

《下一代 Internet 技术与协议》作业答案

(2023 春)

第 1 次作业 (第 1 章)

1-1 (100 分): 目前主要的无线接入互联网的方式有哪些? 请选择一种你熟悉的无线接入方式, 简单描述该接入方式的技术原理、特点并画出接入原理示意图。

答案略

第 2 次作业 (第 2 章)

2-1 (12 分): 请给出以下地址的简写

原始形式的地址	简写
0000:FFFF:FFFF:0000:0000:0000:0000:0000	0:FFFF:FFFF::
1234:5678:1A2E:0000:0000:0000:0000:FFFF	1234:5678:1A2E::FFFF
0000:0001:0000:0000:0000:FFFF:0012:1200	0:1::FFFF:12:1200
0001:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000	1::
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0012	::12
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000	::

2-2 (20 分): 已知某主机网卡的 MAC 地址为 A0-34-2E-00-00-2F, 请回答下述问题

(1) 该网卡基于 EUI-64 的 IPv6 接口标识符 (Interface-ID) 是什么? 其对应的链路本地地址是什么? 对应的被请求节点组播地址是什么?

(2) 如果该接口得到的网络前缀是 2022::/64, 则该网口利用无状态地址自动配置得到的可聚类全局 IPv6 地址是什么?

(3) 该接口需要监听的地址有哪些?

答:

(1) 链路本地地址仅在本链路内有效, 特征是网络前缀为 FE80::/10;

(2) EUI-64 是: A3-34-2E-FF-FE-00-00-2F, 对应的 IPv6 链路本地地址是 FE80::A3:2EFF:FE00:2F

(3) 对应的全局 IPv6 地址是: 2022::A3:2EFF:FE00:2F

(4) 该网口需要监听的地址包括

① 单播地址: 链路本地地址 FE80::A3:2EFF:FE00:2F, 全局单播地址 2022::A3:2EFF:FE00:2F

② 环回地址: ::1

③ 全节点多播地址: FF02::1, FF01::1

④ 被请求节点多播地: FF02::1:FF00:2F

2-3 (10 分): 为什么 IPv6 没有定义广播地址? 在 IPv6 网络中, 某主机如果需要向其所在链路内的所有节点广播某个消息, 应该如何实现?

答: (1) 因为广播地址会给本地链路造成流量压力, 易形成广播风暴, 而且目的地址为广播地址的数据包会要求链路内的每台主机都处理消息, 占用主机资源。IPv6 利用组播地址可以替代广播地址, 组播地址使用灵活, 只有加入组播组的节点才需要处理。

(2) 使用全节点组播地址 FF02::1 可以实现。

2-4 (10 分): 请解释被请求节点组播地址是如何充当伪单播地址的?

答: 被请求节点的组播地址 FF02::1:FFXX:XXXX 是使用节点的单播地址的最后 32 位生成的, 在一个链路内主机 IPv6 单播地址的最后 32 位完全一样的概率比较小, 因此被请求节点组播组一般只包含一个节点, 所以被请求节点组播地址可以充当伪单播地址。

2-5 (8 分): 运行 ipconfig 命令获取你所使用的计算机的配置地址 (可以贴截图) 并说明各地址的类型与含义。

2-6 (20 分): 地址解析的作用是什么, 有哪些基本方法? 请列举 1 种典型的地址解析方法并说明基本工作过程。

答:

- (1) 将 IP 地址转换为对应的物理地址, 基本方法包括: 查表法、消息交互法、函数计算法等
- (2) ARP 协议 (过程略) 或其他均可。

2-7 (20 分):

- (1) IPv6 支持哪几种地址自动配置方法? (6 分)
- (2) DHCPv6 无状态地址配置与基于状态的地址配置的区别是什么? (4 分)
- (3) 请比较 SLAAC 与 DHCPv6 两种地址自动配置方式的不同之处。

答:

(1) IPv6 的地址获取方法有: 链路本地地址自动生成 IP 地址、无状态地址自动配置和基于状态的地址配置 (DHCPv6)

(2) 区别:

- 无状态地址自动配置是接收路由器发送的全局地址前缀 (ICMPv6 的 RA 消息), 然后自己自动生成全局的 IPv6 地址: IPv6 地址=全局地址前缀+EUI-64, 该方式的地址配置不能对所配置的地址进行管控。
- DHCPv6 自动配置基于 DHCPv6 协议, 由 DHCP 服务器为站点分配 IP 地址和其他网络参数, 该方式的地址配置可以对所配置的地址进行管控, 根据需要分配 IPv6 地址。

(3) 流程图略。

第3次作业（第3章）

3-1（40分，每小题10分）：请回答以下关于 IPv6 首部格式的相关问题

（1）IPv6 首部为什么不包含校验和？IP 层没有校验和，是否意味着在目的地节点，IPv6 首部中的各字段的内容均不会被校验？如果答否，请说明你的理由。

答：由于传输链路质量好且为了提高路由器的处理效率，减少路由器路由转发之外的其他处理开销，IPv6 首部省略了校验和。

在中间路由器不做校验，并不意味着目的节点不对 IP 首部的重要域（如源地址、目的地址等）不做校验，由于 IPv6 的高层协议的伪头标校验会包含 IPv6 首部的地址等字段，因此这些字段的内容会在目的节点被校验。

（2）流量类别（Traffic Class）字段和流标签（Flow Label）字段是如何为区分优先级的流量传输提供更好支持的？

答：

流标记：中间路由器使用 IPv6 包中的“源地址+目的地址+流标记”可以唯一地确定某个具体的数据流，使用流标签标识每个流，中间路由器就可以不必依赖上层协议来标识流了（如 TCP 或 UDP 的端口号，因为这些可能会被 IPSec 加密）

流量类别：DS 字段（区分服务字段，6bit）+ECN 字段（显示拥塞控制字段，2bit）代码点（DSCP）值可以标识数据包的类别和优先级，表示需要对该数据包执行非默认的转发服务。DSCP 是否修改以及如何修改往往是按照应用的需求来进行的（当网络较拥塞的区域，VoIP 或其他实时服务的数据包就比 email 数据包优先级高）。

（3）是否存在与 IPv4 头部中的首部长度（IHL）等价的字段？如果存在，请指出是哪一个，如果不存在，请说明理由。

答：不存在。因为 IPv6 基本首部是固定的 40 字节，因此就不再需要 IHL 字段了。

（4）你认为首部的哪些字段的定义与 IPv6 的扩展能力相关，请说明理由。

答：扩展首部的定义为 IPv6 提供了扩展能力，扩展首部可以支持为路由器和端节点增加新功能。

3-2（30分，每小题10分）：某 IPv6 分组由基本首部和一个 ICMP 报文组成，ICMP 报文长度是 3000 字节，已知低层链路为以太网（MTU=1500 字节）。请回答如下问题

（1）IPv6 的扩展首部中，哪些扩展首部可以拆分，为什么？哪些不可以拆分，为什么？

（2）请给出每个分片的 IP 数据报的字段值。（包含 IPv6 基本首部的：有效载荷长度、下一首部，分片扩展首部的全部字段，分片标识可以自己随意选择）

（3）实验验证：利用 Ping 命令，发送一个大包（4992 字节），利用抓包软件抓包观察分片中每个 IP 分片的各域的值。给出抓包的截图并进行适当的说明（包括分几片，每片的相关字段的值）。

答：（1）IPv6 分组中的基本首部和路由器处理的扩展首部不能拆分，其他目的节点处理的扩展首部和高层数据均可以拆分。因此如果基本首部和路由器处理的扩展首部需要由中间路由器处理，这些字段如果拆分了就会影响中间路由器的正确处理。

（2）假设分片标识是 123456

由于链路为以太网，因此路径 MTU=1500 字节，IP 首部长度=40 字节，分片扩展头标=8 字节，因此每个 IP 分组的数据最大长度为 1448 字节（8 字节的整数倍）。ICMP 报文长度是 3000 字节，即 IP 的有效载荷为 3000 字节， $3000/1448 \approx 3$ ，共分为 3 片。

● 第 1 片：

IP 基本首部：有效载荷长度=1448+8=1456，下一头标=44

分片扩展首部：下一头标=17，偏移量=0，M=1，标识符=123456.

● 第 2 片：

IP 基本首部：有效载荷长度=1448+8=1456，下一头标=44

分片扩展首部：下一头标=17，偏移量=181，M=1，标识符=123456.

● 第 3 片：

IP 基本首部：有效载荷长度=104+8=112，下一头标=44

分片扩展首部：下一头标=17，偏移量=362，M=0，标识符=123456.

3-3 (30 分)：已知某网络连接如图 1 所示。采用源路由选择，IPv6 节点 A 发出的 IP 数据报需要经过指定的路由器 R1, R2, R3，最后到达主机 B。请描述源点 A，路由器 R1, R2, R3 发出的各 IPv6 数据报的内容（要求给出：IP 基本头标中的源 IP、目的 IP、下一首部；路由扩展头标中的剩余地址、地址列表）

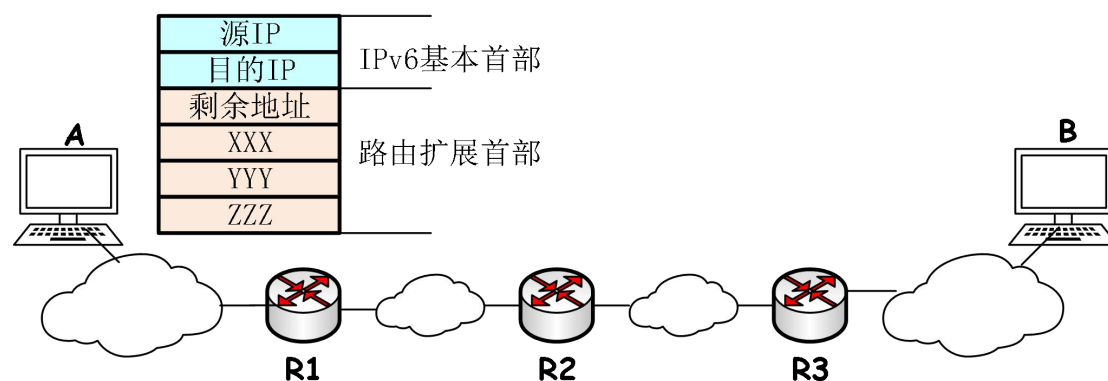


图 1：使用路由扩展首部进行源路由选择

答：

(1) A 发出的数据报的内容

源 IP=A

目的 IP=R1

下一首部=43（路由扩展首部 RH 的下一首部取值为 43）

剩余地址数=3

地址列表=R2，R3，B

(2) R1 发出的数据报的内容

源 IP=A

目的 IP=R2

下一首部=43（路由扩展首部 RH 的下一首部取值为 43）

剩余地址数=2

地址列表=R1， R3， B

（3）R2 发出的数据报的内容

源 IP=A

目的 IP=R3

下一首部=43（路由扩展首部 RH 的下一首部取值为 43）

剩余地址数=1

地址列表=R1， R2， B

（4）R3 发出的数据报的内容

源 IP=A

目的 IP=B

下一首部=43（路由扩展首部 RH 的下一首部取值为 43）

剩余地址数=0

地址列表=R1， R2， R3

第 4 次作业（第 4 章--4.1 ICMPv6 概述及差错报告）

4-1: 对于以太网上发送的带有分片扩展首部的最长 IPv6 数据包（即有效载荷包括上层数据和分片扩展首部），原 IP 包中有多少字节的上层数据会在 ICMPv6 目的地址不可达消息中？

答：

1280-40(IPv6 首部)-8(ICMPv6 首部)-40(原始包 IPv6 首部)-8 字节（原始包中的分片首部）=1184 字节

4-2: (1) 如何区分某个返回的目的地不可达的 ICMPv6 报错消息对应的源 IPv6 数据包是否已经到达目的主机？

(2) 如何区分某个返回的目的地不可达 ICMPv6 报错消息是由于管理策略而被防火墙丢弃还是由于路由器无法解析目的主机的链路层地址而被丢弃？

答：

(1) 如果 Code=4, 则已经到达目的主机

(2) Code=1, 防火墙丢弃, Code=3, 无法解析链路地址

4-3: 请分析为什么 IPv6 中没有定义和 ICMPv4 源站抑制消息对应的消息？

答：参考讲义和课上老师的讲解，理由合理即可。

4-4: 请设计一个方案，利用 ICMPv6 差错报告消息实现路由跟踪功能. 请描述实现过程及实现流程示意图，并说明使用的 ICMPv6 消息的类型和消息中相关功能域的字段值设置。

答：可以考虑使用 ICMPv6 超时报错消息（剩余中继点数依次设置为 1, 2, 3...）和目的地址不可达消息探测路径上的路由器. 具体过程略
或则其他可行的方法也可以给分。

4-5: ICMPv6 面临哪些安全威胁，请选择一种攻击，描述可能的攻击过程。

答案略，合理就给分。

第 5 次作业（第 4 章--4.2 NDP）

5-1：请描述 ICMPv6 邻居发现协议支持的功能有哪些？

答：ICMPv6 邻居发现支持的功能参考讲义

5-2：NDP 和 ARP 的区别？请尝试分析与 ARP 相比，NDP 实现地址解析的优势是什么？

答：（1）区别可以从协议工作的层次，协议的功能、扩展能力等方面对比。
（2）优势可以从实现效率、安全性和通信流量等方面分析。

5-3：已知地址解析、邻居不可达检测和地址冲突检测都会使用邻居请求（NS）和邻居公告（NA）消息。已知连接在同一链路上的两台主机 H1 和 H2，地址信息：

- H1 的 IPv6 地址是 2020:1234:5678::ABCD;MAC 地址是 30-12-34-56-78-9A
- H2 的 IPv6 地址是 2020:1234:5678::1234;MAC 地址是 40-12-34-56-78-9B

请分别描述实现如下功能的过程以及邻居发现消息和 IP 数据首部指定域的值。

- （1）H1 对 H2 的 IPv6 地址执行地址解析
- （2）H1 测试 H2 是否可达
- （3）H1 对自己的地址执行地址冲突检测

其中，各消息格式如下，红色圈标出的位置为指定域：

IP 首部：



NS 消息：



NA 消息：



答：

- （1）H1 对 H2 的 IPv6 地址执行地址解析的过程参考讲义
- （2）H1 测试 H2 是否可达的过程参考讲义
- （3）H1 对自己的地址执行地址冲突检测过程参考讲义

注：所有组播地址均为被请求节点组播地址。

协议	字段	(1)地址解析	(2)邻居不可达检测	(3)地址冲突检测
IP	下一头标	ICMPv6--58	ICMPv6--58	ICMPv6--58
	中继点限制	255	255	255
	源 IP	H1 的 IP 地 址	H1 的 IP 地 址	未指定地址 (::)

		2020:1234:5678::ABCD	2020:1234:5678::ABCD	
	目的 IP	H2 被请求节点组播地址 FF02::1:FF00:1234	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234	H2 被请求节点组播地址 FF02::1:FF00:1234
NS	目标地址	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234
	选项	H1 的 MAC 30-12-34-56-78-9A	H1 的 MAC 30-12-34-56-78-9A	H1 的 MAC 30-12-34-56-78-9A
IP	下一头标	ICMPv6--58	ICMPv6--58	ICMPv6--58
	中继点限制	255	255	255
	源 IP	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234
	目的 IP	H1 的 IP 地 址 2020:1234:5678::ABCD	H1 的 IP 地 址 2020:1234:5678::ABCD	本链路多播地址 FF02::1
NA	S	1（应答报文）	1	1（应答报文）
	目标地址	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234	H2 的 IP 地 址 2020:1234:5678::1234
	选项	H2 的 MAC 40-12-34-56-78-9B	H2 的 MAC 40-12-34-56-78-9B	H2 的 MAC 40-12-34-56-78-9B

第 6 次作业（第 5 章）---多播技术

6-1：多播模型包括哪三方面内容？

答：答案见讲义相应内容

6-2：请说明 MLD 协议的消息使用逐跳选项扩展首部中的“路由器警告”选项的原因。

答：MLD 消息需要确保本链路的多播路由器接收并处理该消息，这些 MLD 消息的目的组播地址范围可能不包括有些多播路由器。

6-3：源树与共享树有什么不同？

答案见讲义相应内容

6-4：应用场景描述如下：疫情期间某培训班采用线上授课方式，已知班级共有学员 20 名，学员分布在全国不同城市，在线授课系统的底层数据传输采用组播方式进行，请回答问题（1）播路由选择的两种基本模式是什么？（2）针对本题描述的应用场景，你认为采用哪种多播路由选择模型合适？请说出你的理由并简单描述该种多播路由选择模型的工作过程。

答：（1）答案参考讲义

（2）采用显示加入模型合适，因为多播成员数量少，分布范围广。

工作过程见讲义

6-5：已知某主机 H 所属的组地址为 FF0E::125C:0876:195D。考虑如下场景：主机 H 所在网络中的一台路由器 R 查询链路上是否有属于 FF0E::125C:0876:195D 多播地址的组成员存在，主机 H 向多播组成员报告其属于该多播组。请说明上述场景中网络层使用了 MLD 协议的何种消息？给出 IP 协议和 MLD 协议如下域的值：

（1）IP 分组基本头标：源 IP 地址、目的 IP 地址

（2）MLD 消息：类型、多播地址、源地址数域的值。

答：使用 ICMPv6 的 MLD 协议，消息类型是多播组成员查询消息（130）和多播组成员报告消息（131）。

（1）多播成员查询消息

- IP 分组基本头标：源 IP 地址--路由器 R 的链路本地地址
目的 IP 地址--FF0E::125C:0876:195D
- MLD 消息： 类型--130，多播地址--FF0E::125C:0876:195D
源地址数域--0

(2) 多播成员报告消息

- IP 分组基本头标：源 IP 地址--主机 H 的链路本地地址
目的 IP 地址--FF0E::125C:0876:195D
- MLD 消息： 类型--131
多播地址--FF0E::125C:0876:195D
源地址数域--0

第 7 次作业（第 6 章）---移动 IP 技术

7-1、MIPv6 与 MIPv4 比较有哪些区别？

答案参考讲义

7-2、请描述 MIPv6 机制的 5 个阶段的功能以及涉及的功能实体与消息。

答案参考讲义

7-3、什么是移动 IP 中的三角路由问题？请说明 MIPv6 是如何进行路由优化的（要求描述基本操作过程）？

答案参考讲义

7-4、某移动节点 MN 的归属地址 (Home Address) 是 2001::1:2, 移动到新的网络后得到的转交地址 (Care of Address) 是 2002::5, 与该节点通信的对端节点 CN 的 IPv6 地址是 2020::2, 请回答下列问题

(1) 使用双向隧道, CN 与 MN 之间双向传输数据, 请给出两个方向新的 IP 首部和原始 IP 首部中的源 IP 地址和目的 IP 地址 (见表 1)。

表 1

数据方向	IPv6 Header	源 IP 地址	目的 IP 地址
CN->MN	New IP Header	2020::2	2002::5
CN 发给 MN 的数据包	Old IP Header	2020::2	2001::1:2
MN->CN	New IP Header	2002::5	2020::2
MN 发给 CN 的数据包	Old IP Header	2001::1:2	2020::2

(2) 使用扩展头标方式, CN 与 MN 之间双向传输数据, 请给出两个方向 IP 基本首部中的地址字段和扩展首部类型以及参数 (见表 2)

表 2

数据方向	Header Type	字段(Field)	值(Value)
CN->MN CN 发给 MN 的数据包	IP 基本首部	源 IP 地址	2020::2
		目的 IP 地址	2002::5
	IPv6 扩展首部	扩展首部类型	路由扩展首部 RH (路由类型=2)
		参数	2001::1:2
MN->CN MN 发给 CN 的数据包	IP 基本首部	源 IP 地址	2002::5
		目的 IP 地址	2020::2
	IPv6 扩展首部	扩展首部类型	信宿/目的选项扩展首部 (家乡地址选项, 选项类型=0xC9)
		参数	2001::1:2