

实验一 网络时间协议 NTP

2024.11.07

实验目的与时间安排

实验目的

理解网络事件协议(NTP)等时间服务相关算法原理，并掌握其设计和实现方法。

时间安排

11月7日进行实验1的指导答疑。

11月14日晚11-14节课，讨论相应的实验报告和课程总结报告，各组1名或多名同学讲解相关原理和技术，可用PPT也可直接用报告文档，能说清楚即可。地点在主南306。

11月20日前提交实验1的报告、PPT和相关代码，打包上传到 <https://spoc.buaa.edu.cn/spocnew/> 中课程对应的作业项。

实验原理和内容

NTP 简述

NTP (Network Time Protocol) 是一种用于分布式计算机网络中同步系统时钟的协议。它的目的是确保网络中各个计算机的时钟保持一致，以便协调事件和数据的发生顺序。

NTP起源于1985年，经过多次升级和改进，已成为全球广泛使用的时间同步协议，特别是在互联网和其他网络环境中。

NTP使用时间戳和精确的算法来计算和调整系统时钟，以确保时间同步的准确性。它采用一种分层的体系结构，允许每个服务器在不同精度级别上提供时间信息，从而满足各种应用的需求。

实验原理和内容

NTP 主要流程

NTP 协议的过程如下

1. 客户端计算机定期向NTP服务器请求时间信息。同时在请求的信息中附上自身发送请求的时间戳
2. NTP服务器收到请求后，标记上自身收到和发送返回体的时间戳
3. 客户端计算机根据NTP服务器的相应信息来调整自身的本地时钟
4. 时间同步过程会周期性地进行，以保持时钟的准确性。

NTP的核心原则是不断地校正本地系统时钟，以保持与NTP服务器的同步。这使得NTP成为互联网和其他分布式网络中时间同步的重要工具，特别是在需要高精度时间信息的应用中，如金融交易、网络日志记录等。

实验原理和内容

在本次实验中，首先需要同学们根据下发的参考书籍，进一步学习了解NTP及相关内容，然后参考下发代码，实现一个基于NTP服务的客户端侧应用程序。

356 · 第14章 时间和全局状态

量客户端和服务器的情况。

- 提供保护，防止对时间服务的干扰。无论是恶意的还是偶然的，时间服务使用区块链技术来检查来自用户可信的时序数据。它也验证发送给它的时间的返回地址。

NTP服务由互联网上的服务器网络提供。主服务器（primary servers）直接连接到无线电信号时钟这样的接收UTC的时间；二级服务器（secondary servers）最终与主服务器同步。服务器在一个称为同步子网的逻辑组中连接（见图14-3），其中的分层叫层次。主服务器占顶层1；它们是根。层次2的服务器是与主服务器直接同步的二级服务器。层次3的服务器与层次2的服务器同步，依此类推。最低层（叶子）服务器在用户的工作站上执行。

层次数大的服务器上的时钟比层次数小的服务器上的时钟更容易不准确，因为在同步的每一层都会引入误差。NTP在评估由某个服务器拥有的计时数据的质量时，也考虑了整个信息链的往返时间延迟。

在服务器不可达或出现故障时，同步子网可以重新配置。例如，如果主服务器的UTC源出现故障，那么它可能变成层次2的二级服务器。如果二级服务器的常规同步源出现故障或变得不可达，那么它可能与另一个服务器同步。

NTP服务器使用以下三种模式中的一种相互同步。组播、过程调用和对称模式。组播模式用于高速LAN。一个或多个服务器定期将时间值通过LAN连接的其他计算机上的服务器中，并设置它们的时钟（假延迟很小）。这个模式能达到准确性较低，但对许多目的而言，这已经足够了。

过程调用模式（procedure-call mode）类似上述的Gaussian算法的操作（在14.3.2节中有说明）。在这个模式下，一个服务器从其他计算机接收请求，并回答问题（当前的时钟读数）应答。这个模式适合准确性要求组播模式的场合，或不能提供对称模式的场合。例如，在单一LAN或等效LAN中的文件服务器，它们需要为文件保持准确的时序信息，这时就可以用过过程调用模式与本地服务器打交道。

最后，对称模式（symmetric mode）可用于在LAN中提供时间信息的服务器和同步子网的较高层（层次较高）。若要获得最高准确性时，应对称模式操作的一对服务器交换有序时序信息。时序数据作为服务之间的关联的一部分保留，维护的顺序数据为了能在不同时间的准确性。

在所有模式中，使用标准UDP互联网传输协议进行消息传递，是不可靠的。在过程调用模式和对称模式中，进程交换消息。每个消息有最近消息事件的时间戳：发送和接收前一个NTP消息的本地时间。发送当前消息的本地时间。NTP消息的接收者记录它接收消息的本地时间。图14-4给出了在服务器A和B之间时间 T_1, T_2, T_3, T_4 和 T_5 。注意，在对称模式中，与上述描述Gaussian算法不一样，在一个消息的到达和另一个消息的发送之间可能存在不可忽视的延迟。而且，消息也可能丢失，但是由每个消息携带的3个时间戳仍然是有效的。

对于两个服务器之间发送的每个消息，由NTP计算偏移 α 和延迟 δ 。偏移 α 是两个时钟之间的时间

图 14-3 在 NTP 实现中同步子网的例子

图 14-4 一对 NTP 服务器之间的消息交换

图 7-4 控制台（基于文本）时间服务客户端用户界面

图 7-6 控制台版本时间服务客户端

图 7-7 GUI 前端与 NTP 客户端交互的时序图

```
public static void main(String[] args)
{
    TimeServiceClient_CONSOLE_uses_library TimeServCln = new TimeServiceClient_CONSOLE_uses_library();
    System.out.println("\nTime Service Client (Console Application - uses Library)");
    System.out.println("-----");

    String sDomain = TimeServCln.Parse_CommandLineArguments(args);
    System.out.printf("Time Service Domain: %s\n", sDomain);
    TimeServCln.SetUp_TimeService_AddressStruct(sDomain);
    System.out.println("Ask Time Service for timestamp 5 times, at 5-second intervals:\n");
    TimeServCln.m_NTP_Client.Set_ClientStarted_Flag(true);

    for (int iLoop = 0; iLoop < 5; iLoop++)
    {
        TimeServCln.Get_NTP_Timestamp();
        try
        {
            Thread.sleep(5000); // 5 second delay between loop iterations
        }
        catch (InterruptedException Ex)
        {
        }
    }
    TimeServCln.Quit(0);
}
```

下发Java参考代码
TimeServiceClient相关部分

《分布式系统概念与设计》
原书第五版
14.3.4 网络时间协议

下发参考材料中文说明

实验要求

实验内容

必做部分

1. 理解NTP协议的原理与过程
2. 在提供代码的基础上完善基于NTP协议的客户端程序
3. 运行上述程序，结合实验结果，针对时间精度、一致性和可用性，以及故障时可能存在的问题分析
4. 结合原理，对所实现的客户端程序提出改进方案

选做部分

1. 实现所提出的改进方案中的一个或多个
2. 对改进做出分析与评价
3. 阅读、复现相关论文或调研工业界中对于跨越全球的服务是如何解决时间问题的
4. 对比其它时钟同步方案
5. 自由发挥

实验报告

章节参照

1. 实验目的
2. 实验内容
3. 实验总体思路
4. 实验过程
5. 实验结果
6. 效果和问题分析
7. 体会和建议

展示

必须涵盖

1. NTP协议技术原理，需要进行梳理，不要直接复制大段的文字，请在简洁的同时尽量全面
2. 客户端程序技术方案及实现
3. 客户端程序运行结果及“实验内容”中要求的分析
4. 改进方案介绍

选做部分

1. 展示所实现的改进方案核心代码
2. 改进方案结果分析与评价
3. 论文阅读或调研结果分享
4. 与其他时钟同步方案的对比展示
5. 自由发挥

评分标准

实验报告 (40%)

必做部分

1. 技术原理 (10%)
2. 技术方案及实现 (10%)
3. 结果与问题分析、可能的改进方案 (10%)

选做部分 (10%)

1. 实现所提出的改进方案中的一个或多个
2. 对改进做出分析与评价
3. 阅读、复现相关论文或调研工业界中对于跨越全球的服务是如何解决时间问题的
4. 对比其它时钟同步方案
5. 自由发挥

不能按时提交则报告成绩减半!

将上述内容按上页所述章节安排进实验报告
选做部分均不需要全部完成

展示 (60%)

必须涵盖

1. NTP协议技术原理，需要进行梳理，不要直接复制大段的文字，请在简洁的同时尽量全面 (10%)
2. 客户端程序技术方案及实现 (15%)
3. 客户端程序运行结果及“实验内容”中要求的分析 (15%)
4. 改进方案介绍 (10%)

选做部分 (10%)

1. 展示所实现的改进方案核心代码
2. 改进方案结果分析与评价
3. 论文阅读或调研结果分享
4. 与其他时钟同步方案的对比展示
5. 自由发挥

Hint

如果不明确应该如何进行分析，可以从下述几个问题入手：

1. 经过NTP同步后的时间一定准确吗？如果不准确，那么在哪些地方会产生误差？
2. 有没有什么措施可以减小甚至消除上述的误差？
3. 分布式系统中同步时间的意义在哪？时间上的误差会如何影响系统的正常运行？

实验过程建议

1. 理解原理
2. 设计、实现相关实验
3. 分析问题，提出（并实现）改进方案
4. 其他探索，参考实验内容选做部分
5. 完成报告

参考资料

- 下发课程资料
- 什么是NTP?NTP如何实现时钟同步?
- 维基百科
- 计算机的时钟-NTP协议

Thank you!