

## 第五讲 mobile IP 基本知识

# 移动计算与mobile IP



□ IP与Internet简单回顾

□ 移动概念及需求

□ mobile IP概述

○ 相关术语

○ 服务与过程

□ Mobile IPv4

○ 代理发现

○ 注册

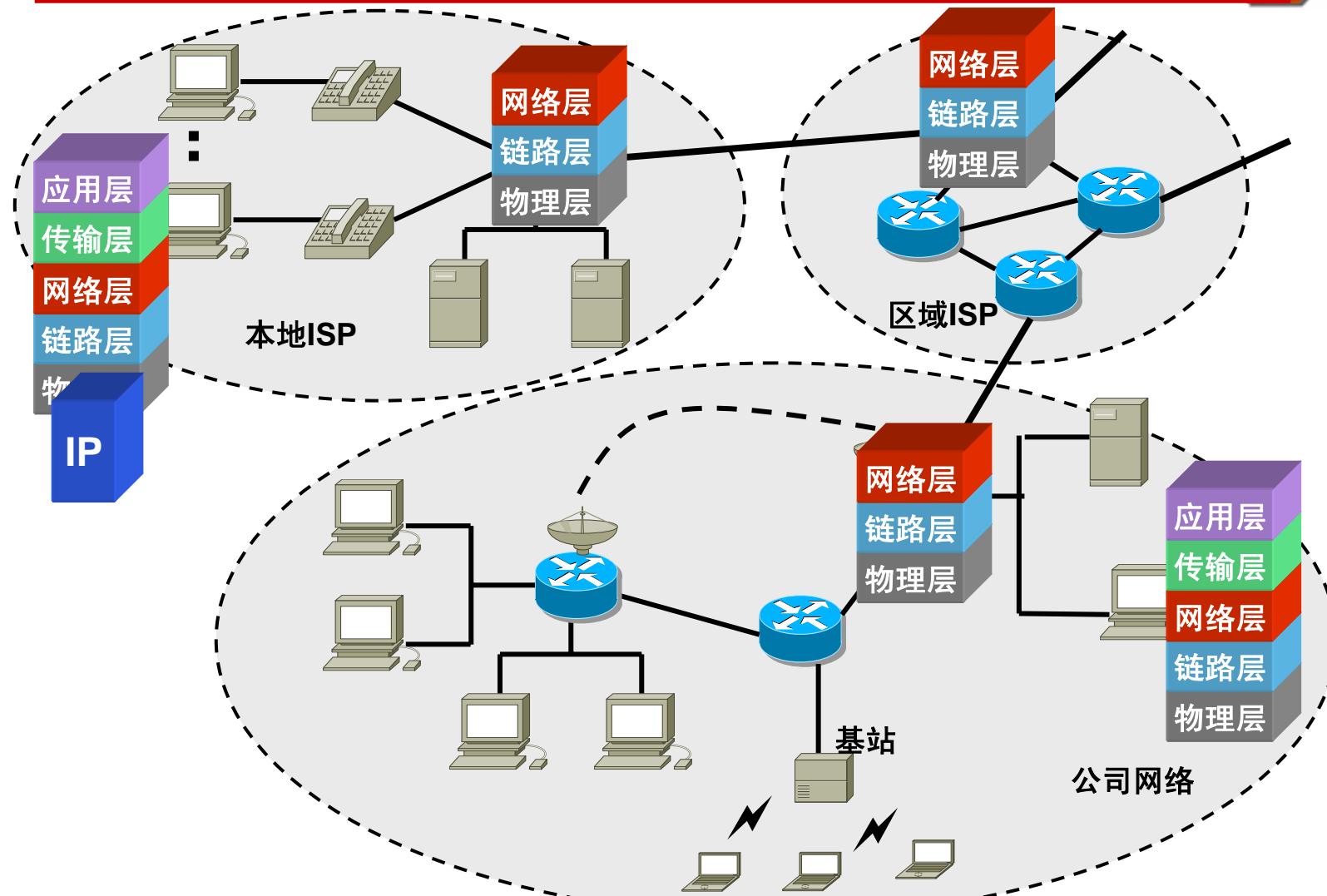
○ 隧道转发

□ 熟练掌握移动IP基本概念  
□ 熟练掌握mobile IPv4基本机制

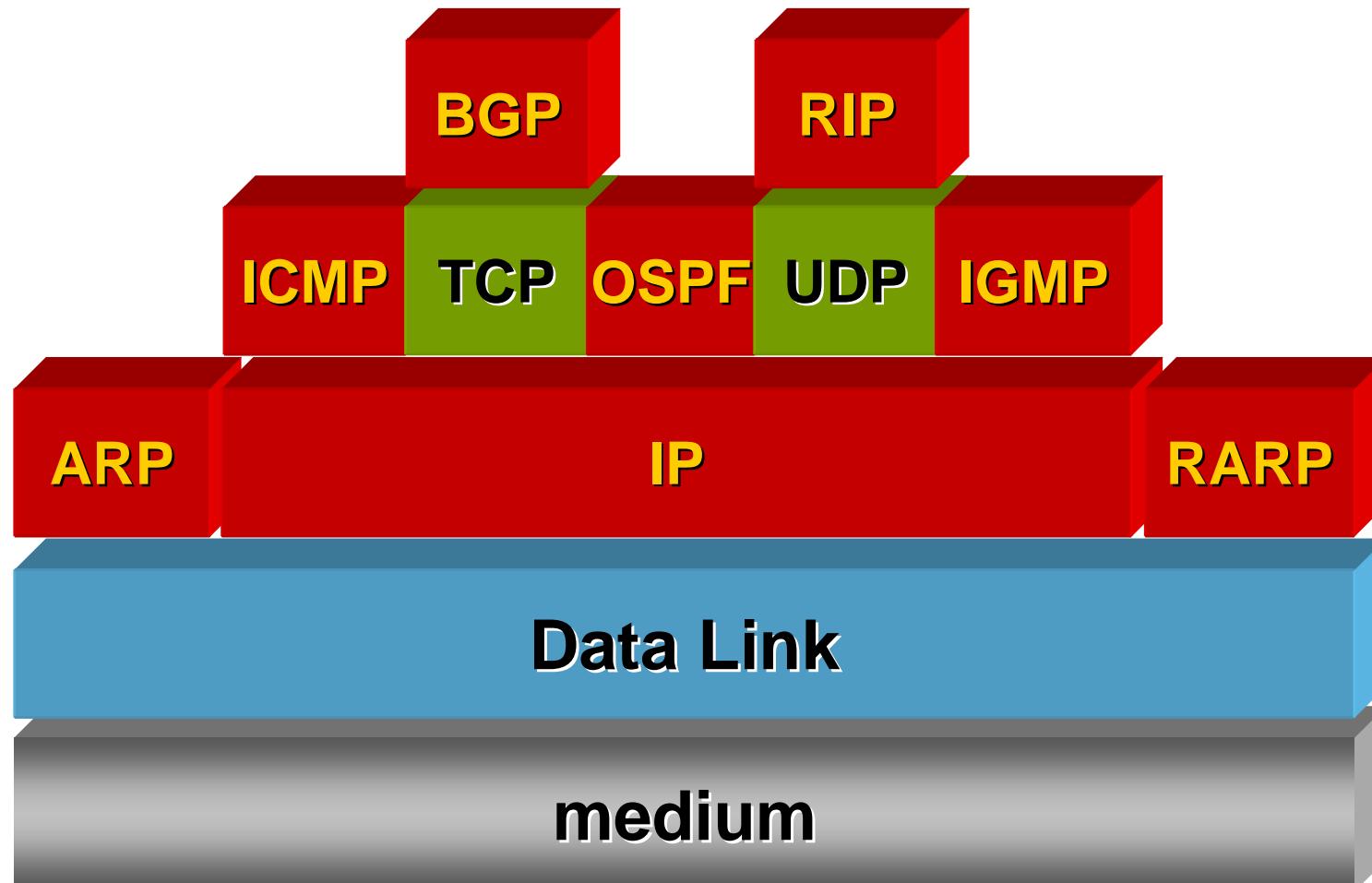
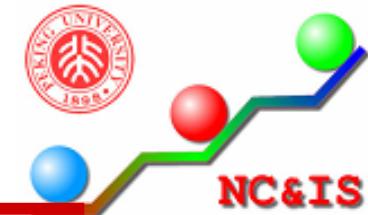
# IP 与 Internet 简单回顾



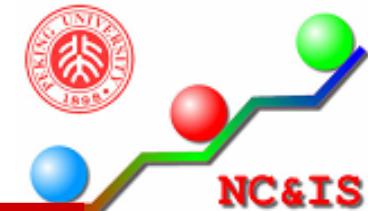
NC&IS



# 网络层的协议子集

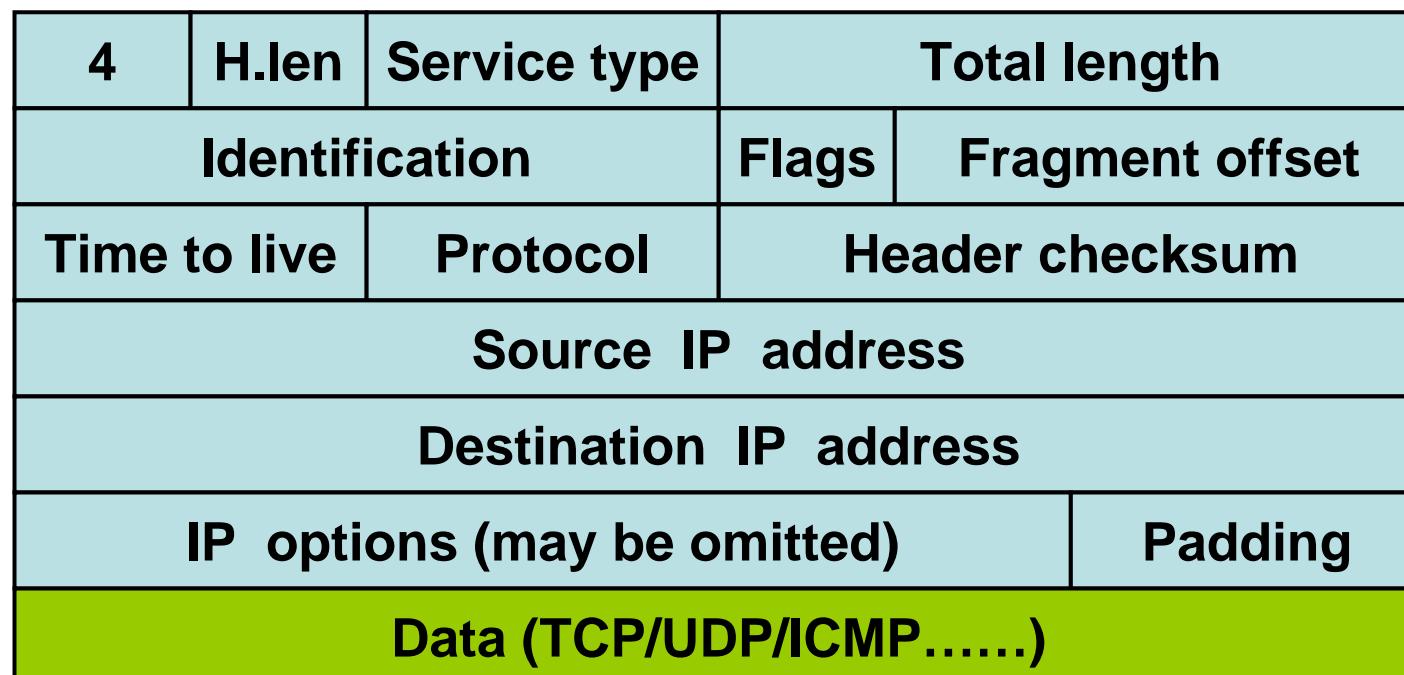


# Internet protocol (IP)



RFC791

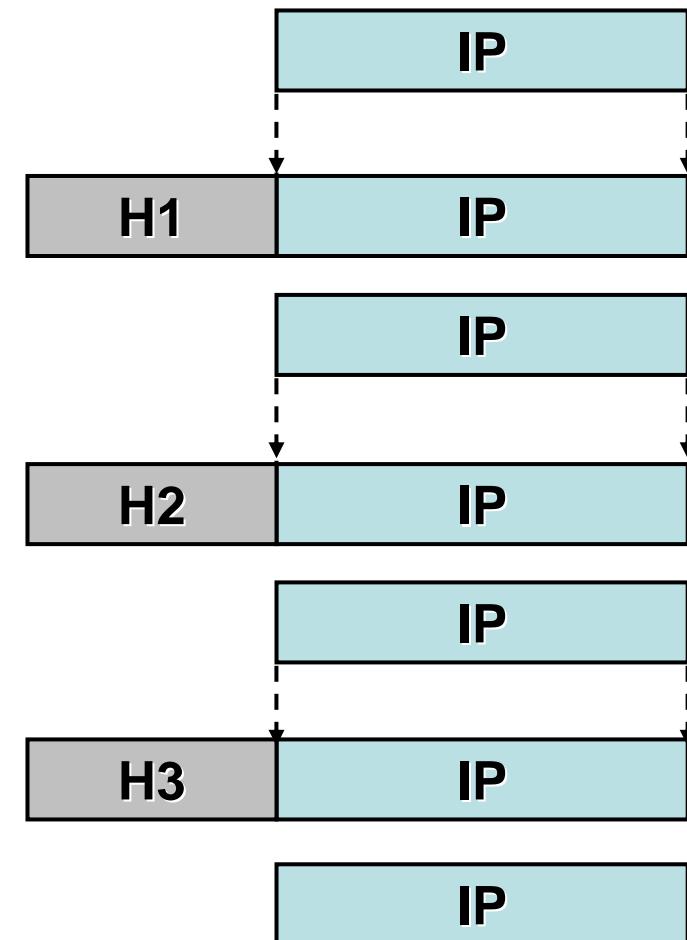
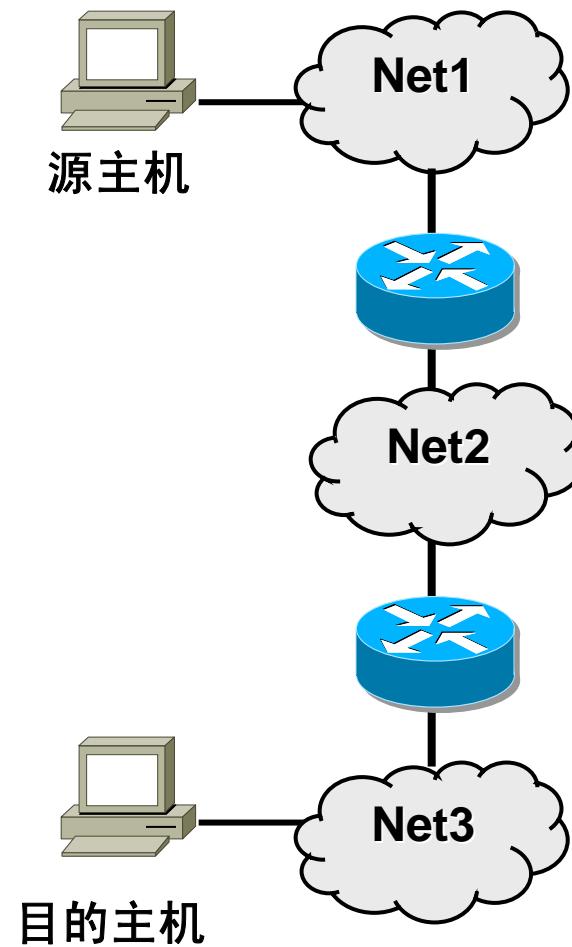
- IP协议是Internet的核心
  - 提供不可靠的无连接服务（best effort）
  - 使用32位的唯一数值标识网络中的主机



# IP封装、分段和重组



将二进制数据报装进一个帧的数据区，网络硬件像对待普通帧一样对待包含着数据报的数据报的帧。

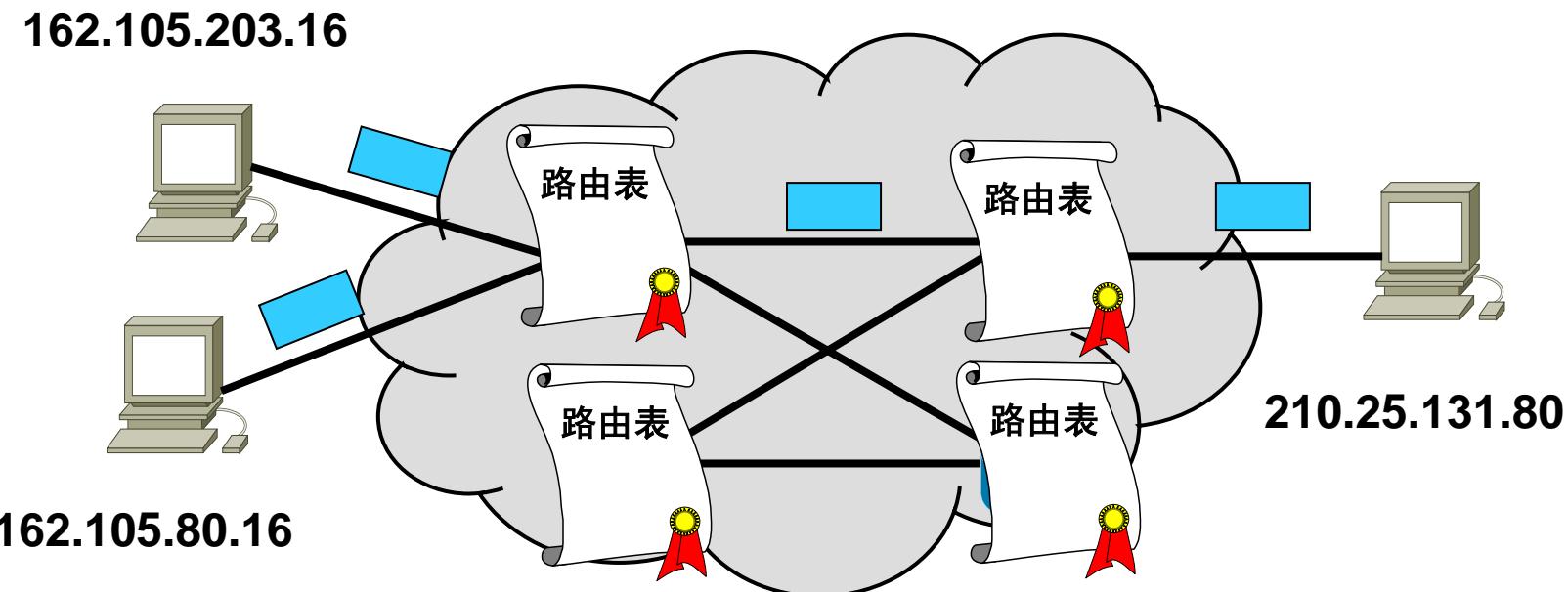


# IP数据报的投递

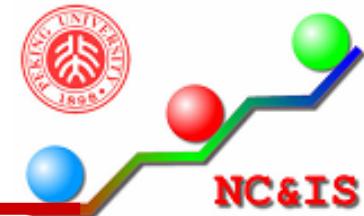


□ 直接投递：指在一个物理网络上，数据报从一台机器直接传送到另一台机器。

□ 间接投递：发送方必须标识把数据报发送出去的路由器；这个路由器把数据报转发到目的网络。



# ARP协议

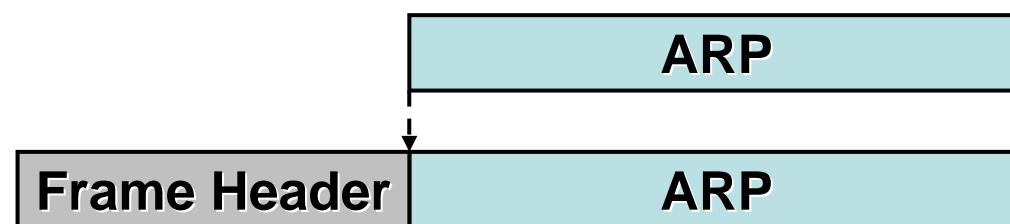


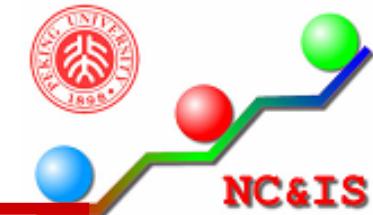
RFC826

- 直接投递是间接投递的最后一跳
- 需要地址解析协议
  - 封装成帧时必须知道接收主机的硬件地址
- ARP (*address resolution protocol*)
  - 在局域网中广播ARP request消息
    - ✧ 发送主机的硬件和IP地址
    - ✧ 目的主机的IP地址
  - 被请求的主机单播返回ARP reply消息
    - ✧ 通信双方的硬件地址和软件地址

IP地址为D  
的硬件地址  
是什么？

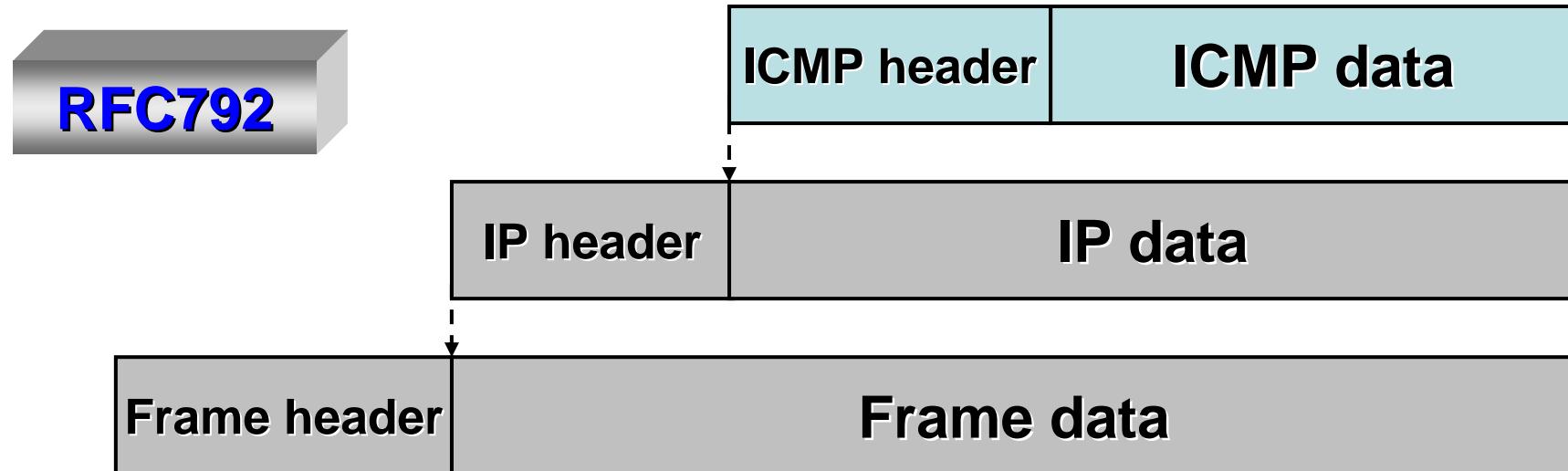
IP地址为D的  
硬件地址是  
**xx.xx.xx.xx.x**  
**x.xx**





## □ ICMP(Internet control message protocol)

- ICMP是IP的一部分；
- ICMP报文封装在一个IP数据报中；
- ICMP报文的最终目的地是处理它的协议软件模块；

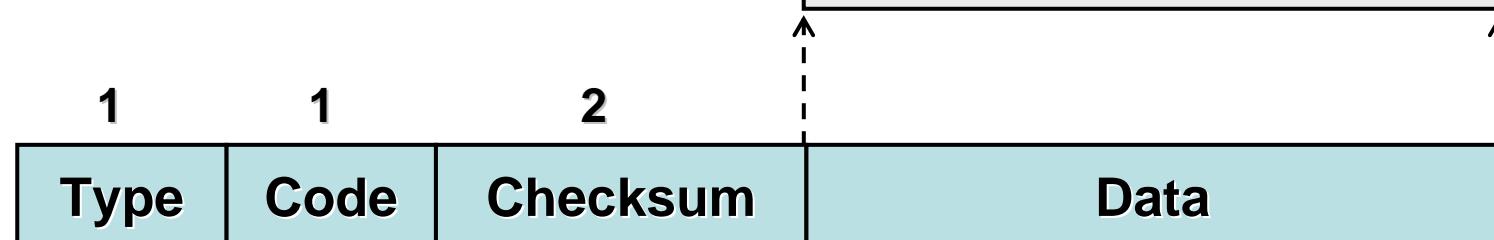


# ICMP协议的功能

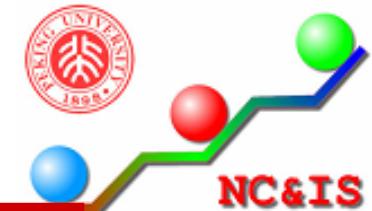


- 检测目的站的可达性与状态
- 目的站不可达报告
- 拥塞和数据流控制
- 改变路由请求
- 检测循环或过长的路由
- 时钟同步和传送时间估计值
- 请求/获得子网地址掩码
- 报告其他问题

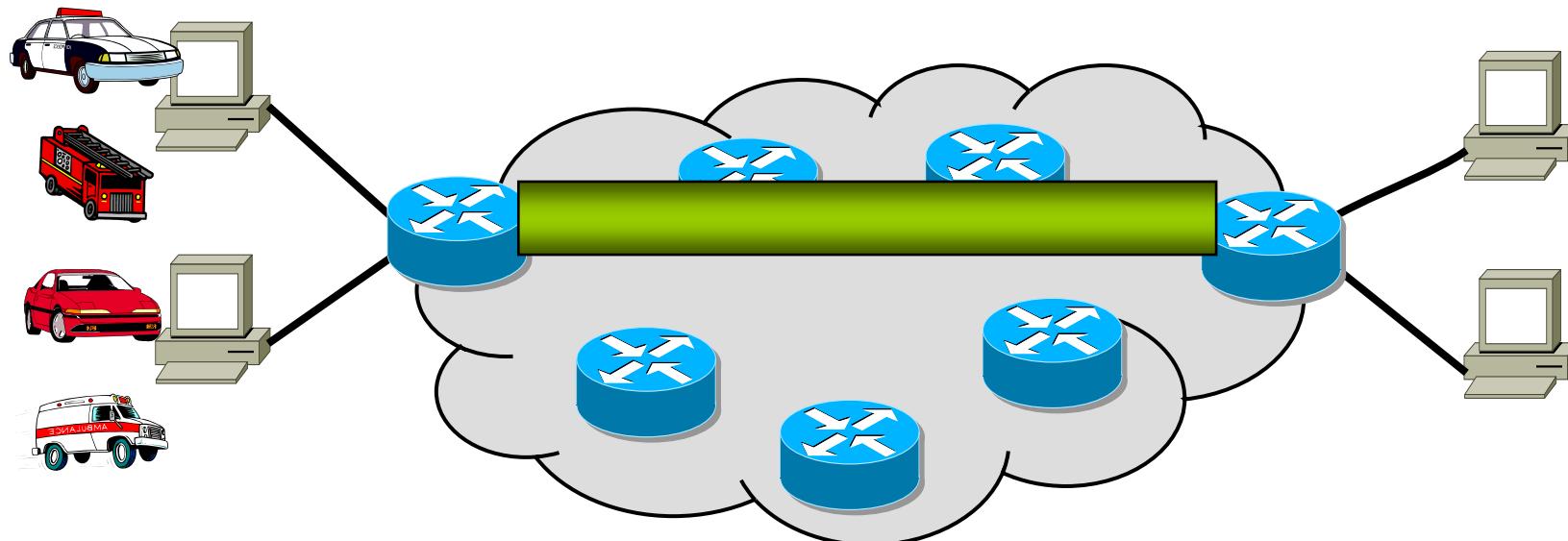
- 差错信息
- 出错IP数据报的头
- 出错IP数据报前64位数据



# IP隧道 (tunnel) 技术



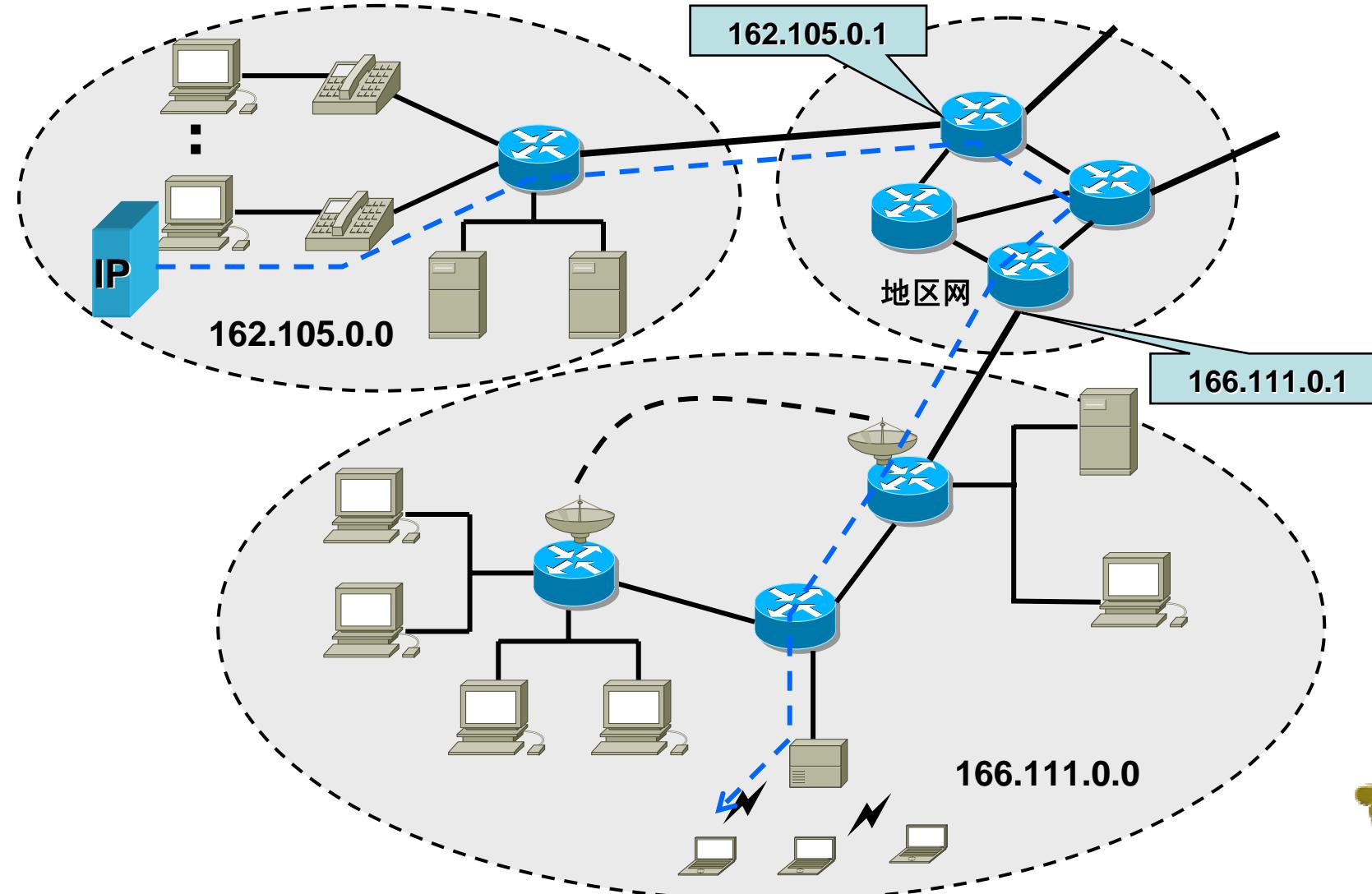
- 在两个端点建立传输数据报的虚拟管道，使所传输的报文不为途径的节点所知。
- 采用封装机制



# Internet的层次结构



NC&IS



# 如何与一位到处旅行的朋友保持联系

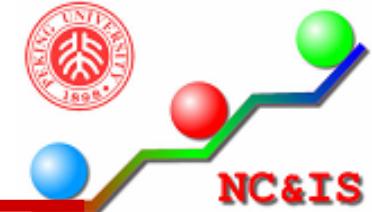


假设你有一位喜欢旅行的朋友，她经常变更地址，那么你如何找到她？

- 翻遍电话号码本？
- 询问她的父母？
- 希望她能随时告知当前位置

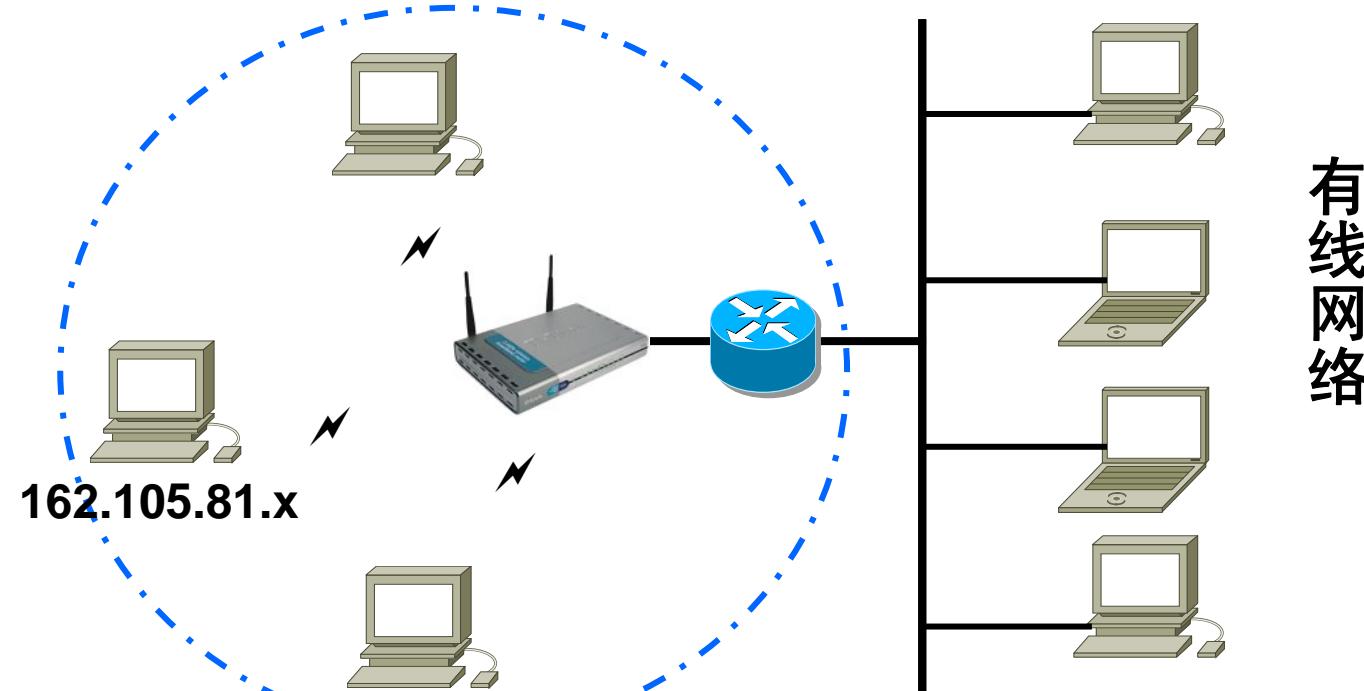


# 场景之一

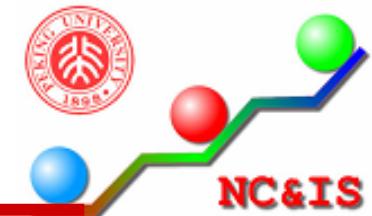


## □ 计算机通过无线上网

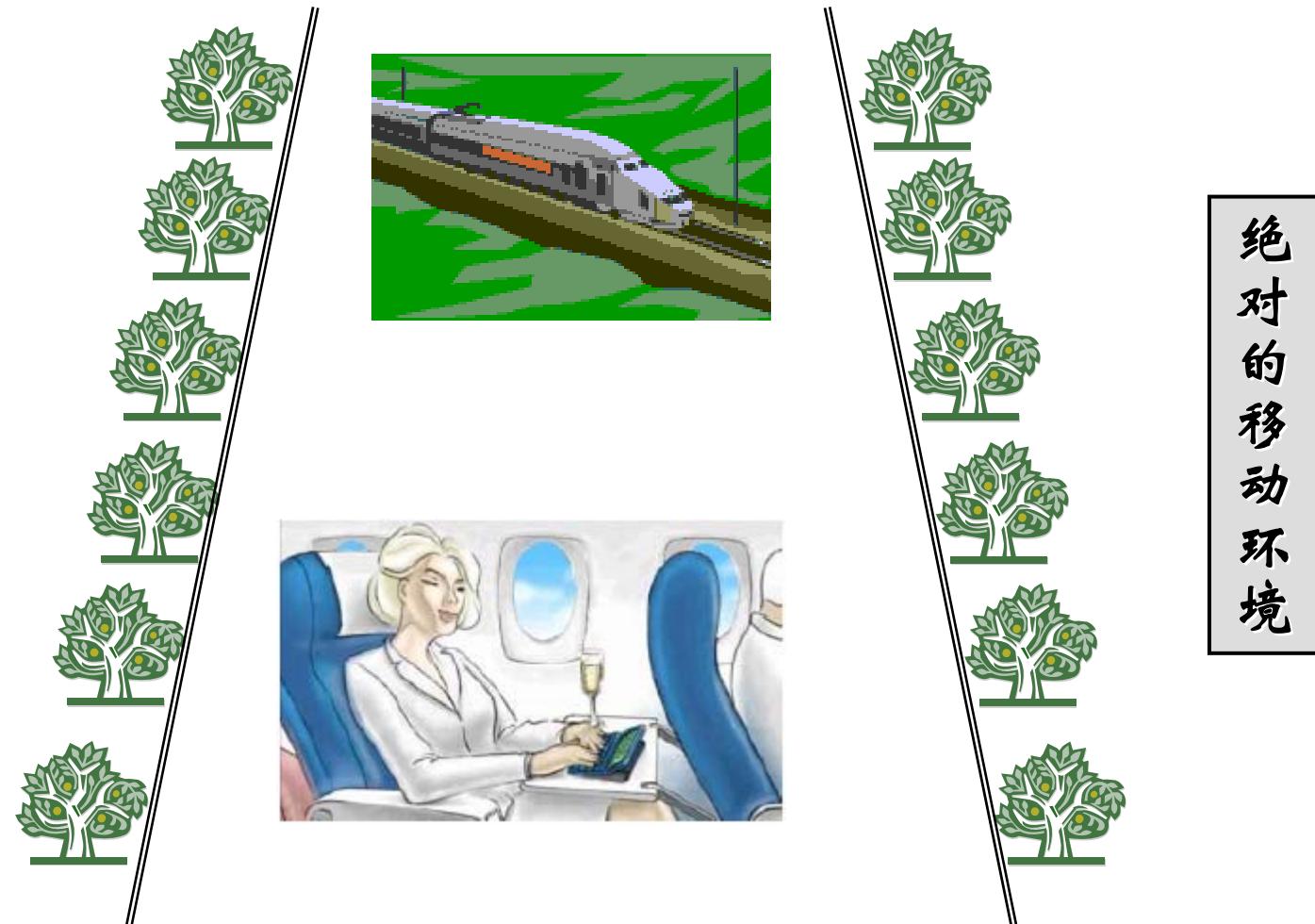
实际上没有移动的概念



## 场景之二



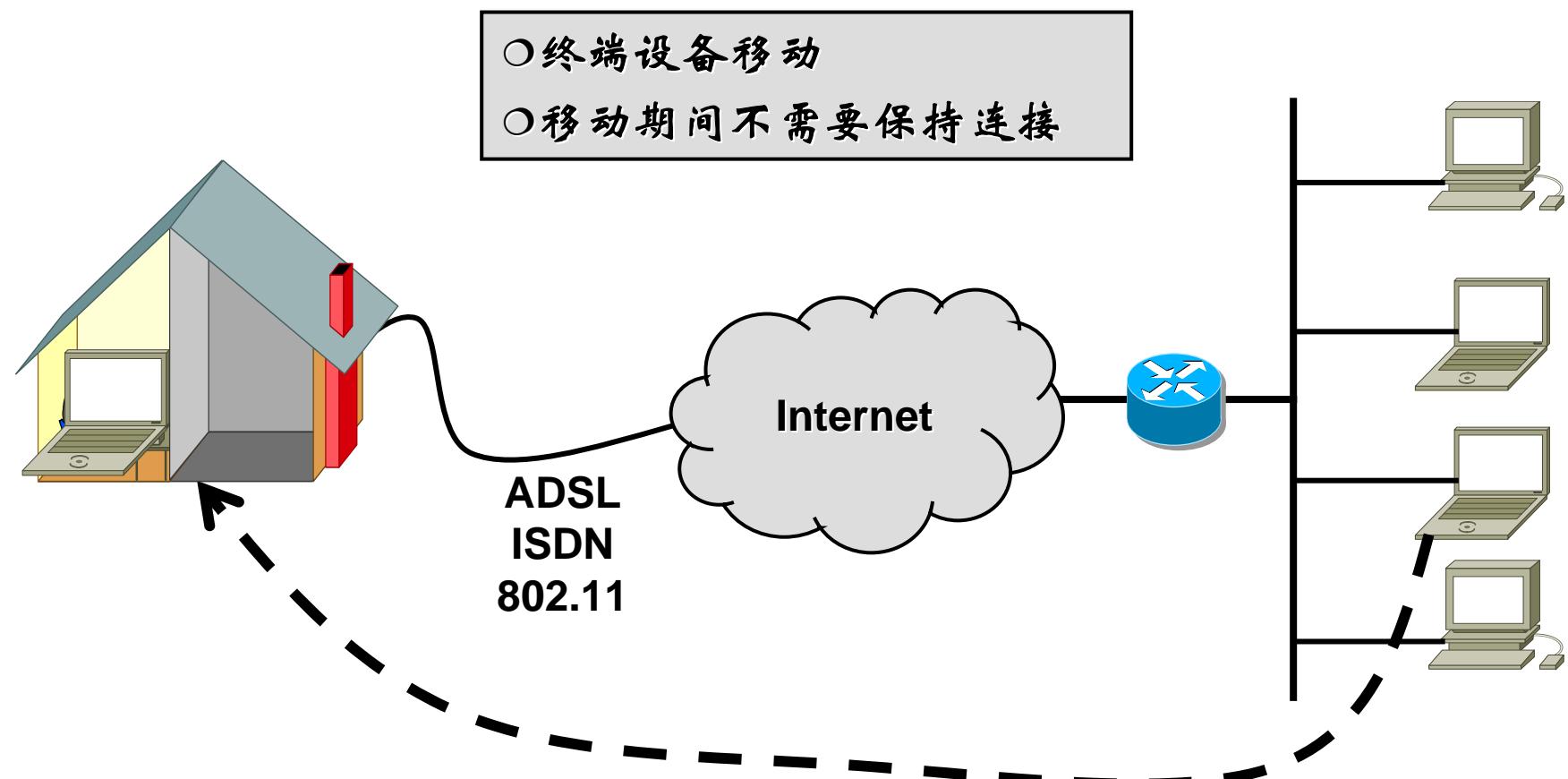
### □ 坐在移动的火车汽车上访问Internet



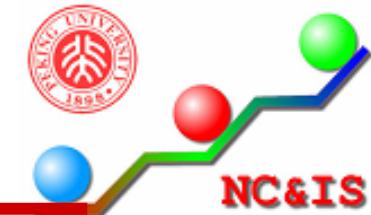
## 场景之三



### □ 将笔记本从办公室移动到宿舍、餐厅、咖啡馆

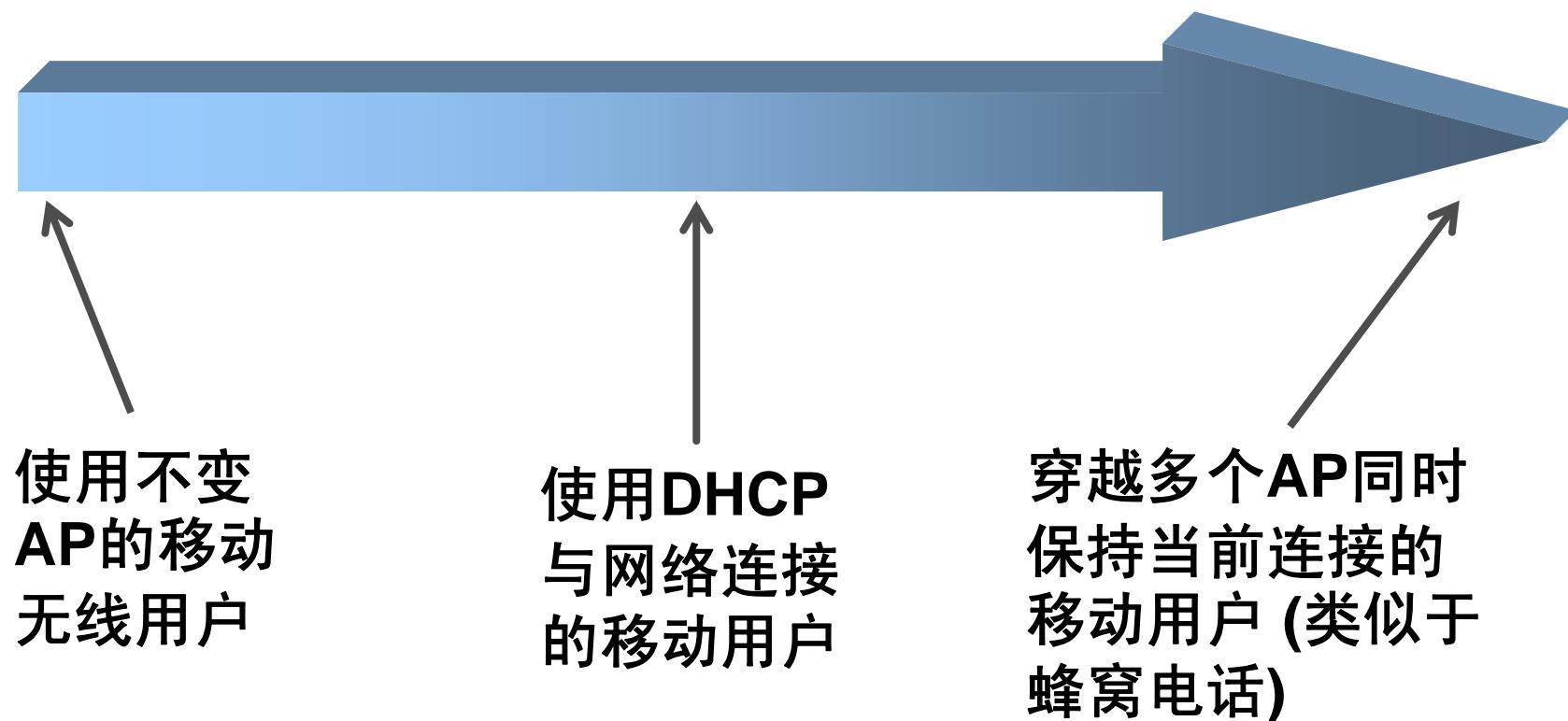


# 从网络的观点看移动性



无移动

移动性



# 移动节点的地址是否重要?



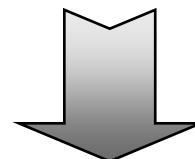
## □ 移动电话系统

- 用户电话号码在穿越多个移动服务网络时保持不变

## □ 网络移动用户?

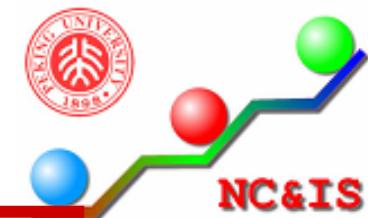
- BMW驾驶员希望在行驶过程中保持与远程应用服务器的TCP连接不中断

- ◆ 网络应用必须知道远程实体的IP地址和端口号
- ◆ 移动实体在移动时保持IP地址不变

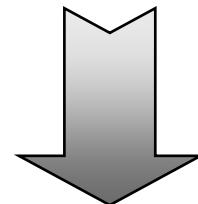


应用程序不必关心移动  
用户是否改变IP地址

# 当移动用户改变工作环境



- 用户仅仅是C/S模式的C端
  - email、http、telnet.....
- 用户没有移动过程中维持高层应用连接的需求



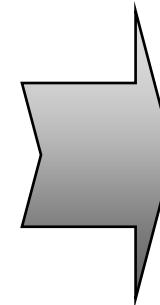
笔记本所用的IP地址并不十分重要

DHCP

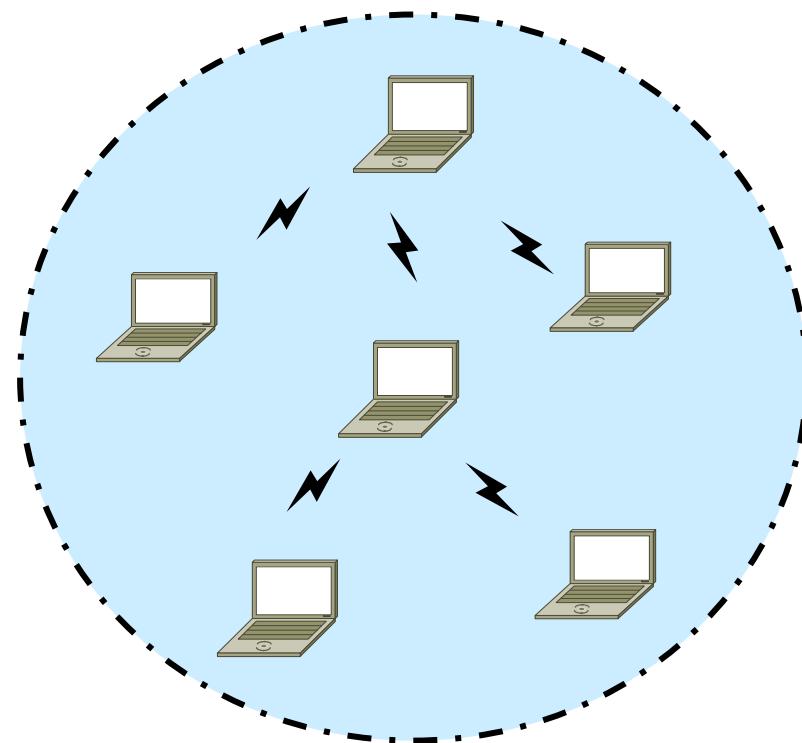
# 可否使用有线网络架构?



- 在一个无线区域漫游的用户
- 高速行驶的BMW
- 转移工作环境的用户



- 办公室的无线接入网络
- 公路两旁无线接入网络
- ISP网络



每个节点都  
可能在移动

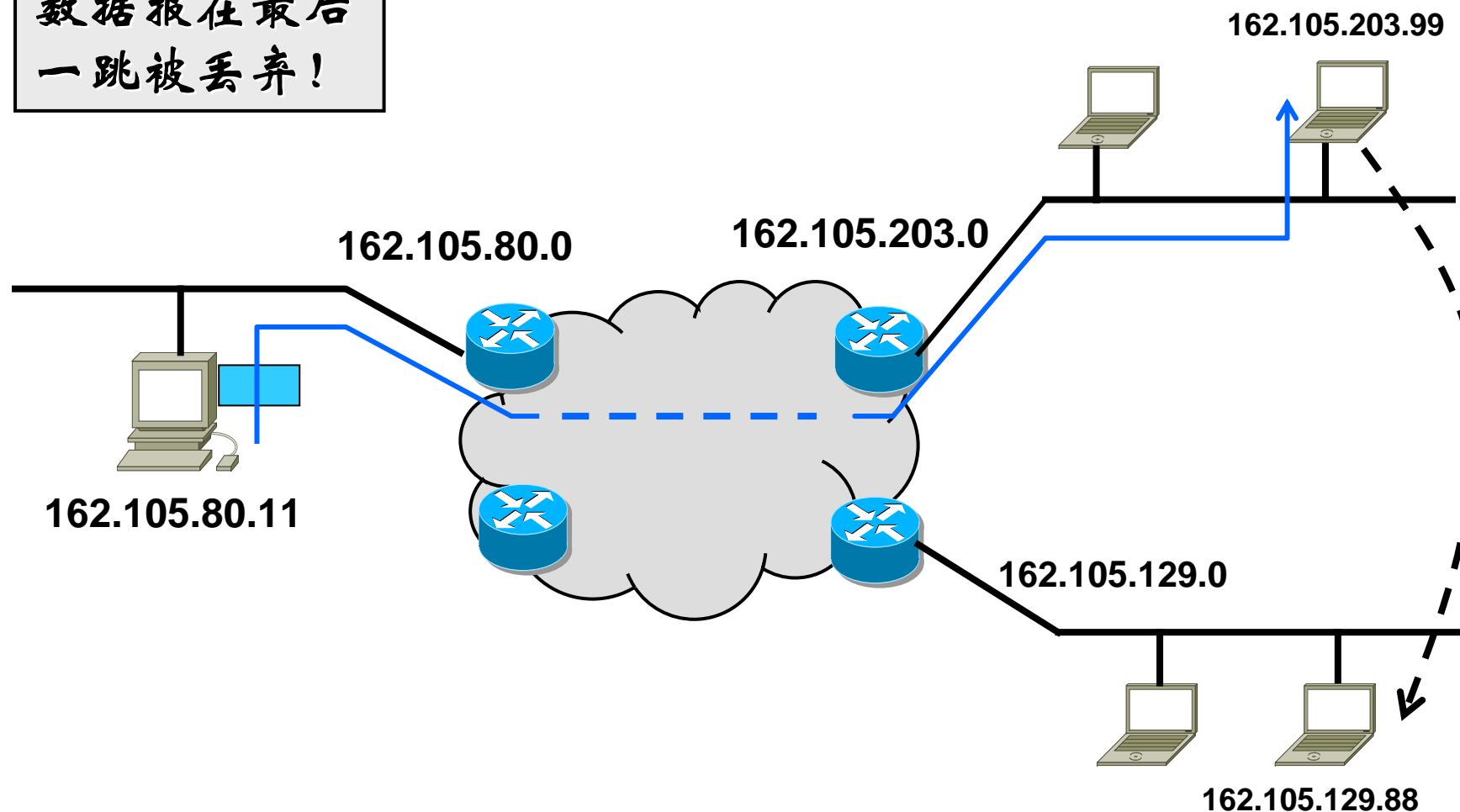


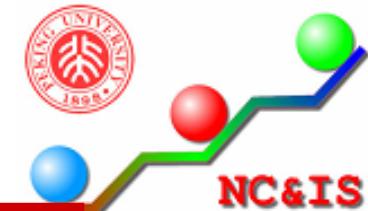
**Ad hoc**

# 如果网格不支持移动



数据报在最后一跳被丢弃！





## □ 支持移动的网络

- 任何时候、任何地点都能提供可靠的Internet访问
- 移动对网络应用和高层协议应该是透明的

## □ 移动需求

- 移动性：越来越多用户要求Internet能支持移动
- 透明性：移动对于IP上层协议来说都是透明的
- 易用：移动应该像移动手机那样便于操作
- 路由：移动应该与所有路由协议兼容并能优化路由
- 安全：移动不应该降低Internet的安全性

# Internet地址级别

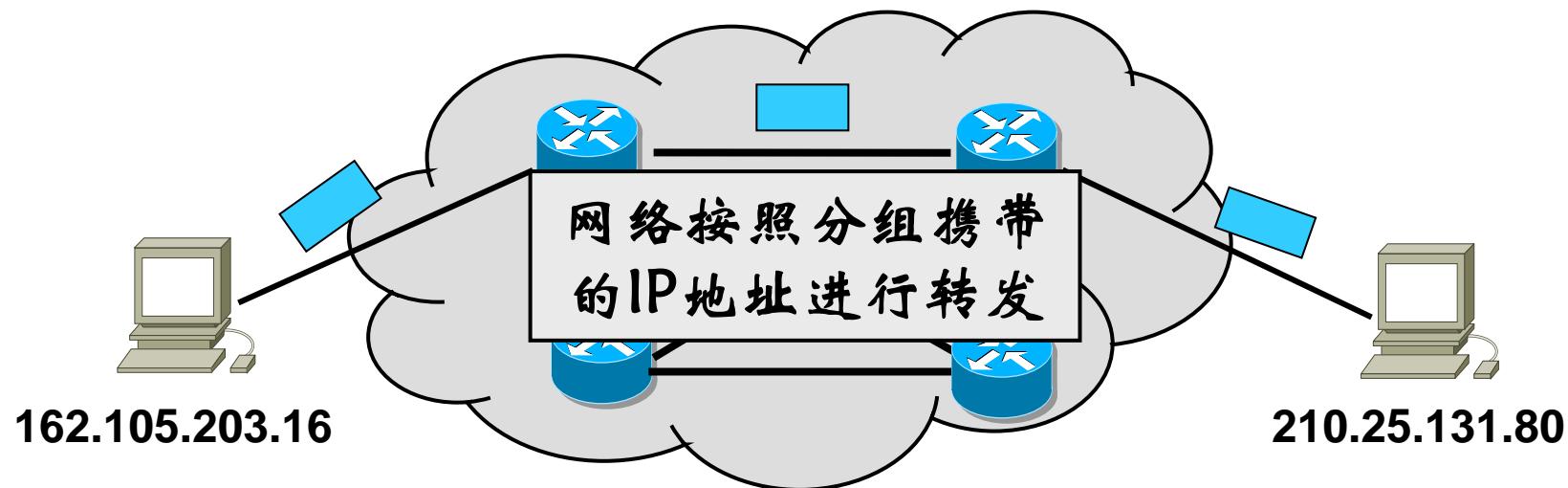


- 域名(DNS address)
- Internet地址(IP address)
- 物理地址(MAC address)

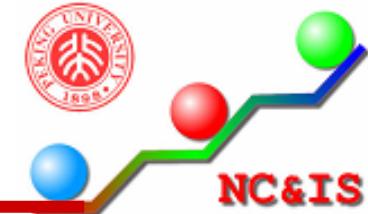
主机位置无关标识  
net.pku.edu.cn

主机的逻辑位置  
162.105.203.25

网卡的硬件地址  
00 a4 24 4a 82 07



# 可否借用DHCP技术？



## □ DHCP (dynamic host configuration protocol)

- 主要用来简化联网计算机的安装和维护
- 允许计算机快速、动态地获取IP地址
- 任何时候，新计算机连到网络就与DHCP服务器联系并申请一个地址。
- 服务器从管理员指定的地址中选择一个地址，并将它分配给该计算机。

RFC2131

“DHCP允许自动配置，但自动配置要受到管理员的控制”

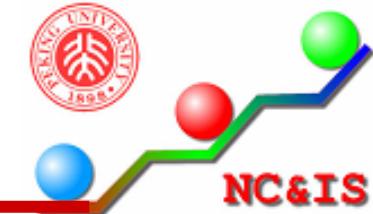
# DHCP的功能



## □ DHCP的功能

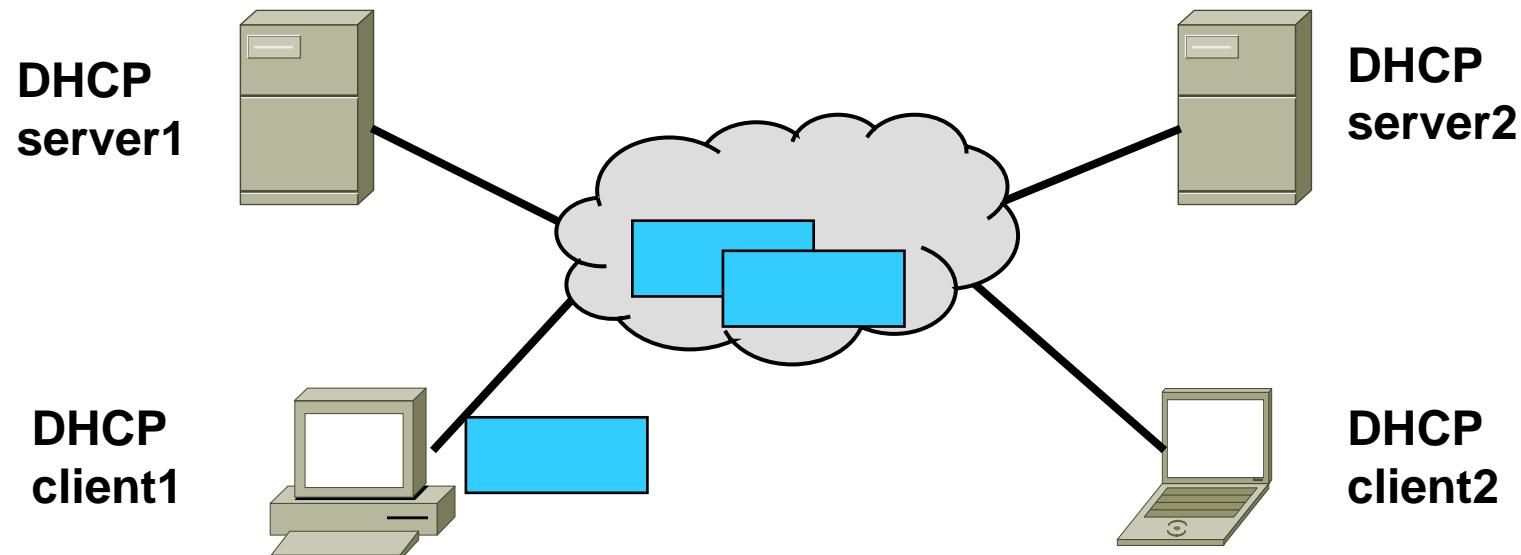
- 计算机上网后通过DHCP获得进入网络所需要的所有信息
  - ✧ 一个全局可路由的IP地址和域名
  - ✧ DNS服务器
  - ✧ 缺省路由器和子网掩码
- 动态地址分配是临时的
  - ✧ DHCP服务器将一个地址分配给一个客户机
  - ✧ 服务器在地址分配时指定了有效的租用期限

# DHCP的工作模式

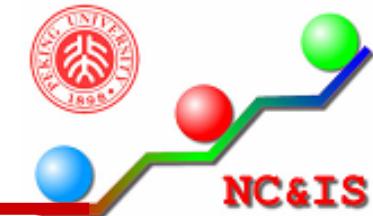


## □ 采用C/S模式

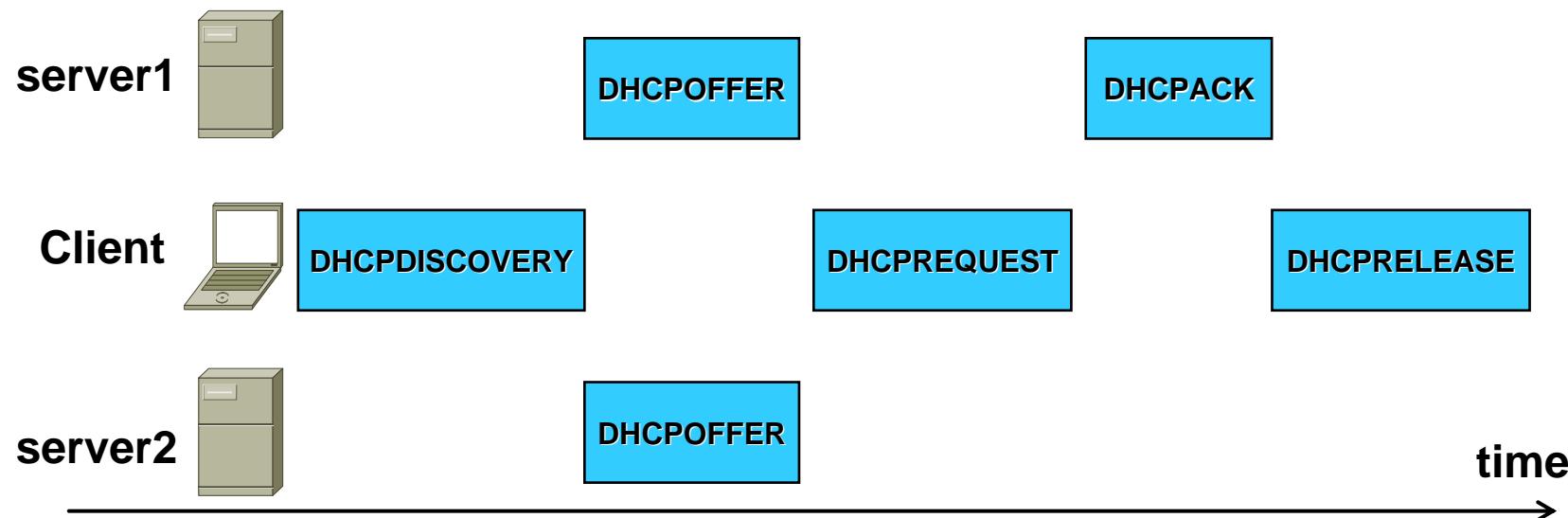
- 主机通过链路层广播发送DHCPDISCOVER请求消息
- 所有DHCP服务器都以DHCPOFFER消息应答
- 需要relay设备中继请求消息



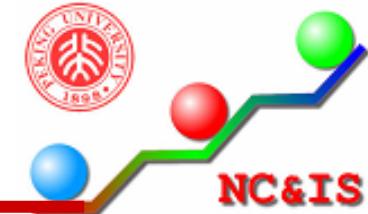
# DHCP的工作过程



- 主机选择某个DHCP服务器和其提供的地址
- 主机通过DHCPREQUEST消息请求所选择的地址或者拒绝其他DHCP服务器
- 主机离开网络时通过DHCPRELEASE消息通知服务器
- 主机使用地址期间需要续订使用时间

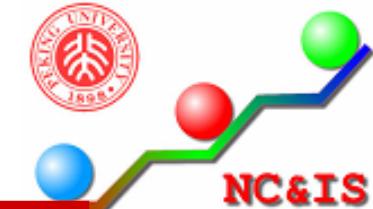


# DHCP的局限性



- DHCP能解决临时上网问题
- DHCP能有效管理IP地址空间
- DHCP不能进行移动管理
  - IP地址的每次改变不为人知！
  - 当移动节点在两个子网之间漫游时，由于其IP地址不断变化，将导致移动节点无法与其他用户通信

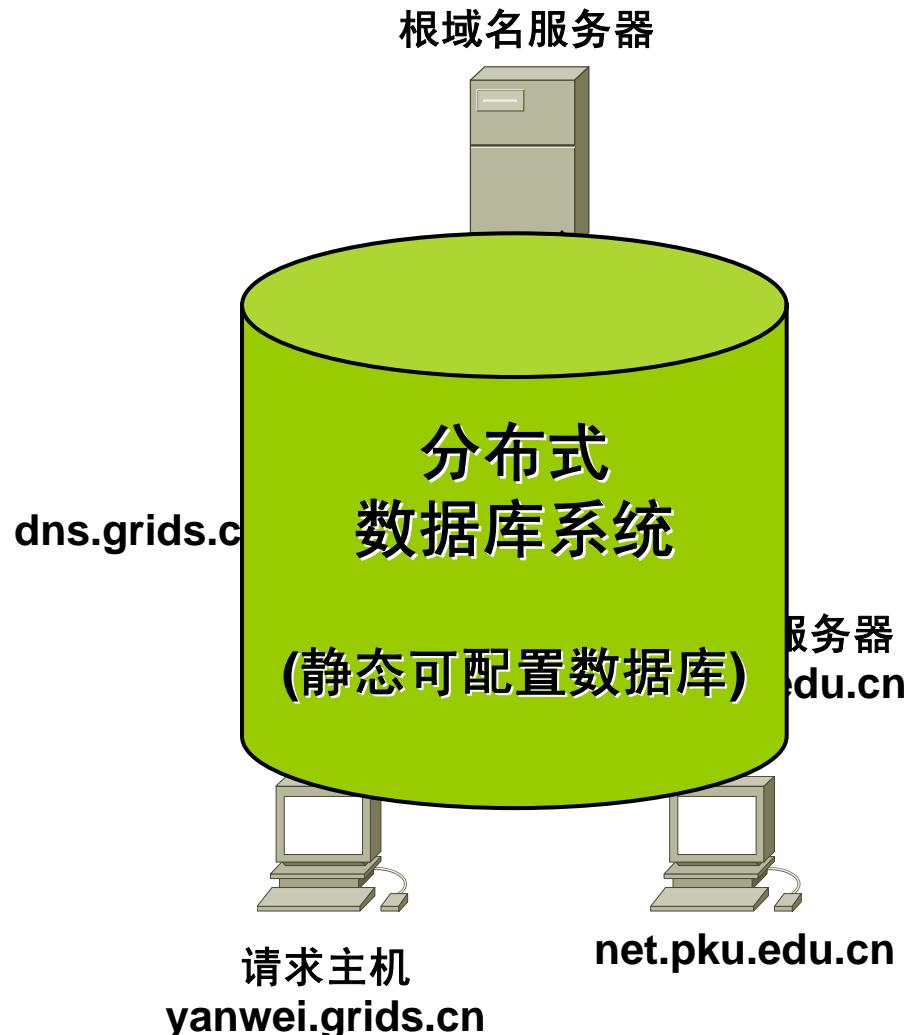
# DNS如何?



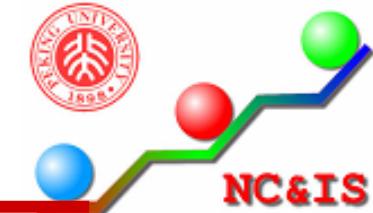
## □ DNS (domain name system)

- 主要用途是将主机名和电子邮件目标地址映射成对应的IP地址
- 是一种层次结构的基于域的命名方案
- 采用分布式数据库系统实现技术

RFC1034  
RFC1035



# 动态DNS如何?



- DDNS (Dynamic DNS )
  - 动态更新DNS的资源记录 (RR)

RFC2136

- 不能解决移动管理
  - 延迟大，不适应频繁移动
  - 当移动的节点数目增多时造成域名系统的不一致  
(一般采用caching技术来改进可扩展性)

# 使用特定主机路由?



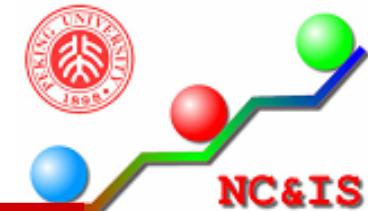
- 路由采用地址最长匹配方法使得特定主机路由在技术上可行
- 但实际不可用
  - 消耗路由器的大量内存（与移动用户的数目成正比）
  - 路由器转发数据报时搜索大量主机地址将消耗计算资源
  - 系统的可扩展性差不能满足大规模网络互联的要求
  - 软件交换路由信息跟不上节点的移动变化

TCP连接：一对Socket

(source IP add, source port, dest IP add, dest port )



# 网络层支持移动性



## □为什么在网络层支持移动性?

- Internet上的每个节点都有网络层
- 网络层负责将分组路由到合适的位置
- 移动性面向整个Internet，改变物理介质对应用透明
- 对全部应用来说是全局解决方案

## □网络层移动的设计目标

- 移动节点在改变接入点之后应能继续与其他节点通信
- 移动节点只要与接入点连接就能用原来的IP地址通信
- 移动节点应该能与不具有移动IP功能的其他节点通信
- 移动节点不应该比其他节点的安全性差



## □ Mobile IP特性

- ✧ Mobile IP具有扩展性、可靠性和安全性；
- ✧ 与传输介质无关，不需要改变移动主机的永久标识；
- ✧ 与现有Internet协议兼容，并能与不具有移动IP的主机进行正常通信；

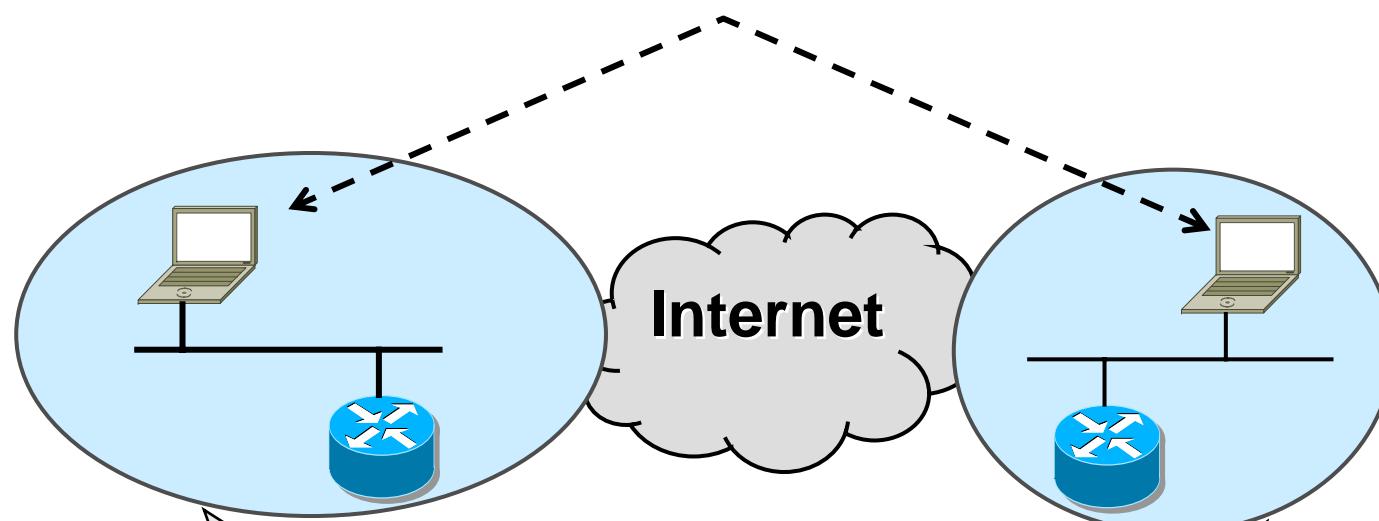
## □ IETF制定相关草案

- RFC2002：定义了Mobile IP协议
- RFC2003/2004/1701：定义了移动IP的三种隧道技术
- RFC2005：定义了Mobile IP的应用
- RFC2006：定义了Mobile IP的管理信息库MIB

# 实体与术语 (1/4)



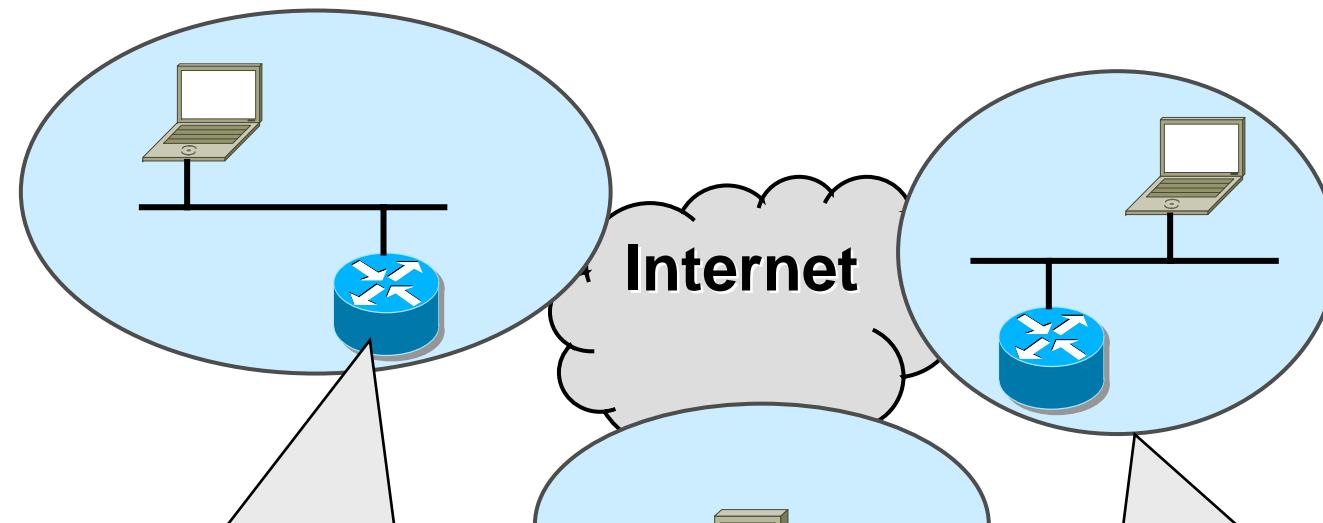
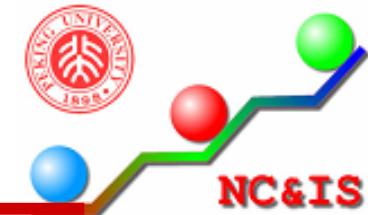
移动节点(MN: mobile node): 从一个网络链路切换到另一个网络。



家乡网络 (home network) :  
MN的永久“家乡”  
(例如: 162.105.203.0/24)

外地网络(foreign network):  
MN当前驻留的网络  
(例如166.111.4.0/24)

# 实体与术语 (2/4)



**家乡代理(HA:home agent):**  
可代表MN(在远程时)执行移  
动功能的实体

**外地代理(HA: foreign  
agent):**MN所访问网络中代表  
移动节点执行移动功能的实体

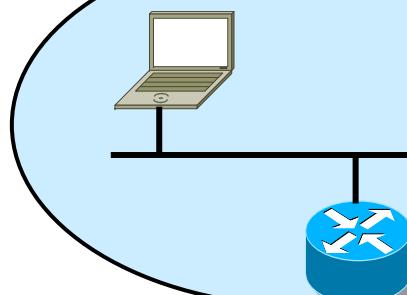
**与MN通信的对等节点  
(CN: correspondent  
node)**

# 实体与术语 (3/4)



**永久地址(Permanent address):** 可用于和MN联系的家乡网络地址

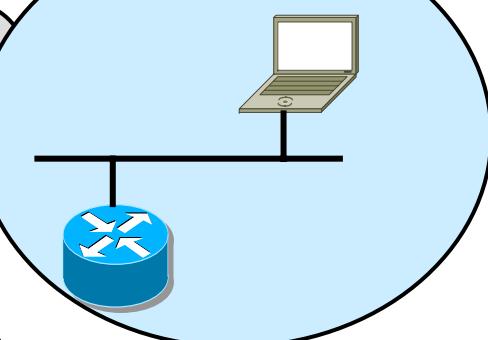
162.105.203.88



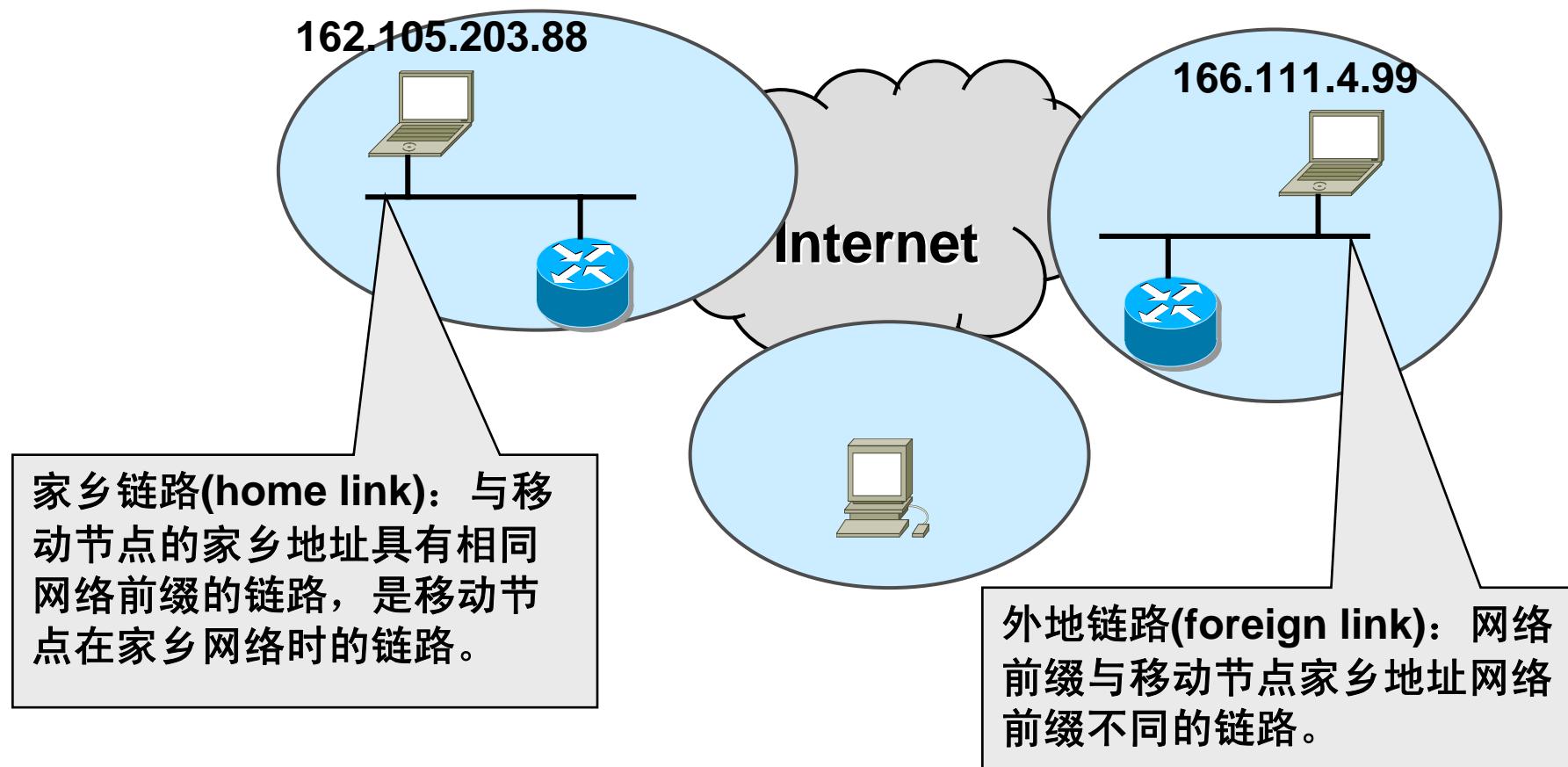
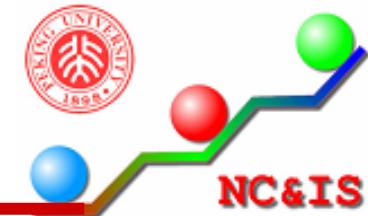
Internet

**转交地址(CoA: Care-of-address):** MN在所访问网络中的地址

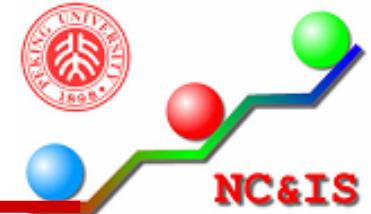
166.111.4.99



# 实体与术语 (4/4)



# 转交地址 (care-of address)



## □ CoA

- 所有给移动节点的数据报通过隧道投递给COA
- COA是隧道的出口

### ○ 共享式CoA

- ✧ 外地代理转交地址，是外地代理的一个IP地址。
- ✧ 外地代理成为隧道的终点

✧ 节约了IPv4地址

### ○ 专用CoA

- ✧ 配置转交地址(Co-located COA)，通过地址分配机制为移动节点分配的IP地址，地址前缀与所访问网络的前缀相同
- ✧ 移动节点是隧道的终点

✧ 不再需要外地代理  
✧ 增加地址需求的负担

# Mobile IP 工作原理



## □ 每个MN有两个IP地址

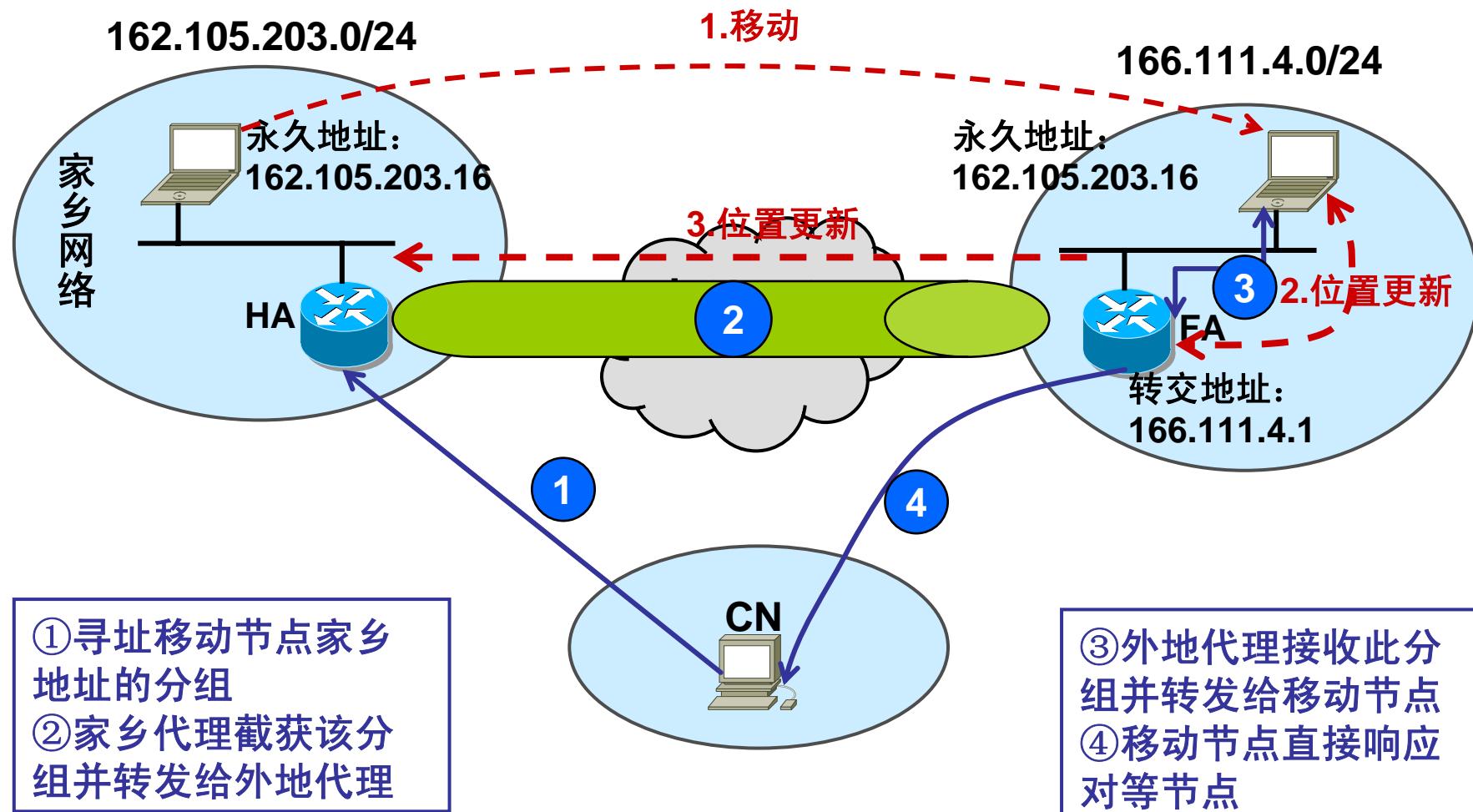
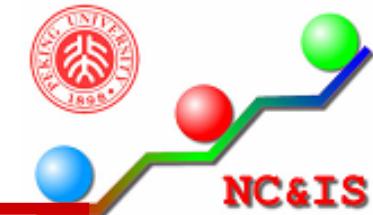
- 一个固定的家乡地址（用来标识该节点）
- 一个可变的转交地址（CoA）（用来转发数据报）

## □ 采用移动代理概念

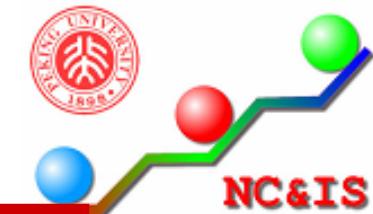
- 家乡代理(HA)截获家乡链路上发送给MN的分组，封装后隧道给MN的注册CoA
- 外地代理(FA)是与MN建立联系的一个路由器。MN必须通过FA向HA更新自己的当前位置

◆ 代理发现 (Agent Discovery)  
◆ 注册 (Registration)  
◆ 隧道转发 (Tunneling)

# Mobile IP概念模式



# Mobile IP的基本操作

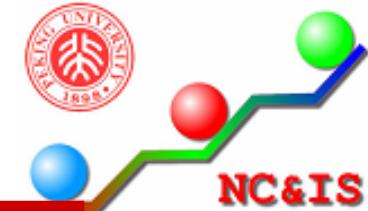


## □通告/代理发现

○ MN通过接收到的agent advertisement确定自己的接入点或者IP地址

- ◆ 确定当前连接的链路
- ◆ 检测是否改变了接入点
- ◆ 如果连接到一个外地网络则获得一个CoA
- ◆ 允许向代理发送agent solicitation请求
- ◆ Agent discovery消息由ICMP报文承载

# Mobile IP的基本操作（续）



## □ 注册转交地址

- MN请求FA为其服务，并向HA报告新COA
  - ✧ 向HA注册和解除注册
  - ✧ Registration消息由UDP报文承载

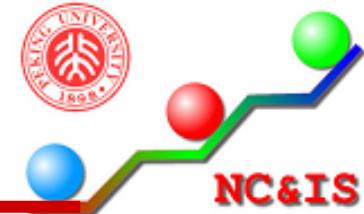
## □ 隧道(完成路由)转发数据报

- 移动IP把数据报隧道给离开家乡网络的MN
- 在隧道的入口点进行封装
- 在隧道的出口点进行拆封

CoA必须是通过常规IP路由可传递数据报的地址



# Mobile IPv4



RFC2002  
RFC3220  
RFC3344

## □ Mobile IPv4定义了三种支持移动的服务

### ○代理发现

- ✧ 访问外地网络时获得临时IP地址（CoA）

### ○注册

- ✧ 用于家乡网络代理跟踪移动节点的当前位置

### ○丢弃

- ✧ 丢弃无需进一步处理的数据报但不通知发送者
- ✧ 提供记录错误的能力（包括被丢弃数据报内容）

# 网络层为支持移动新增的功能



## □ 移动节点-外地代理协议

- MN与外地网络连接时向FA注册；
- 离开时注销；

## □ 外地代理-家乡代理注册协议

- FA向HA注册MN的CoA
- MN离开时不必注销

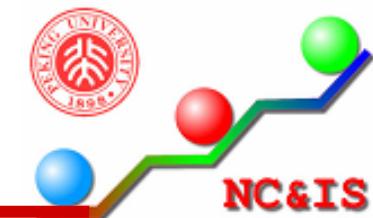
## □ 家乡代理数据报封装协议

- 封装并转发来自CN的原始数据报给MN的CoA

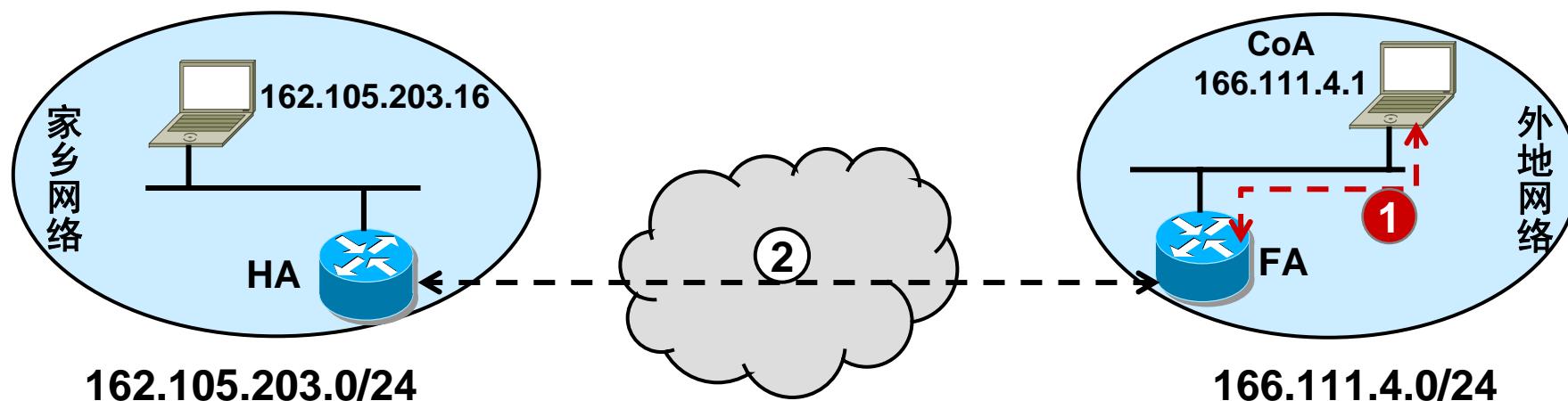
## □ 外地代理拆封协议

- 拆封并取出CN的原始数据报并转发给移动节点

# 代理发现——FA的作用



使MN进行移动检测，判断其在家乡网络还是在外地网络，或者从一个外地网络移动到另一个外地网络

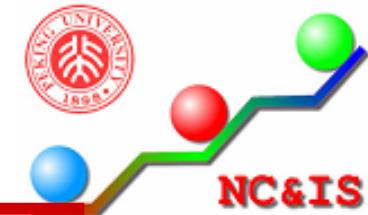


## □ FA的作用

- 为MN生成COA
- 通告其HA
- 可由MN自己担任

- ① MN进入外地网络后与 FA取得联系
- ② FA与HA联系“这个移动节点现在我这里”

# 代理发现——实现机制



## □ 实现机制

- 定义了 **agent advertisement** 和 **agent solicitation** 两个消息（基于 ICMP 路由发现机制）
- 移动代理（HA/FA）定期发送 **agent advertisement** 消息通告自己的存在
- MN 通过 **agent solicitation** 消息请求代理
- 移动代理用 **agent advertisement** 作为 MN 的 **agent solicitation** 消息响应

# 代理发现——工作过程



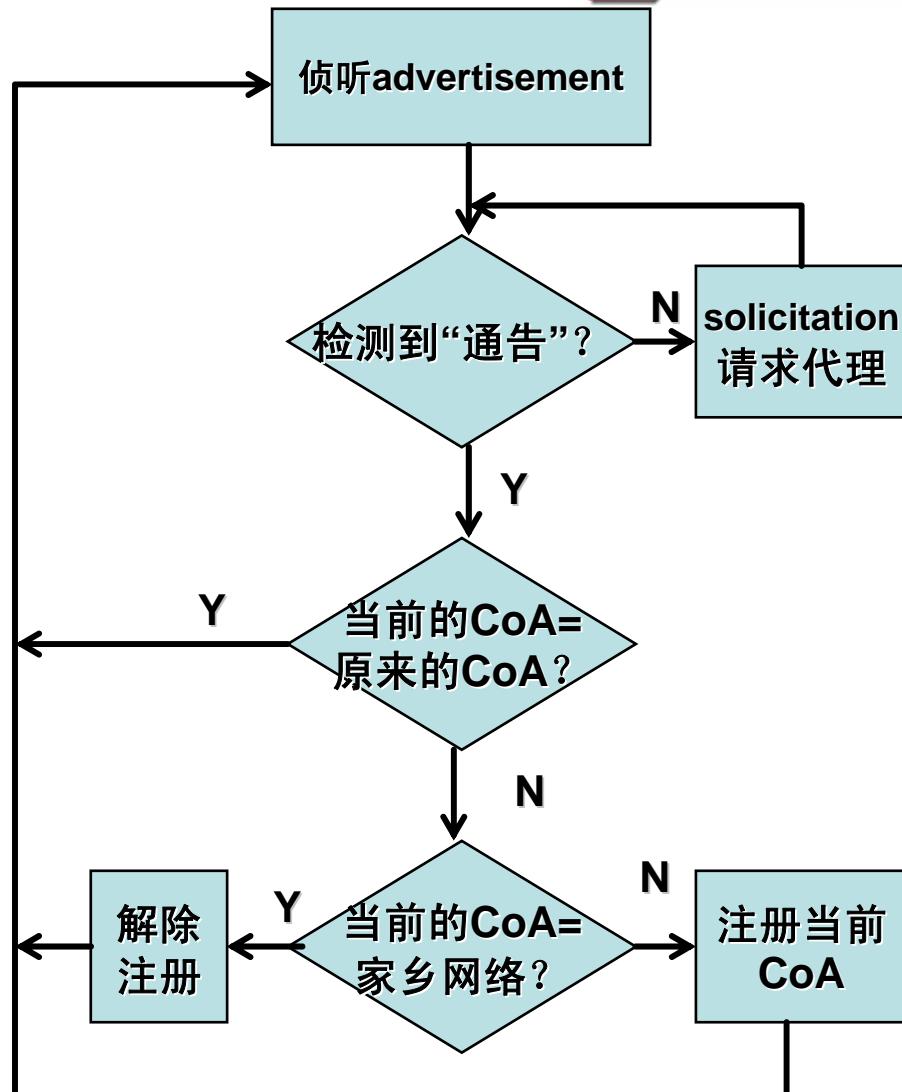
## □ 如何检测在哪里？

- 确定自己连接在家乡网络还是外地网络
  - ◆ “通告”消息的源地址前缀=永久地址的前缀

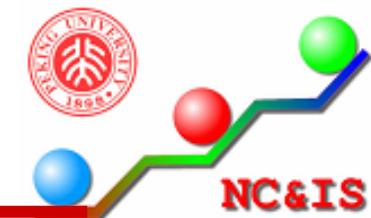
## □ 如何检测移动？

- 确定自己是否已经改变了接入点
  - ◆ 是否按时收到“通告”
  - ◆ 消息网络前缀已改变

## □ 一旦MN获得一个新CoA便立即进入Registration过程

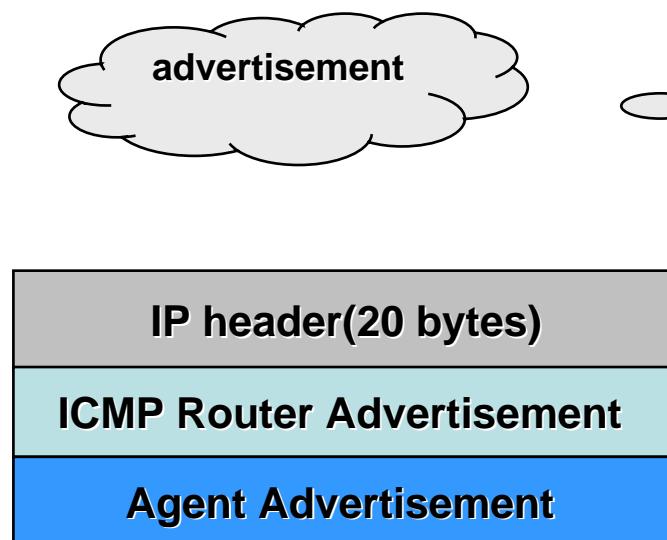


# ICMP路由器通告消息



- Code0: 发送者兼备FA + Router的能力
- Code16: 发送者仅作为FA
  - 必须把移动节点发送的数据报路由给缺省路由器

RFC1256  
RFC3220



Type(10)	Code(0)	checksum
reserved		

Type(10)	Code(0)	checksum
reserved		

# Agent Advertisement 消息



□ 广播该“通告”消息的代理特性由标志位描述

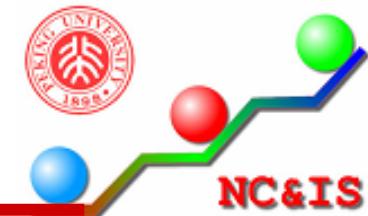
- |          |             |
|----------|-------------|
| ○R: 必须注册 | ○M: 允许最小封装  |
| ○B: 代理忙  | ○G: 允许GRE封装 |
| ○H: 家乡代理 | ○r: 接收时忽略   |
| ○F: 外地代理 | ○T: 支持逆向隧道  |

愿意接受注  
册请求的最  
长时间

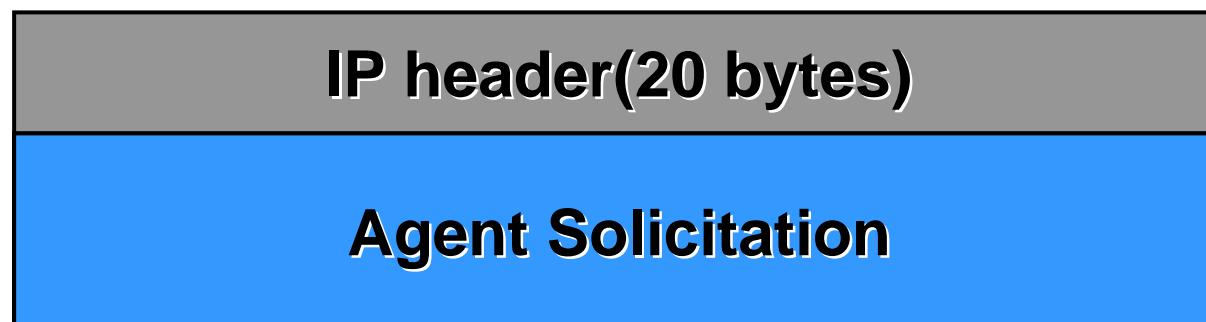
初始化后发  
送的“通告”  
计数

Type(16)	length	Sequence number
Registration lifetime	RBHFMGrT	reserved
CoA1		
CoA2		

# Agent Solicitation 消息



- 与ICMP router solicitations报文格式相同
- MN通过该消息发现自己所处的位置和所在网络的移动代理
- 连续三次请求没有获得代理反馈的通告，则以指数后退算法延迟再次发送agent solicitation的消息。



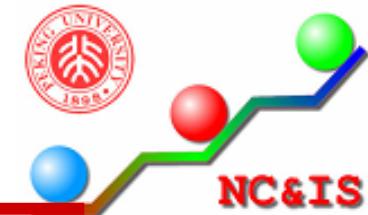


## □ ICMP消息通过IP数据报发送

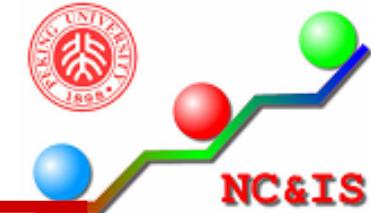
- 源地址为发出该消息的接口IP地址
- 目的地地址为224.0.0.1（路由器支持组播）或  
255.255.255.255（全系统广播）
- TTL为1
- Protocol为ICMP



# 代理发现机制对代理的要求



- 任何不能被链路层协议发现的移动代理必须发送 **advertisement** 消息；
- 所有移动代理都应该响应发送到 224.0.0.1 的 **agent solicitation** 消息；
- 移动代理必须限制它广播或者组播 **advertisement** 消息的速度：
  - 连续 3 次没有获得响应必须后退再次发送的时间
- 代理可配置成只在响应 **agent solicitation** 时才发送 **agent advertisement**；



## □ 发送agent solicitation

- 在没有收到agent advertisement以及没有通过其他方法获得CoA的时候，MN应该发送agent solicitation；
- MN必须限制发送agent solicitation的速度（按二进制指数后退算法）

## □ 处理agent advertisement

- MN必须处理收到的agent advertisement，区分出agent advertisement消息和ICMP路由器通告消息；
- 如果通告地址多于一个，则取出第一个地址开始注册；
- MN收到R位的通告后，即使已经获得可配置的CoA，也必须向FA注册；

# 代理发现机制对MN的要求（续）



## □ 移动检测

- 如果MN在**lifetime**内没有收到来自同一个代理的**advertisement**，则可假设自己已失去了和这个代理的连接；
- 如果收到了另一个代理的**advertisement**，则立即尝试与该新代理，否则MN应该去发现新的移动代理。

## □ 回到家乡

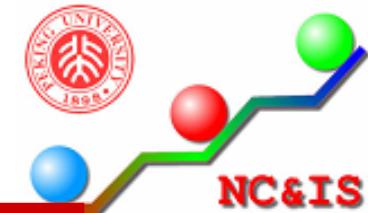
- 当MN收到来自其HA的**advertisement**时可确信自己返回家乡，应该向HA注销。

## □ 序号处理

- 如果MN从注册的FA相继收到两个“通告”，其中第二个序号值小于第一个，且在0~255之内，则MN应该再次进行注册。



# 注册 (registration)



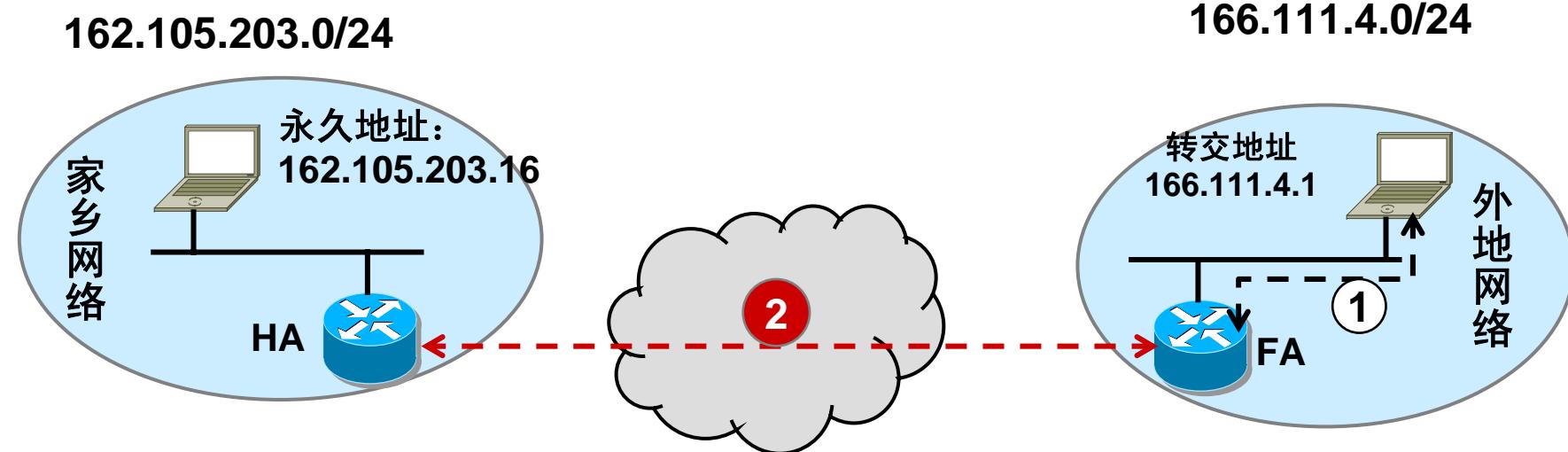
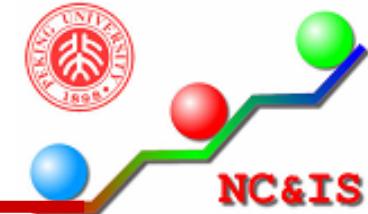
## □ 注册的目的

- 使MN获得FA的转发服务
- 使HA知道MN当前的转交地址
- HA更新即将过期的MN的注册信息
- HA注销回到家乡的MN

## □ 通过注册MN可以

- 在尚未配置家乡地址时发现一个可用的家乡地址
- 同时维护多个注册使数据分组通过隧道复制转发到每个活动的CoA
- 在维护其他移动绑定的同时注销某个特定的CoA
- 当它不知道HA地址时找到HA

# 注册——过程

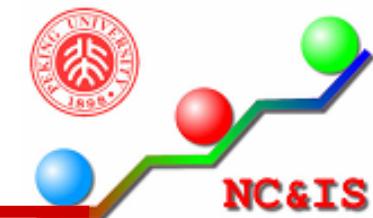


## □ FA的作用

- 为MN生成COA
- 通知MN的HA
- 可由MN自己担任

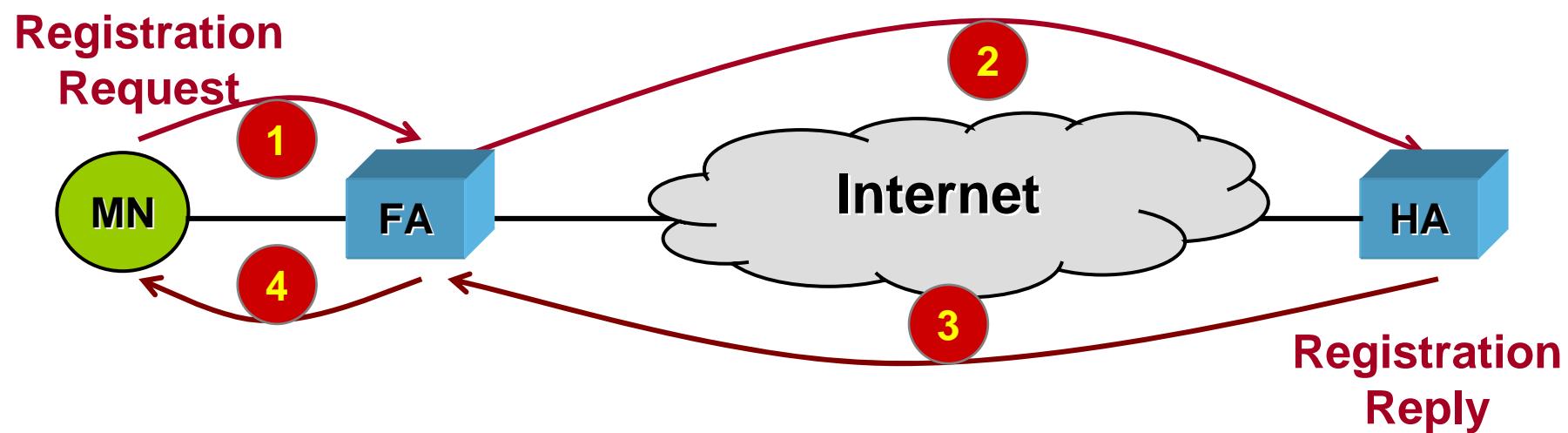
- ① MN进入访问网络后与 FA取得联系。
- ② FA与HA联系“这个移动节点现在我这里”

# 通过FA发送注册请求

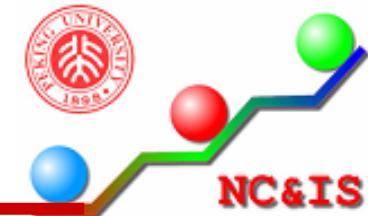


□ 如果MN使用外地代理CoA

- ① MN发送注册请求到FA
- ② FA处理该请求并转发到HA
- ③ HA响应请求并转发给FA
- ④ FA中继返回状态给MN

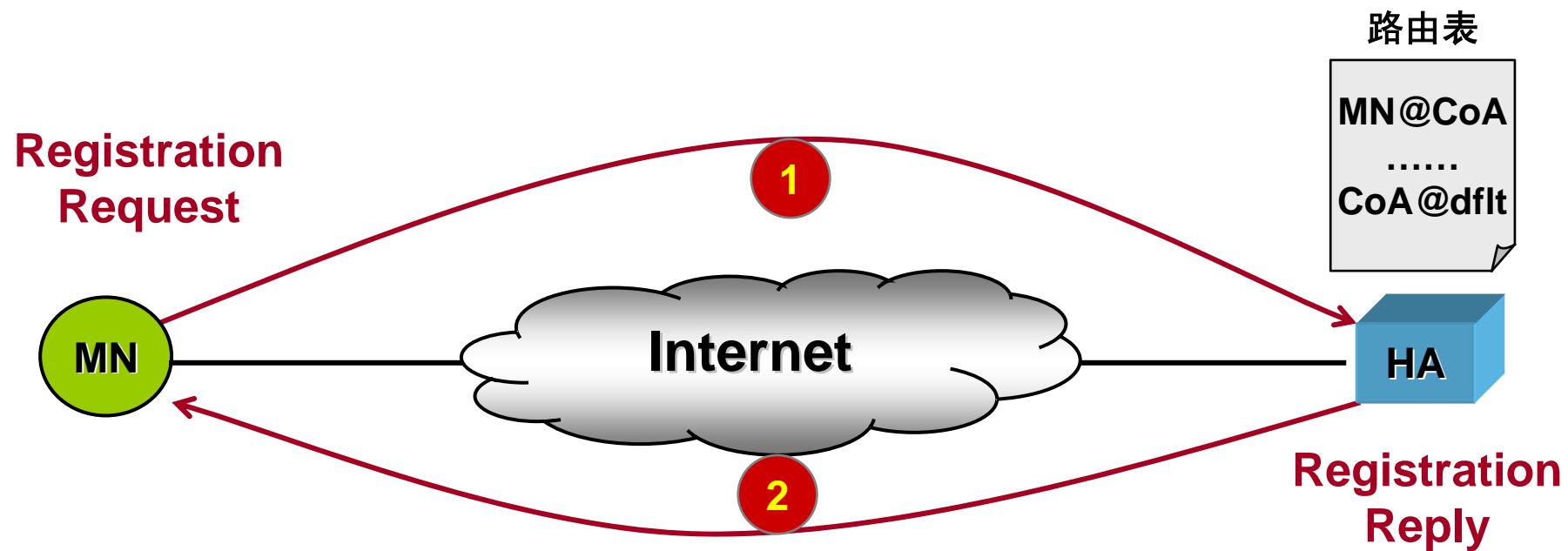


# 直接发送注册请求

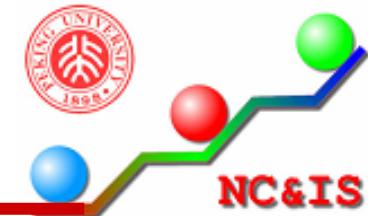


□ 如果MN使用配置的CoA

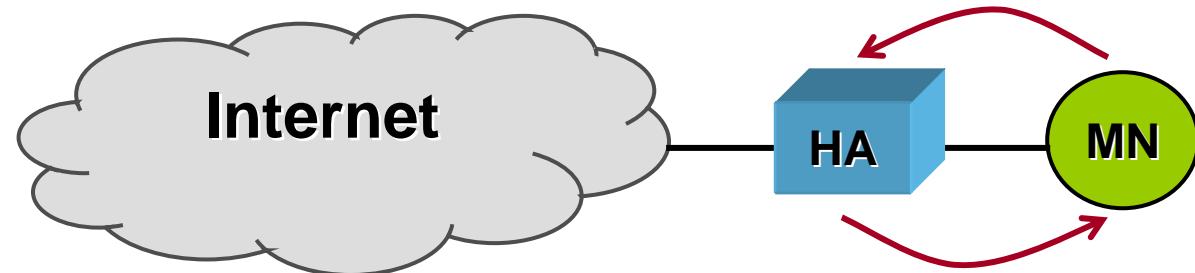
- ① MN发送注册请求到HA
- ② HA返回应答消息到MN,  
同意/拒绝请求



# 注销



- 如果移动节点回到了家乡网络，则必须在家乡链路上进行注册（注销其移动绑定信息）



- MN向HA发送registration消息通过UDP报文
- HA更新MN的家乡地址和CoA地址的绑定信息
  - ✧ Home address
  - ✧ Care-of-Address
  - ✧ Lifetime
- 所有上述动作都必须经过认证

# 注册请求过程



- 如果MN不知道HA地址就向家乡网络广播（直接广播）注册消息
- 每个有效HA给予响应， MN采用某个有效HA的地址进行注册请求。
- HA和FA类似于本地和外地数据库
  - 一次有效的注册， HA为MN创建一个条目
    - ✧ MN的CoA、标识字段和此次注册的生存期
  - 每个FA维护一个访问列表
    - ✧ MN链路层地址、MN的家乡地址、UDP注册源port、HA的IP地址、标识字段、注册生存期、当前或未处理注册的剩余生存期

# Registration request消息

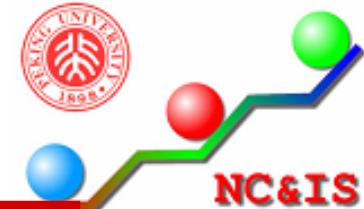


- HA创建一个mobility binding，将MN的家乡地址和当前CoA绑定在一起，并设置生存期。
- MN在此绑定信息超时之前必须续订

- |            |             |
|------------|-------------|
| ○S: 同时绑定   | ○G: 使用GRE封装 |
| ○B: 请求广播报文 | ○r: 保留      |
| ○D: 自己拆封   | ○T: 请求逆向隧道  |
| ○M: 使用最小封装 | ○r: 保留      |

Type(1)	SBDMGrTx	lifetime
	Home address	
	Home agent	
	COA	
	identification	
	Extensions....	

# Registration reply 消息



- HA使用Registration reply指出注册请求是否成功
- 如果移动节点通过外地代理注册，则该应答消息由FA转发。
- 注册请求可被拒绝
  - 家乡代理
  - 外地代理

◆ 没有足够的资源  
◆ HA不可达  
◆ 太多的同时绑定  
◆ 注册标识不匹配  
◆ 认证失败等

code0: 注册成功  
code1: 注册成功  
但不支持多个同时  
绑定

Type(3)	Code	lifetime
	Home address	
	Home agent	
	identification	
	Extensions...	

# 注册请求/应答消息的传递

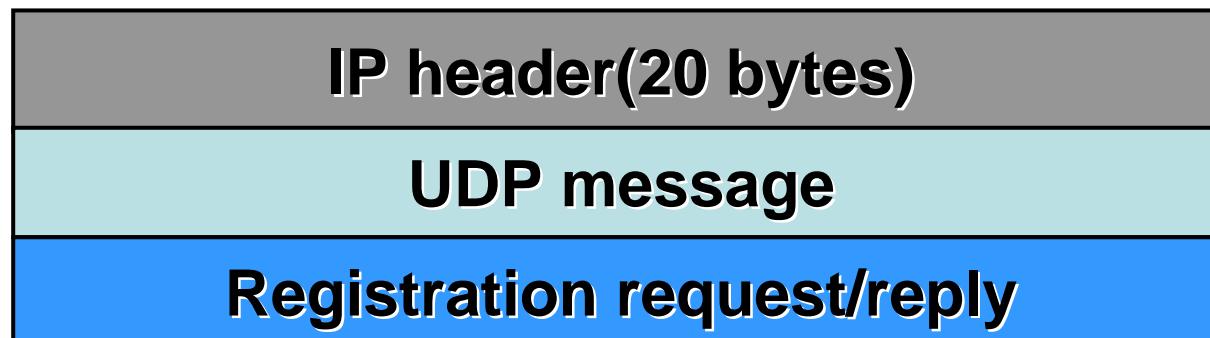


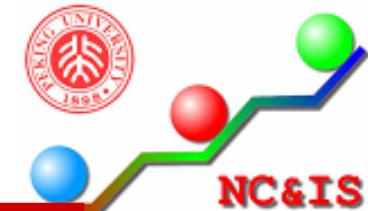
□ 注册请求和注册应答消息通过UDP报文传输

- Port: 434
- Data: registration request  
registration reply

RFC 768

- UDP的开销小且在无线环境下的性能优于TCP





# 注册过程对MN的要求

- MN需要进行网络掩码的配置
- 只要检测到连接网络发生变化就发起注册
- 发送registration request
  - IP源地址为Co-CoA/家乡地址
  - IP目的地址
    - ◆ FA的地址/224.0.0.1
    - ◆ HA的地址/子网广播地址
- 处理registration reply
  - 接受（外地/家乡）/拒绝
- 注册消息的重传

# 注册过程对FA的要求



□ FA在MN和HA之间中继registration request，  
并且如果提供CoA，还要为MN拆封数据分组。

○ FA的配置表和注册表

    ✧ 维护MN的访问表

○ FA对registration request的处理

    ✧ 有效性检查

    ✧ 转发请求到HA

○ 接收registration reply

    ✧ 有效性检查

    ✧ 转发应答到MN



- ✧ MN的链路层地址；
- ✧ MN的家乡地址；
- ✧ UDP源端口号；
- ✧ HA地址；
- ✧ 标识字段；
- ✧ 请求的注册生存期；
- ✧ . . . . .

# 注册过程对HA的要求



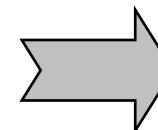
□ HA从MN接收注册请求，更新自己关于该MN的移动邦定记录，并为每个请求启动一个应答作为响应。

## ○ HA的配置表和注册表

- ✧ 一个IP地址
- ✧ 家乡网络的前缀长度

## ○ HA对registration request的处理

- ✧ HA接受MN请求
- ✧ 更新对于该MN的邦定信息
- ✧ 发回一个registration reply



- ✧ MN的家乡地址；
- ✧ MN的CoA；
- ✧ 注册应答的标识；
- ✧ 注册的剩余生存期；

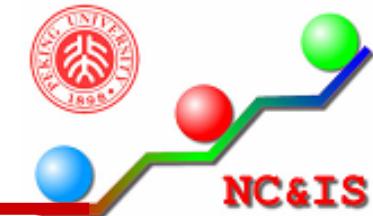
## ○ 发送registration reply





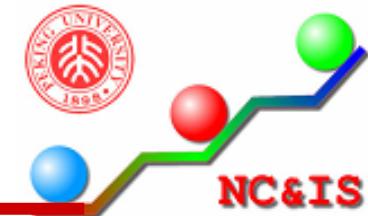
- HA将发送给MN的分组通过隧道转发
  - 隧道的入口是HA
  - 隧道的出口是FA/MN
- HA和FA必须支持通过隧道发送的IP-in-IP封装的数据报
- 任何使用co-located CoA的MN必须能够接收经过IP-in-IP封装的数据报
- “最小封装”和“通用路由封装”是移动代理和MN可选择支持的替代封装方法

# 隧道转发过程



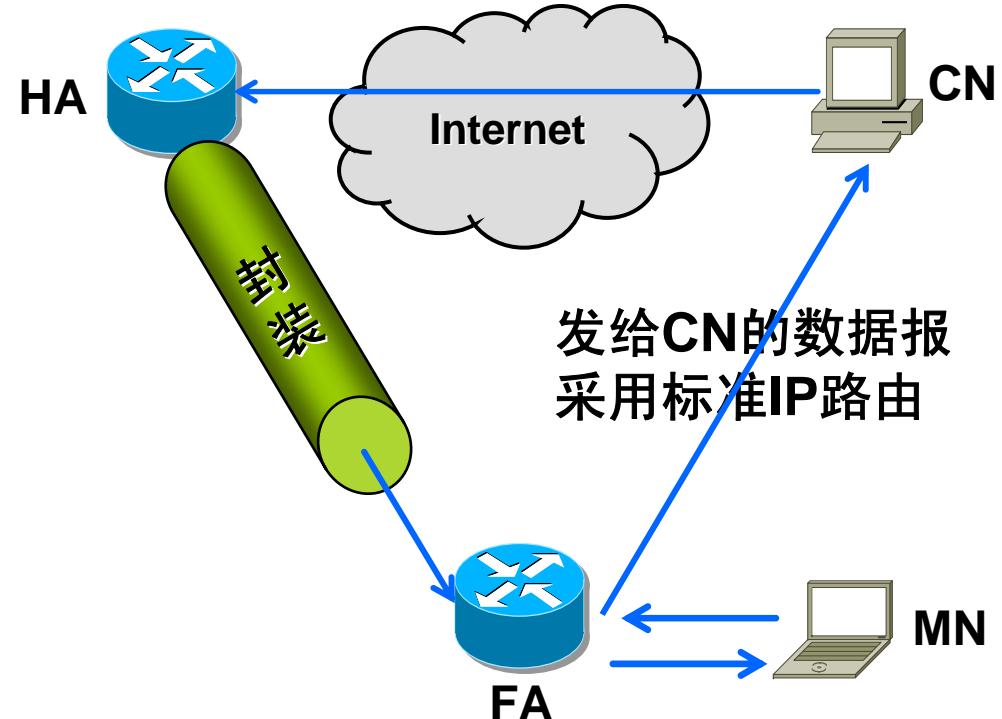
- 源自CN发送给MN的报文被HA截获
  - 目的地是MN的数据报被路由到家乡网络（正常的IP操作）
  - HA截获在家乡网络上的数据报
- HA封装该数据报并隧道发送给 CoA
- 数据报通过隧道转发给CoA
  - 在CoA (FA或者MN本身), 数据报被拆封, 然后被递交给MN。

# 隧道转发过程 (续)



- 数据报从CN发到MN的家乡网络
- HA截获该包后隧道给MN的COA
- 在FA数据报被拆封，然后递送给MN
- 对于MN发送的数据报则采用标准的IP路由

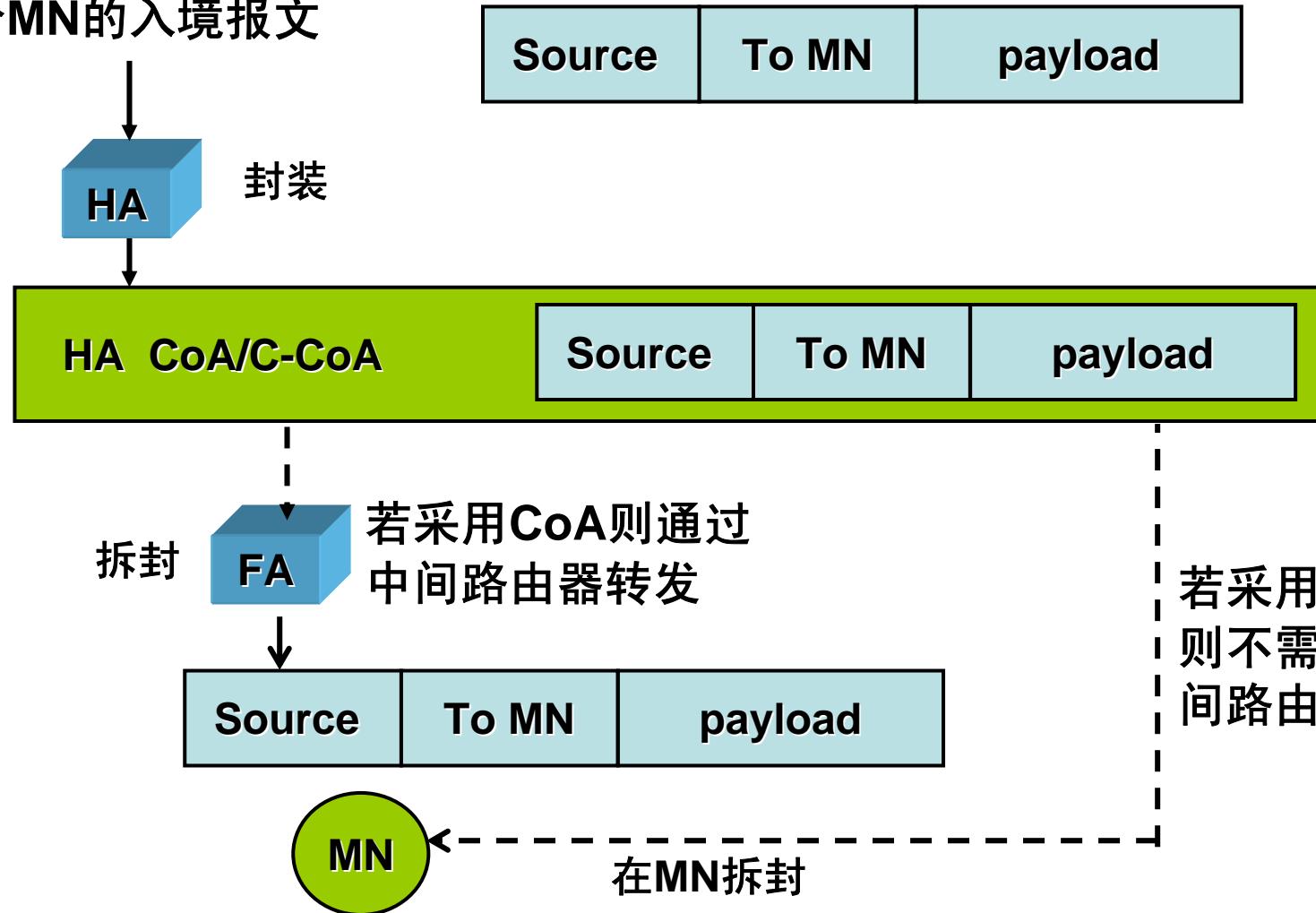
从CN发出的数据报间接通过HA



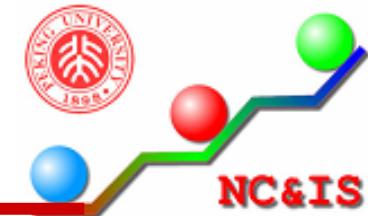
# 隧道转发过程（续）



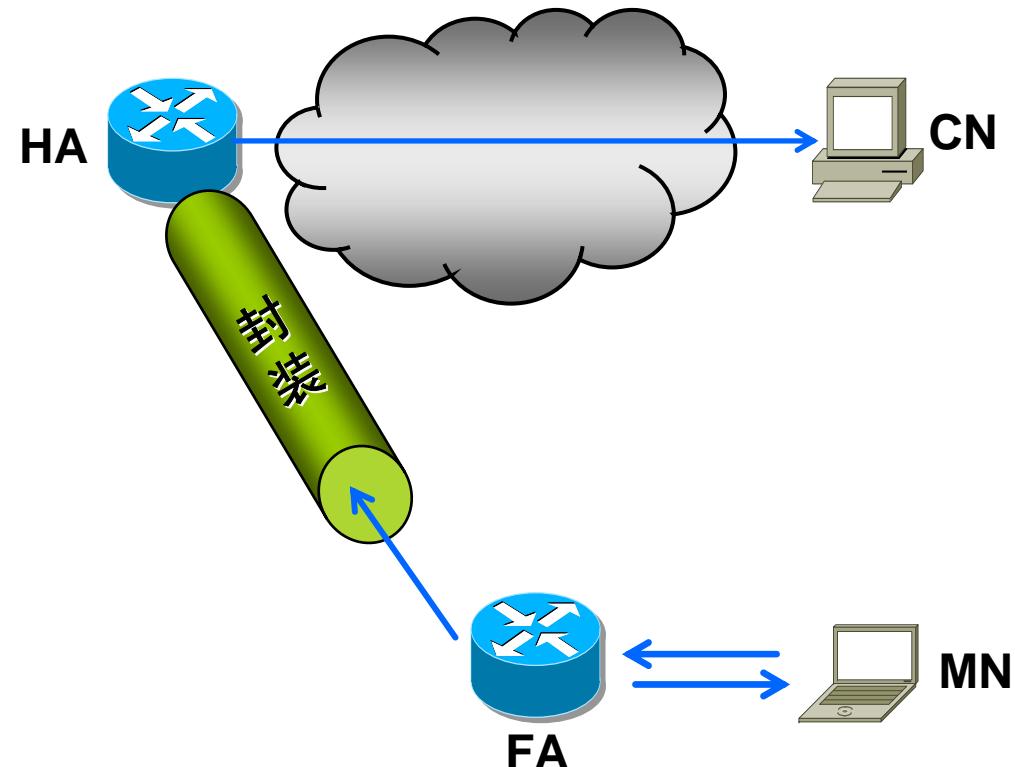
给MN的入境报文



# 逆向隧道



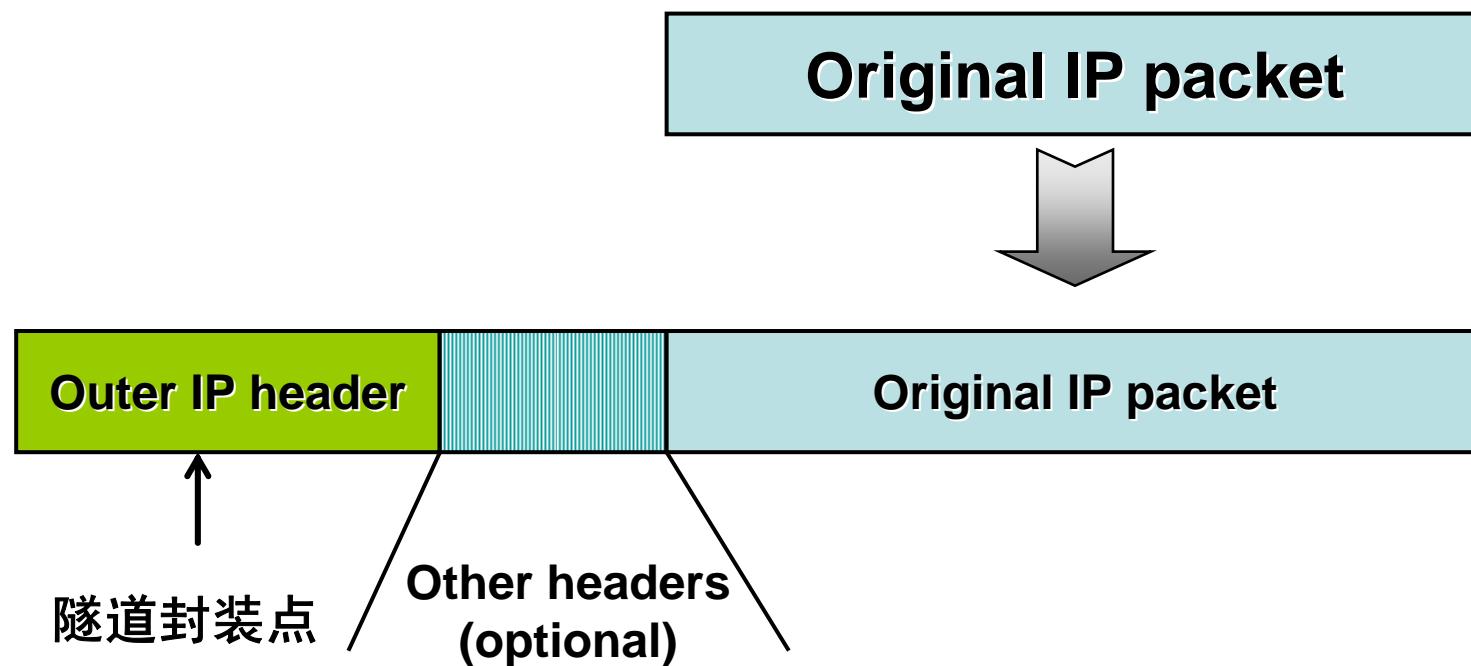
- MN发出的分组被FA封装，通过逆向隧道发送到MN的HA
- 由HA拆封后路由到通信的对等节点(CN)



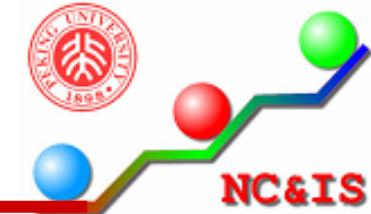
# IP封装



□ 把IP分组放在其他数据报有效负载部分

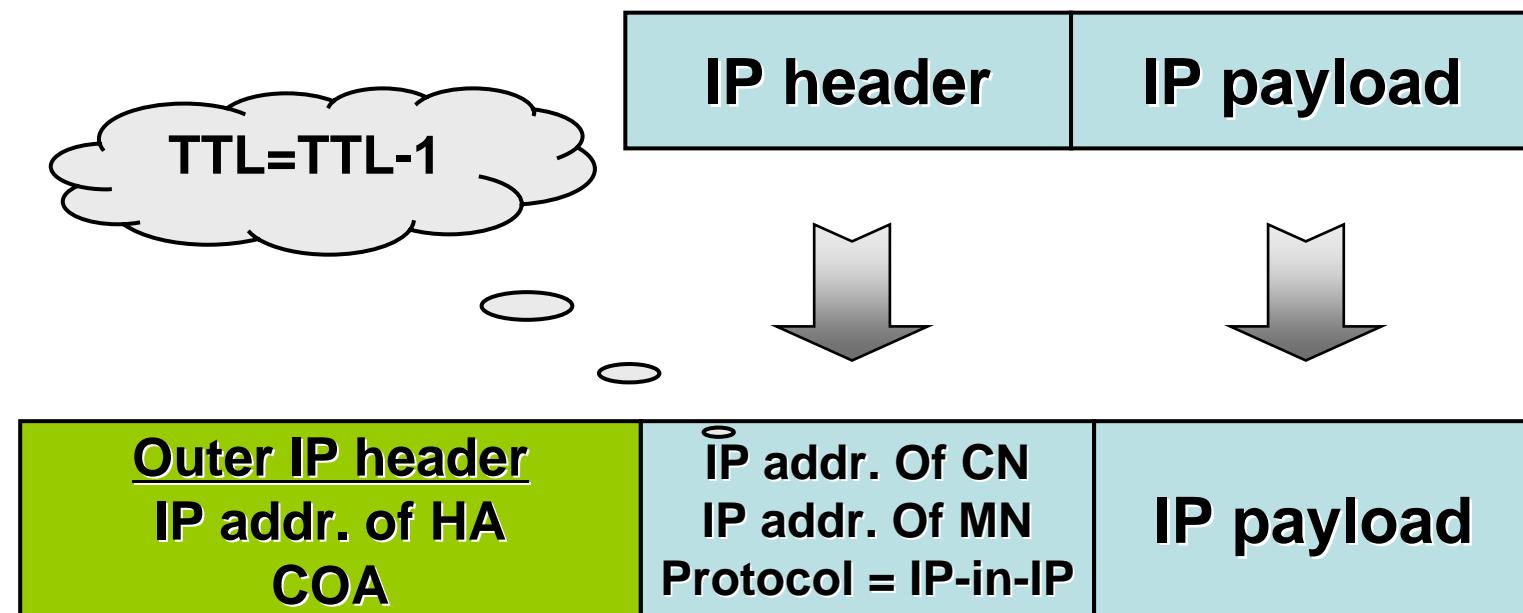


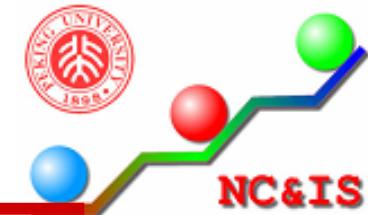
# IP-in-IP封装



- 协议强制执行的封装
  - 将整个IPv4分组放在另一个IPv4分组的有效负载部分。

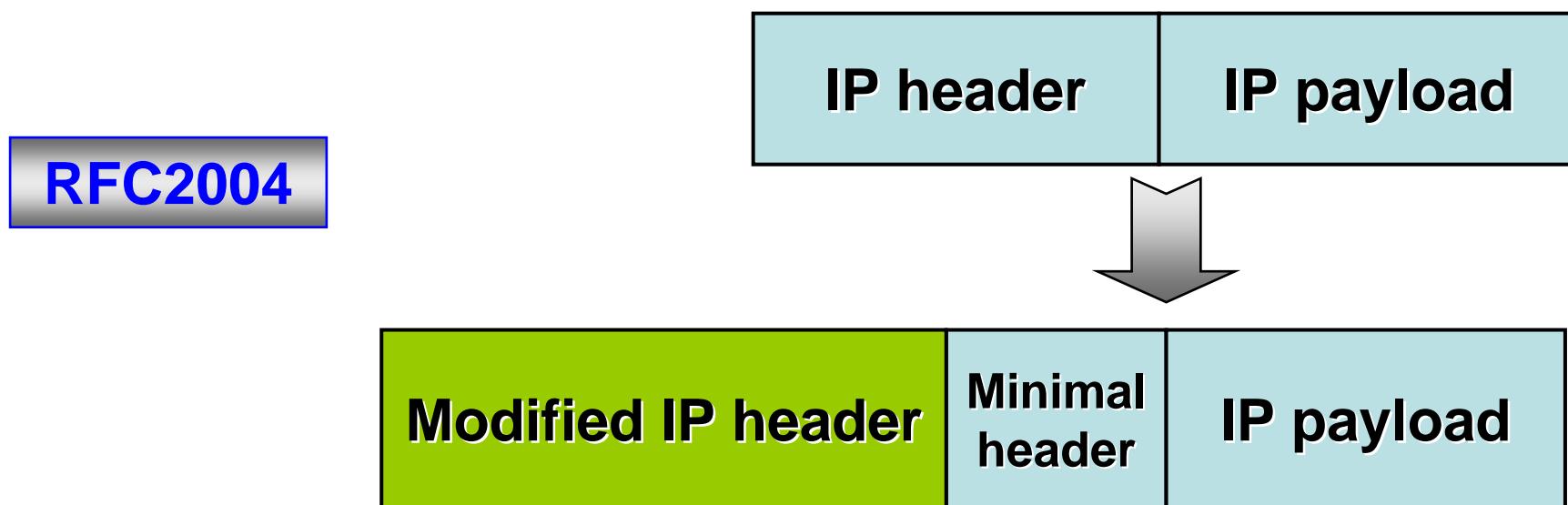
RFC2003





## □ 最小封装 (minimal encapsulation )的目的

- 减少实现隧道所需的额外字节数
- 去掉IP-in-IP封装中内层IP报头和外层IP报头的冗余部分



# 最小封装 (续)



## 新IP头

- **Protocol:** 55 (经过最小封装的数据分组)
- **SA:** 隧道的入口
- **DA:** 隧道的出口
- **Lifetime:** 如果隧道入口就是数据分组的源，则保持不变；否则减1

## 最小报头

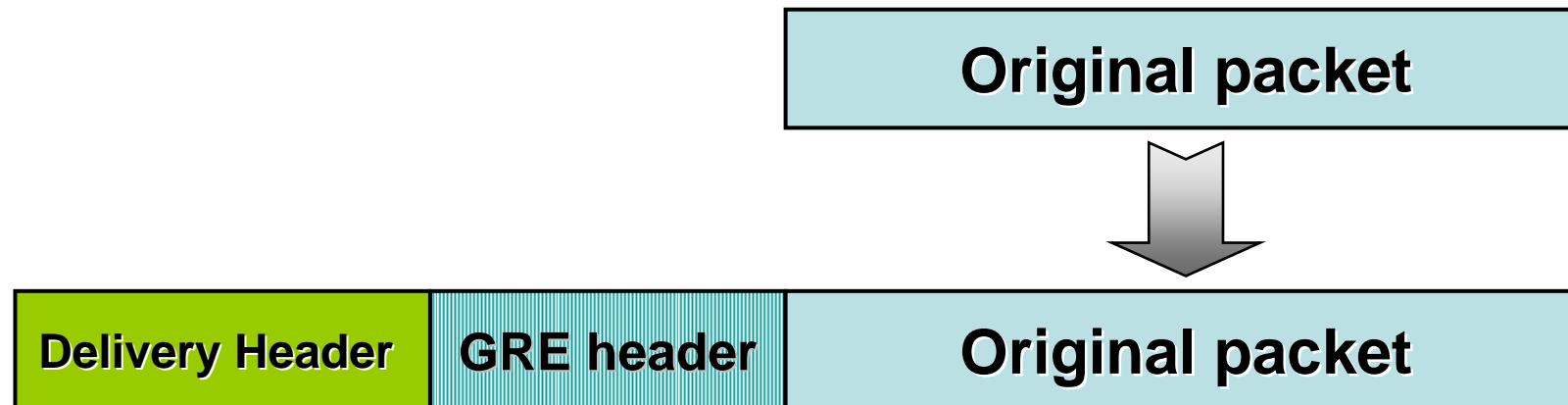
- **Protocol:** 拷贝自原IP头
- **DA:** 拷贝自原IP
- **SA:** 拷贝自原IP（当隧道入口不是原始IP的源）；否则，空。
- **S:** 1（当隧道入口不是原始IP的源）；否则，0。



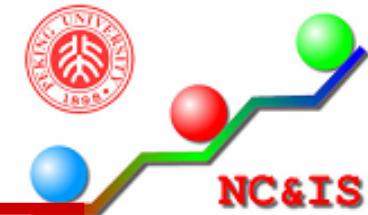
## □ 通用路由封装 (generic routing encapsulation)

RFC1701

- GRE能支持除IP协议之外的其他网络层协议
- 允许一种协议的数据分组封装在另一种协议的数据分组的有效负载中

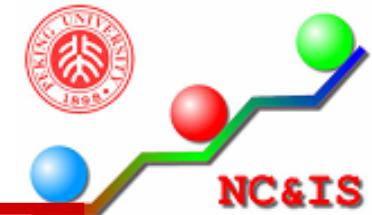


# 还有什么问题？



- HA如何截取发给MN的数据报？
- MN移到外地网络能否直接给CN发送数据报？
- 能否对三角路由进行优化？
- MN在外地网络再次移动时该如何处理？

# 思考题



## □ 《mobile communications》

- 8.2
- 8.3
- 8.4
- 8.5
- 8.6
- 8.7

