完整的通信链路

OSI 七层模型与协议对照表

层次	功能	常见协议/标准	工业协议
物理层	定义硬件接口、电气特性、信号传输方式。	RS-232、RS-485、USB、Ethernet、CAN、Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、LoRa、NFC	Modbus RTU（基于 RS-485）、CANopen（基于 CAN）
数据链路层	提供可靠的数据帧传输，处理错误检测和纠正。	Ethernet（IEEE 802.3）、Wi-Fi（IEEE 802.11）、PPP、HDLC	Profinet、EtherCAT
网络层	负责路由选择和逻辑地址分配，确保数据包跨网络传输。	IPv4、IPv6、ICMP、ARP	Modbus TCP（基于 IP）、CIP（Common Industrial Protocol）
传输层	提供端到端的通信服务，负责数据分段、重组和流量控制。	TCP、UDP	MQTT（基于 TCP）、CoAP（基于 UDP）
会话层	管理会话（连接的建立、维护和终止）。	SMB、RPC	OPC UA
表示层	数据格式转换、加密解密、数据压缩。	TLS/SSL、JSON、XML	无特定工业协议，但加密和数据格式在工业通信中广泛使用。
应用层	为用户提供直接的网络服务，定义应用程序之间的通信规则。	HTTP/HTTPS、FTP/SFTP、SMTP/IMAP/POP3、WebSocket、gRPC	Modbus TCP（基于 TCP）、OPC UA、BACnet（楼宇自动化控制网络）

IPC（进程间通信）方式与层次对照表

通信方式	功能	适用层次	应用场景	优点	缺点
匿名管道	单向或双向通信，适用于父子进程之间的数据传递。	操作系统层（不属于 OSI 模型，但常用于应用层之上）。	本地进程间通信，适用于简单的数据传递。	简单易用，操作系统原生支持。	仅限本地通信，数据量较小，父子进程关系限制。

	Socket				
	Signal				
	Memory-Mapped Files				
gRPC	HTTP/2				
REST API	HTTP		-	-	
WebSocket	TCP				
SignalR	WebSocket/SSE/Long Polling				WebSocket Long Polling

MQTT	基于 TCP 的轻量级发布/订阅协议。	应用层	物联网设备的轻量级通信。	轻量级，低带宽消耗，支持 QoS（服务质量）等级，适合低功耗设备。	需要专门的 MQTT Broker，消息格式简单，不适合复杂数据结构。
D-Bus	Linux 系统中用于进程间通信的消息总线。	操作系统层（不属于 OSI 模型，但常用于应用层之上）。	Linux 系统中的进程间通信（如桌面环境组件之间的通信）。	高效，支持广播和点对点通信，适合 Linux 环境。	仅适用于 Linux 系统，跨平台支持较差。
ZeroMQ	高性能消息队列库，支持多种通信模式（如发布/订阅、请求/响应）。	应用层	分布式系统中的高性能通信。	高性能，支持多种通信模式，跨平台支持好。	需要手动管理消息格式和连接，学习曲线较陡峭。

补充说明

关于 Modbus 的位置说明

- **Modbus RTU**: 基于 RS-485 的物理层和数据链路层协议，主要用于工业现场设备之间的通信。
- **Modbus TCP**: 基于 TCP/IP 的应用层协议，适用于工业自动化中设备与服务器之间的通信。

协议的组合应用示例

1. 下位机与上位机

- 场景：工业现场的传感器（下位机）通过 RS-485 与 PLC（上位机）通信。
- 协议组合：
  - 物理层：RS-485。
  - 数据链路层：Modbus RTU。
  - 应用层：Modbus 协议解析传感器数据。

2. 上位机与远程服务器

- 场景：PLC（上位机）通过以太网将数据上传到远程服务器。
- 协议组合：
  - 物理层：Ethernet。
  - 数据链路层：以太网帧。
  - 网络层：IPv4。
  - 传输层：TCP。
  - 应用层：HTTP 或 MQTT。

3. 远程服务器与前端客户

场景 ：远程服务器通过 Web 服务向前端客户提供实时数据。
协议组合 ：
物理层 ：光纤或 Wi-Fi。
数据链路层 ：以太网或 Wi-Fi。
网络层 ： IPv4/IPv6。
传输层 ：TCP。
表示层 ：TLS（ HTTPS）。
应用层 ： REST API 或 WebSocket。

总结

清晰的分层职责 ：每一层都有明确的功能和协议，避免混淆。
Modbus 的位置 ： RTU 属于物理层和数据链路层， TCP 属于应用层。 IPC 的层次划分 ：大部分 IPC 通信方式位于操作系统层，但也可以延伸到传输层和应用层。
协议组合的灵活性 ：根据场景

需求，协议可以跨层组合使用，形成完整的通信链路。

版本号 #3
由 叶子 创建于 12 四月 2025 01:47:04
由 叶子 更新于 2 五月 2025 19:25:52