定期地发送网络公告信息, 对于 IP 网络, 该信息为 IRDP 报文, 对于 IPv6 网络, 该信息为 RA 报文。移动主机 MN (Mobile Node) 在重叠区域通过检测信号强弱等, 决定切换到 BS2 (这里所说的基站 BS 包含 802.11 的 AP)。MN 断开与 BS1 的连接同时与 BS2 建立连接, 从而无法收到原来网络 1 的公告信息而收到了网络 2 的公告信息。经过一段时间 (在此期间, MN 获取了 CoA (Care-of-address) 等网络信息), 原来网络 1 的公告过期, MN 认为网络 1 不可达, 向 HA 注册新的 CoA, 在 IPv6 的路由优化情况下, MN 还会向 CN 注册新的 CoA。直到注册被确认之前, MN 无法正常收发数据。^{[1][2]}

• 收稿日期: 2003-10-15

值得注意的是，大多数无线网络在同一时刻，MN 只会和一个 BS 建立连接，并通过该 BS 收发信息。因此，在 MN 与 BS2 建立连接前，即使 MN 位于 BS1 和 BS2 的重叠区域，MN 是无法收到 BS2 的网络公告的。

从 MN 断开 BS1 的连接到收到注册确认，称为切换时延。从 MN 断开 BS1 的连接到 MN 发出注册信息这段时间称为移动检测时延，从发出注册信息到收到注册确认的时延称为注册时延。移动检测时延和注册时延为影响切换时延的两大因素，根据网络结构的不同，两者对切换时延的影响也不同，当 MN 离家乡代理 HA (Home Agent) 较近时，移动检测时延占切换时延的较大比例。

移动检测所造成的切换时延

移动 IP/IPv6 中规定，IRDP/RA 报文在每隔一段时间 t 发送，其中 t 在 $[R_{min}, R_{max}]$ 区间随机取值；当 MN 经过时间 T (T 在 MN 中可设置，一般情况下， $T > t$) 没有收到原来网络的 IRDP/RA 报文时，它认为原来网络不可达，若 MN 以发现其他网络，它将马上启动注册过程，如图 2 所示

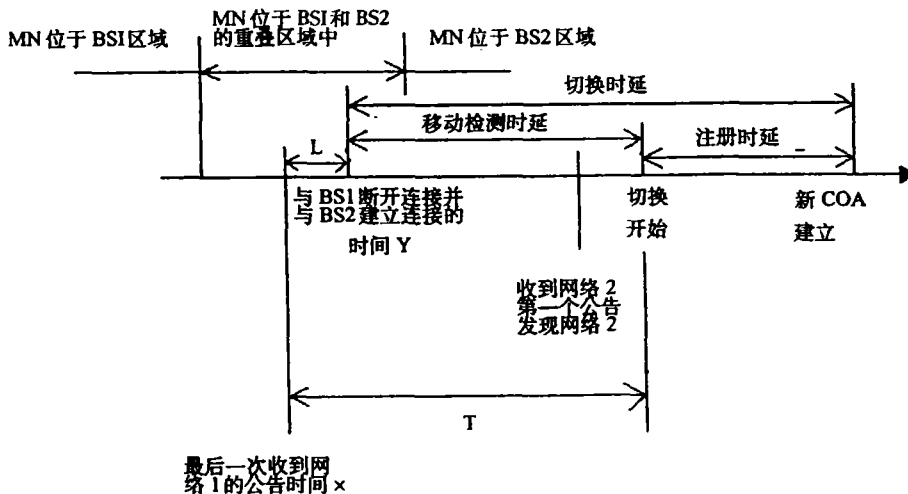


图 2 移动检测时延

由图 2 可知，移动检测时延为： $D = T - L$ (1)

当 T 确定后，即使增加 IRDP/RA 报文的发送频率，也无助于减少 D ；反而会使 L 减少，

D 增大。参考文献^[3]，可以得到：

$$\bar{L} = \frac{R_{max}^3 - R_{min}^3}{3(R_{max}^2 - R_{min}^2)} \quad (2)$$

当 T 取值太接近 $\bar{t} = \frac{1}{2}(R_{\max} + R_{\min})$ 时, 丢包等情况导致 MN 误以为原网络不可达, 频繁发送请求消息尝试获知现处网段, 这将极大地浪费移动设备的电源。一般来说, 取:

$$T = 3\bar{t} = \frac{3}{2}(R_{\max} + R_{\min}) \quad (3)$$

代入 (1) 得:

$$D = \frac{7}{6}(R_{\max} + R_{\min}) + \frac{(R_{\max}R_{\min})}{3(R_{\max} + R_{\min})} \quad (4)$$

在引入移动 IP/IPv6 前, IDRP/RA 报文的发送间隔至少取值 [3, 5] 秒, 因此, D 至少在 10 秒左右, 这显然难以实现平滑切换。考虑到带宽等因素, IDRP/RA 报文的发送间隔不可能无限减少。现时, 移动 IP/IPv6 中, 建议减少 [Rmin, Rmax] 至 [0.03, 0.07]。一个 RA 报文大小约有 700—800 bit 甚至更大, 因而, 至少占去了 14 到 15 kbps 的带宽。即便如此, 检测时延也达到 120 ms 以上。而要达到语音等实时数据不中断, 整个切换时延应在 30ms 以内完成。可见, 目前的移动检测方法无法保证通信过程中的无缝切换。

移动检测的改善方案

针对移动检测的时延, 有人提出 ECS 的移动检测机制, 即 MN 一旦收到新网段的 IRDP/RA 报文, 不管原网段的 IRDP/RA 报文是否过期, 就马上启动注册过程。这样做虽然可使移动检测时延减少至, 根据上面的取值, 即 50 ms 左右。但当 MN 位于 Multihome 的网络环境时, MN 轮流收到不同路由器发来的 IRDP/RA 报文, 尽管 MN 没有移动, 但却会不停地切换和注册“新”的 CoA。而且, 切换时延除了移动检测时延外还包括注册时延, 因此, 要在 30ms 左右完成切换, ECS 还有一定差距。

一、数据链路层信息触发路由公告请求

1. 当 MN 从 BS1 切换到 BS2, 都产生链路层断开 LD (Link down) 和链路层建立连接 LU (Link Up) 消息。在没有 LD 和 LU 消息的情况下, MN 按原来的移动检测方案;

2. 一个 MN 在软切换等环境下可能同时存在多个 Link (链路层连接), LD 消息清空 MN 从该 Link 学得的所有 CoA; LU 消息触发 MN 发出路由公告请求, 以获取 CoA;

3. 当现时使用的 CoA 要被清空, MN 使用其他 Link 的 CoA 注册 (如果存在多个 Link) 或注册第一个学得的 CoA。当然, 如果学得的 IRDP/RA 报文就是原来使用的, 当然无须再注册。

采用该方案不仅可以大大减少检测时延外, 还无须频繁地发送路由公告, 节省了带宽。图 3 为测试的实验拓扑, 采用的是 KAME 的移动 IPv6 方案, MN 从网络 A 切换到网络 B, RA 报文平均发送间隔取 3—5 秒 (目前 RA 报文发送的最短间隔)^{[4][5]}, T 取 8 秒, 10 次测量后, 得切换时延 (含注册时延) 平均值 8.35 秒。采用新方案后, 平均切换时延缩短至 1.88 秒。从结果可以看出, 新方案缩短了移动检测时延, 尤其是在 RA 报文发送间隔较大时。

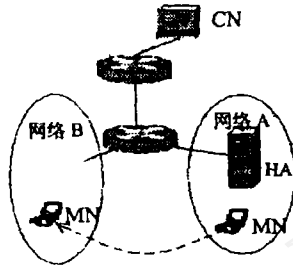


图 3 移动 IPv6 移动检测时延实验测试拓扑

二、扩展 IRDP/RA 报文

即使是使用了链路层触发的方案，在硬切换等环境下，MN 无法同时建立多个 Link。在发出路由公告请求后仍需等待应答，造成时延。归根就底，就是 MN 在 BS1 中无法预先得知 BS2 所处的网段等注册必须的信息。

不论是哪类无线网络，MN 总是依靠 BS 的导引信号 (beacon signal) 的强弱等来判断是否切换和如何切换，可以在该信号中加入 BS 所属网段信息。这样，MN 一旦完成链路层的切换，就可马上进行注册，从而使移动检测时延也就是链路层的切换时延 (一般在 10ms 以内)，但该做法需要修改现时各种无线网络信号的标准，牵涉到兼容性等多方面的问题，因此不作讨论。

本文建议可以扩展 IRDP/RA 报文，增加一种选项 (Option) 的方法达到同样效果。如图 1 所示，BS1 发出的 IRDP/RA 报文中，包含一种 Option，其内容为 BS2 等信息 (包括是什么网络、使用哪些信道等) 及其所处网段等。如果存在多个 BS 与 BS1 相邻，一个 IRDP/RA 报文中可以携带多个这样的 Option。至于不支持该 Option 的设备只要简单忽略这些 Option 就可以了，不存在兼容性问题。

MN 为此维护一张临时表单，表单内容的有效期等于 IRDP/RA 的有效期。LU 消息触发查找该临时表单，如果找到对应的记录，则无须等候应答就可以直接切换，从而使切换时间进一步缩短。

结论

本文评估了目前移动 IPv6 的移动检测机制所造成的移动检测时延，并就此提出了结合数据链路层信息作检测和扩展 IRDP/RA 两种改进方案，其中针对第一种方案作了专门测试，并证明了其优越性。

参考文献：

- [1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko. Mobility Support in IPv6. draft-ietf-mobileip-ipv6-24. txt. June 30, 2003
- [2] C. Perkins, Ed. IP Mobility Support for IPv4. Request for Comments: 3344. August 2002
- [3] 庄宏成. 无线移动 IP 关键技术的研究. 中山大学博士学位论文. 2002 年 4 月

- [4] S. Deering, R. Hinden. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. Request for Comments: 2460. December 1998
- [5] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson. Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6). Request for Comments: 2461. December 1998

The Research of Movement Detection of Mobile IP/IPv6

Xu Linzhou Qiu Haiming

*(Department of Electronics and Communication Engineering,
Sun Yat-sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)*

[Abstract] The mobile IP/IPv6 is only suit for the "macro" movement at present. Because of its switching delay, it cannot ensure retaining the sessions and dropping no packet during the switching. How to reduce the switching delay is the most important for mobile IP/IPv6 in "micro" movement environment. Movement Detection is one of main factors of the switching delay, and the paper will propose that extending the IRDP or RA packet and associating data link layer to perform movement detection help to reduce the switching delay.

[Key words] Mobile IP/IPv6, care-of-address (CoA), home agent (HA)