

In Commercial Confidence (保密)

北纬医疗科技（深圳）有限公司工作文献

Shenzhen BV Medical science and technology Co., LTD. work literature

外包需求文档

# 网络通信软件开发



作者:	杨森、洪伟练
审核:	
批准:	
日期:	
版本:	A/1
备注	

北纬医疗科技（深圳）有限公司

All Rights Reserved

## 历史修订记录

版本	修订章节	修订内容概述	修订人	审核人	日期
A/0		新建	谢红伟		2026/4/20
A/1		根据周利和伟练的意见修改	谢红伟		2026/4/21

## 目 录

目 录.....	2
1 项目背景.....	3
1.1 公司简介.....	3
1.2 产品介绍.....	4
1.3 通信方式.....	5
2 下位机.....	5
2.1 硬件环境.....	5
2.1.1 主控箱.....	5
2.1.2 压力盒/尿流计.....	6
2.2 问题描述.....	6
2.3 开发目标.....	6
2.3.1 通信需求.....	6
2.3.2 开发需求.....	7
2.3.3 异常处理.....	7
2.4 验收.....	7
2.5 交付.....	8
3 上位机.....	8
3.1 总体需求.....	8
3.2 基本功能.....	9
4 开发策略.....	9
4.1 网络通信 API.....	9
4.2 分阶段开发.....	9
4.2.1 预研阶段.....	10
4.2.2 产品阶段.....	10




# 1 项目背景

## 1.1 公司简介

我司已有 20 多年医疗器械销售历程，在医疗行业根基深厚、人脉广阔，并于 2020 年投资 3000 多万专注于**泌尿外科诊治和生命体征监测**等产品和系统的研发、生产和销售。公司致力于为每位用户提供精准、高效、舒适、安全的临床级医疗服务，打造全新的医疗健康生态系统。



目前拿到注册证且已上市销售的产品有：

<b>临床科室</b>		<b>全数字掌上超声 诊断仪</b>	适用科室：麻醉科、急诊科、ICU、泌尿外科、普外科、甲乳外科、肝胆外科、血管外科、妇产科、疼痛科等
		<b>超声膀胱容积 测定仪</b>	适用科室：麻醉科、急诊科、ICU、泌尿外科、妇产科、神经内科、体检中心、康复中心、放疗科、老年病科等
		<b>T型掌上超声 诊断仪</b>	适用科室：麻醉科、急诊科、ICU、泌尿外科、普外科、甲乳外科、肝胆外科、血管外科、妇产科、疼痛科等



## 1.2 产品介绍

我司已经上市的尿动力学分析仪和尿流率监测仪产品如下图所示：



## 1.3 通信方式



硬件设备（主控箱、压力盒、尿流计）分别通过蓝牙、USB、有线网和 Wifi 与电脑通信。现在已经实现了蓝牙和 USB 通信，且上层已经建立了自己的通信协议（BV 通信协议），可以实现数据持续上传、通知上发、控制指令下发等，BV 通信协议能提供有保障的传输（握手、下发参数包、重传、应答等机制），且通信速率和时效性均达到产品要求。

目前实现的 TCP 通信方式有些问题，主要表现在频繁断连重连，其他表现良好。

## 2 下位机

### 2.1 硬件环境

#### 2.1.1 主控箱

- (1) 主控芯片：STM32F405RGT6
- (2) 有线网络：W5500，使用 WW5500 官方库，硬件 TCP/IP 协议栈（W5500 内置）
- (3) 蓝牙&Wifi：ESP32S3-1U-N16

- i) 开发环境：IDF-4.4.4
  - ii) 同时支持 WIFI 和 蓝牙 BLE 但不同时工作（二选一通信）
  - iii) 协议栈：LWIP (Lightweight IP) v2.x
  - iv) WiFi 模式：Station 模式 (STA) 或 AP+STA 混合模式
  - v) Socket 类型：标准 Socket
  - vi) ESP32 的 蓝牙 ble 与 WiFi 互为热备，切换控制和数据通信由 STM32 单片机通过 USART 接口实现。即上位机 (PC) 发送的数据先达到 ESP32，再经过 USART 传输到 STM32 (主控) 处理，反之，下位机发送数据是 STM32 (主控) 将数据经过 USART 传给 ESP32，再经过 蓝牙 ble/wifi 上传到上位机 (PC)。
- (4) 应用层协议为封装的 BV 通讯协议，解包

## 2.1.2 压力盒/尿流计

压力盒和尿流计采用相同的电路设计和芯片，与主控箱的区别是：压力盒/尿流计取消了 STM32 芯片，直接使用 ESP32S3-1U-N16 作为主控芯片了，其他没区别。

## 2.2 问题描述

- (1) 内存耗尽：在同时启用 Wi-Fi 与有线网络时，系统内存（堆内存）不足。
- (2) 不稳定现象：系统死机（看门狗触发或崩溃重启）、网络断联（Wi-Fi 断开、W5500 链路丢失）、数据丢包（TCP 重传率高）。
- (3) 切换逻辑问题：多网络接口（USB/Wi-Fi/Ethernet/BLE）切换时，资源释放与初始化冲突。

## 2.3 开发目标

### 2.3.1 通信需求

由于医疗产品的数据通信要求很高，首先是低延迟，数据发送要能即刻到达；其次是少粘包，否则数据曲线会出现时快时慢影响医生判断；最后是可靠性高，数据不能丢失，一旦丢失会引发误诊，后果比较严重。

通过配置的方式选用 3 种通信方式（USB、有线、wifi）中的一种作为主通信方式。

蓝牙是保底通信，当其他通信方式都无法通信的时候，会自动切换到蓝牙通信。

网络通信可以选择：（1）TCP 通信；（2）UDP 通信；（3）数据传输 UDP，其他 TCP。

开发优先级为 TCP 优先。

### 2.3.2 开发需求

在有限内存下，实现四路通信（USB/以太网/Wi-Fi/BLE）的稳定共存与平滑切换，确保上层 BV 通信协议可靠运行。

优化内存使用情况，至少保证 50kB 的堆空间（可考虑实现 WIFI/蓝牙协议栈动态加载的方法）。

日志功能：上位机有记录日志的功能，使用我们项目中现有的日志模块即可。下位机也需要记录关键日志和异常日志，上位机通过工具可以读取，还可以串口打印实时日志。

序号	指标	WIFI 要求	有线网络	测试方法
1	数据包发送周期	100ms ± 5ms	100ms ± 5ms	I/O 翻转+网络抓包工具
2	端到端延迟	<500ms	<50ms	时间戳比较
3	丢包率	<0.1%	远低于 0.1%甚至趋近于 0%	每 100ms 发一个包，连续发送 1 小时。
4	抖动	<50ms	<10ms	连续发送数据报延迟的标准差
5	重连	<3s	<3s	断线重连恢复时间
6	数据包格式	BV 通信协议		BV 通信协议
7	Wifi/有线切换	<1s	<1s	
8	断连	<1 次/小时	<1 次/3 小时	办公室网络正常

### 2.3.3 异常处理

发送失败：立即重试，连续 3 次失败标记链路异常

ACK 超时：北纬通信协议管理重传

延迟超标：单包延迟>500ms 记录日志，连续 3 包超标重启 Socket

连接断线：立即关闭 Socket，进入重连流程

## 2.4 验收

压力测试：连续发送 100,000 包，统计丢包率和延迟分布

重连测试：随机切断网络物理连接 100 次，验证自动重连能力

大数据量测试：发送 1024 字节大包，验证分包与重组正确性

发包间隔测试：测试使用逻辑分析仪抓测试 IO 的翻转，100 个包间隔统计

煲机测试：与应用联合编译运行持续 72 小时不出现死机，应用层可感知的断联

网络压力测试：在 wifi 连接时，同时下载文件或播放视频的时候，测试数据通信的延时、粘包和丢包情况。

## 2.5 交付

优化后的固件源码（包含所有修改）。

内存优化报告（优化前后对比数据）。

网络接口管理模块设计说明。

压力测试报告（包括 72 小时稳定性数据）。

用户配置说明（如何调整参数以适应不同场景）。

## 3 上位机

需要开发一个运行于 Windows 10/11 环境下的 TCP 服务端，使用 C 语言实现（便于与下位机代码重用），与多个客户端进行双向数据通信。该服务端作为通信通道进行数据透传，通信协议包由上层 BV 通信协议进行组包和解析。

### 3.1 总体需求

- (1) 要求 7×24 小时不间断运行，具备工业级的可靠性与稳定性
- (2) 开发语言：C
- (3) 运行平台：Windows 10/11，不依赖第三方运行时库，仅使用 Windows 自带的 API 和 Socket 等
- (4) 代码要求：模块化、注释清晰、无内存泄漏、无资源句柄泄漏
- (5) 交付形式：完整的 Visual Studio 2022 工程，编译生成单个 dll 文件

## 3.2 基本功能

- 1、TCP 监听：绑定指定 IP（0.0.0.0 或特定 IP）和端口，支持运行时修改配置
  - 2、客户端接入：自动接受客户端连接，为每个连接分配唯一 ID，记录 IP 与端口
  - 3、数据接收：异步接收数据，透传数据给业务层
  - 4、数据发送：提供发送接口（线程安全），接收业务层的通信包进行透传。支持向指定客户端发送数据。
  - 5、连接管理：主动断开、被动断开检测，自动清理无效连接
  - 6、日志系统：分级日志（DEBUG/INFO/WARN/ERROR），记录连接事件、收发统计、异常信息，日志文件按天切割，保留最近 10 天。日志模块需要使用项目中已经在用的日志库，不要单独再写日志代码或使用其他第三方日志库代码。
  - 7、配置管理：提供配置接口，可修改：监听端口、最大连接数、心跳间隔/超时时间、日志级别等
  - 8、优雅关闭：提供关闭接口，接收到关闭指令后先断开所有客户端连接，释放资源后再关闭服务端线程。
- 可靠性要求：连接保活、异常断线恢复、内存稳定性、线程管理和安全、长时间运行（至少保证 72 小时不间断运行）、10 台设备同时通信，数据不丢失。

## 4 开发策略

### 4.1 网络通信 API

无论是上位机还是下位机，均使用 socket 套接字实现网络通信基本开发。

由于网络通信协议栈会有主动提高使用效率的处理，发送数据时会等待一定数据长度才会发送，所以需要配置为立即发送，否则，端到端数据延迟可能会超标。

### 4.2 分阶段开发

分阶段开发可以降低风险，还可以按阶段交付和付费。

## 4.2.1 预研阶段

在纯净的环境下开发上下位机 TCP 和 UDP 通信代码，能自动统计发送/接收包数量、丢包数量、粘包数量、重连次数、每次重连时长等。用来测试纯净版的通信能力和纠错能力。

统计下位机软件编译占用多少内存，再评估一下业务代码编译后还省多少内存，是否够用，如果不够，就要继续优化。

交付物：电脑端和设备端的运行文件、源代码、开发设计文件、代码说明文件等。

## 4.2.2 产品阶段

将预研阶段的通信代码移植到现在的产品业务代码中去，使之成为一个可以“透传”类似蓝牙/USB 一样的通信链路，使我们的 BV 通信协议可以在这个链路上顺利运行和传输数据。

尤其需要注意的是内存的使用，目前内存资源有点紧张。

交付物：电脑端和设备端的运行文件、源代码、开发设计文件、代码说明文件、培训指导我司人员能顺利接手该代码（能修改和维护）等。

# 5 人员要求

- 1、熟悉STM32单片机的开发环境keil，熟悉ESP32的开发环境ESP IDF4.4.4
- 2、熟悉esp32的网络协议栈开发和BLE开发步骤，STM32裸机前后台代码和FREERTOS的调试方法
- 3、熟悉STM32单片机的标准库开发
- 4、有ESP32S3芯片下的wifi/蓝牙双协议栈配置调试经验；
- 5、有开发过USB/以太网/wifi/蓝牙多个协议栈集成无缝切换的经验
- 6、有stm32/esp32s3资源调优，内存使用优化的经验