

Jomitek LSA 雷电监测传感器

- 使用手册 -

- 更新于 2019 年 3 月 4 日 -

目录

1 LSA 雷电监测传感器产品说明	3
1.1 概述	3
1.2 首次快速入门	3
1.3 对接选择和要求简要	3
2 系统安装	3
2.1 安装注意事项	4
2.2 电源	4
2.3 雷电监测传感器系统测试	5
3 雷电监测和数据测量	6
3.1 运作原理	6
3.2 雷击参数特性	6
3.3 测量配置	7
4 软件和固件结构	7
4.1 微控制器平台和 RTOS	7
4.2 文件系统	7
5 Web 界面	8
5.1 总结构	8
5.2 子页面	9
5.2.1 资源管理器视图	9
5.2.2 设备定位	10
6 IEC-60870-5-104 配置	10
6.1 时间戳示例	12
7 MODBUS 配置	14
8 信号分析	14
8.1 WAV 文件	14
9 固件和软件更新	14
9.1 引导加载序列	14
9.2 固件升级	15
10 高级用户界面	15
10.1 Telnet 命令行界面	15
10.2 FTP 文件传输接口	16

1 LSA 雷电监测传感器产品说明

1.1 概述

LSA 旨在监测风力发电机组落雷情况，实时发出雷击警报，并测量雷电流特征参数，如峰值电流，波前时间，陡度，单位能量和雷击总电荷。此功能是帮助现场维护人员评估雷击带来的损害，提高员工效率，延长设备使用寿命以及及时进行设备维护和更换的关键。

每台风力发电机组只需要安装一套这样的雷电监测传感器，传感器通过强磁直接吸附在风机塔筒外部，通常安装于门框上方半米距离。传感器的供电和通信采用 PoE 方式，配套网线插头具备 IP68 防护等级。

简而言之，LSA 雷电监测传感器是一个非常紧凑而独立的雷电数据处理平台，包括测量数据的高级后处理，远程配置。LSA 易于安装和使用，并且几乎免维护。

有关最新的产品资料和软件，请访问 LSA 雷电传感器支持网站 <http://jomitek.dk/en/support/lsa>

1.2 首次快速入门

1. 将传感器连接到自有网络上的 PoE 交换机。需要 DHCP 服务器为 LSA 雷电监测传感器分配 IP 地址。
2. 通过查看自有网络中 DHCP 服务器的客户端分配表或使用 Jomitek 设备定位器软件来确定传感器分配到的 IP 地址。Jomitek 设备定位器下载地址为 <http://jomitek.dk/en/downloads/tools/>。
3. 使用该 IP 地址，通过 Web 浏览器访问图形用户界面。

1.3 对接选择和要求简要

LSA 使用单个 RJ45 以太网连接器用于通信和电源。LSA 既可由符合 PoE 标准的 2 类供电设备供电，也可以直接通过以太网线采用 24V 或 48V 直流电源供电。

当传感器通电连接后，可以通过图形 Web 界面，IEC 60870-5-104 协议，FTP 或 Telnet 客户端例如 Putty 进行访问。此外 Web 服务选项易于定制，以满足 SCADA 集成的需要，如通过 JSON-queries 获取传感器工作状态、雷击事件列表等信息。

传感器可以通过选配控制接线盒，获得额外的继电信号接口，并且可以兼容老款传感器的信号接口。该控制接线盒提供多种电源冗余选项（包括内置可更换充电电池），以及报警指示灯、报警复位按钮、报警信号检测按钮和报警继电信号输出等与老款传感器一致的功能。

2 系统安装

安装 LSA 雷电监测传感器极其简便，且不需进行校准。传感器可简单地直接吸附到风力发电机塔架外部，背部内置的永磁体可确保传感器与塔架可牢固粘附。根据需求将接地线连接到接地螺栓，最后连接以太网电缆进行供电与通信。

请注意，传感器上的以太网接口（中央连接插头）必须始终通过端接插头或传感器配套的高防护等级 IP68 的以太网电缆密封。默认情况下，传感器将配备 4 个集成在传感器外壳中的永磁体，可以与直径为 4 米至 6 米的圆形塔筒结构完美契合。如有需求，传感器壳体也可以根据直径 6 米以上塔筒定制。

磁吸的另一种安装方案是使用四个 M6 螺栓来固定外部磁铁，与集成磁铁块相比，吸合强度大约翻一番。最后一种可选安装方案是利用相同位置的 M6 螺纹配合使用 M6 螺栓固定传感器壳体（注意这些螺栓必须是 A2 或 A4 级不锈钢螺栓）。此安装选项在传感器安装于非磁性表面时显得异常重要，如风机塔筒是混凝土材料。

当使用磁铁安装选项时，建议在箱体周围（当使用集成磁铁时）或在外部磁铁块周围添加粘接剂密封胶。这将保证长期固定安置。建议选择合适密封胶 Sikaflex 291i，通常为白色或具有类似特性的密封胶。所使用的特殊密封胶须与风机的制造商核实。

为了确保后处理时测量数据的精度，应在使用前对系统进行配置。有关传感器配置部分，请参阅 3.3。

2.1 安装注意事项

LSA 雷电监测传感器通过测量由闪电击中风力发电机后流经发电机塔身而产生的磁场来进行报警以及数据监测。为了充分发挥传感器的效能，则需尽量减少传感器附近的磁干扰。一般来说，在传感器周围 20 厘米垂直距离和至少 50 厘米水平距离范围内，除塔筒本身外，应避免铁和其他铁磁材料。

在某些特殊风机接地设计中，雷电流可能会通过位于风机内部的接地电缆分流接地，该接地电缆有可能远离塔筒的中轴，参见图 1。在这种情况下，如果传感器是安装在指定的位置范围内，即传感器位置水平偏离塔筒中心与接地电缆连线的夹角在 45 度至 55 度之间，雷电流的峰值测量将符合标定的测量精度。这个偏离角度对应的塔筒外侧周长长度相当于塔筒直径的 0.44 倍。例如，对于在传感器安装高度位置直径为 6 米的塔筒，恰当的传感器安装位置应该距离同一水平面塔筒外侧最靠近接地电缆的参考点 2.64 米，该安装位置位于参考点的对称两侧。

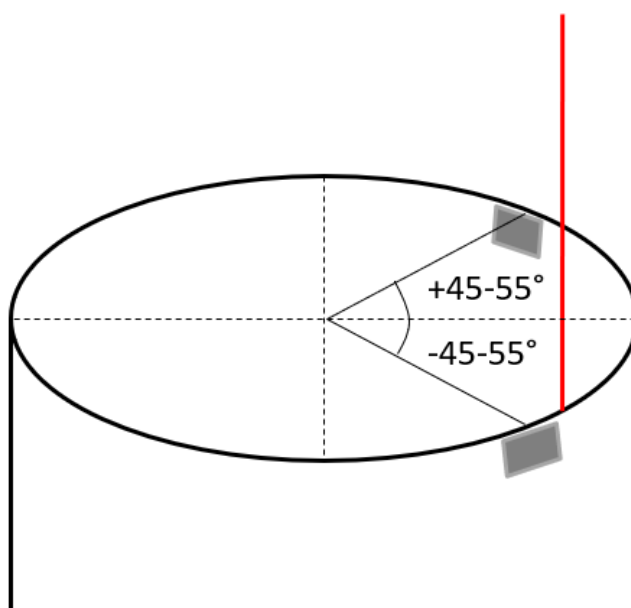


图 1: 风机塔筒横截面图，指示相对于偏离塔筒中心部署的接地电缆，合理的传感器安装位置。

2.2 电源

传感器由 PoE (IEEE 802.3) 供电，且支持 PoE 标准规定的两种电缆配对选项。有关详细信息，请参见图 (2) 传感器属于 2 类设备，峰值功耗可达 3.84W-6.49W。

如果安装环境不提供 PoE 电源，则可使用外部 24/48V 直流电源。此电源必须通过以太网线接入。使用模式 B 引脚 4/5 (DC 直流+) 和引脚 7/8 (DC 直流-) 的特殊分离器电线可从 Jomitek 订购。

请注意，传感器的供电要求最低限度的冗余，以确保在风机在供电失效后仍有至少 2 分钟时间的供电保障。如果不符合这一标准，雷击造成风机供电失效时传感器就无法有效记录到雷电流测量数据。Jomitek 电源和控制接口盒可以提供传感器所需要的不间断电源 (UPS)。也可以采用第三方 UPS 或者电池组等外部电源供电方案。在选择备用电池容量时，需要注意，当 LSA 雷电监测传感器被配置为 2 类设备时，平均功耗将小于 2W。

订购 LSA 雷电监测传感器时可以选择有警报信号继电器输出功能的型号。该型号传感器会利用以太网网线中的 2 芯，引脚 5 和引脚 8，作为继电器信号输出。在这种情况下，传感器仍可以使用芯线 (引脚 1 和引脚 2、引脚 3 引脚 6) 或直接使用导线 (引脚 4 和引脚 7) 供电。具体哪些芯线用作电源线取决于所使用的 POE 交换机的供电方式是模式 A 还是模式 B。这意味着，传感器在同时使用继电器输出和使用 PoE 模式 B 供电的情况下，需要特殊的分线器实现。Jomitek 建议用户配套使用专用接口盒，以简化这种电气接口的集成安装过程。

电源电路通过 1500V 隔离变压器与传感器电子元件电隔离。

802.3af Standards A and B from the power sourcing equipment perspective

















Pins at switch	T568A color	T568B color	10/100 mode B, DC on spares		10/100 mode A, mixed DC & data		1000 (1 gigabit) mode B, DC & bi-data		1000 (1 gigabit) mode A, DC & bi-data	
Pin 1	 White/green stripe	 White/orange stripe	Rx +		Rx +	DC +	TxRx A +		TxRx A +	DC +
Pin 2	 Green solid	 Orange solid	Rx -		Rx -	DC +	TxRx A -		TxRx A -	DC +
Pin 3	 White/orange stripe	 White/green stripe	Tx +		Tx +	DC -	TxRx B +		TxRx B +	DC -
Pin 4	 Blue solid	 Blue solid		DC +	Unused		TxRx C +	DC +	TxRx C +	
Pin 5	 White/blue stripe	 White/blue stripe		DC +	Unused		TxRx C -	DC +	TxRx C -	
Pin 6	 Orange solid	 Green solid	Tx -		Tx -	DC -	TxRx B -		TxRx B -	DC -
Pin 7	 White/brown stripe	 White/brown stripe		DC -	Unused		TxRx D +	DC -	TxRx D +	
Pin 8	 Brown solid	 Brown solid		DC -	Unused		TxRx D -	DC -	TxRx D -	

图 2: PoE IEEE802.3 标准 A 和 B。图片来源于: https://en.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet

2.3 雷电监测传感器系统测试

作为 LSA 安装过程的最后一步，我们强烈建议用户测试一下刚刚安装完成的系统。使用 Jomitek 雷电脉冲波发生器即可完成测试，如图（3）。

该脉冲发生器由一节 9V 电池供电。建议随身携带一节备用的 9v 电池和一把用来更换电池的螺丝刀。请记得在使用后关闭电源，以延长电池的使用寿命。如当心使用，电池电量足以满足产生数百次雷电放电脉冲。

雷电脉冲发生器具备一个电源开/关按钮、指示充电状态的 LED 灯、以及一个红色按钮用来触发波形类似于标准雷电放电的电流脉冲。

使用 Jomitek 雷电脉冲波发生器触发测试脉冲电流的步骤：

- 如图（3）所示，将雷电脉冲发生器放置在 LSA 的正上方。
- 打开电源开关。红色 LED 灯先亮，数秒种后红色 LED 灯灭，绿色 LED 灯亮，表示此刻脉冲发生器已完全充电。
- 按一下红色按钮执行测试，该按钮将释放模拟雷电的脉冲电流。
- 关闭电源开关。
- 验证 LSA 记录的脉冲波 - 这取决于不同的系统配置，也可能需要验证继电器输出信号是否触发，风机控制系统是否通过 Modbus TCP 或者 IEC-60870-5-104 等通信规约接收到报警信息。请注意，雷电警报信号几乎是立即触发的，但雷电关键参数和时序测量数据需要等待约两分钟后才可读取。



图 3: 雷电脉冲发生器必须放置于 LSA 壳体正上方以便检测测试脉冲。

3 雷电监测和数据测量

3.1 运作原理

雷电击中高结构后，将产生电流并流经整个结构。对于钢结构的风力发电机塔，即使塔架配有绝缘的引下线，由于存在的巨大电压差将轻易地越过绝缘层，因此该电流也将会均匀地分布在塔架结构中。

通过塔身架的电流将产生环绕塔身架的磁场。Jomitek LSA 雷电监测传感器以 1MHz 的采样频率连续地监测和测量风力发电机塔的表面处的磁场强度。当雷电击中风机后，相关的雷电流和磁场将被传感器监测到，传感器将触发报警继电器并记录磁场的时序序列，磁场将在后处理中转换为等效的雷电流。

3.2 雷击参数特性

当传感器监测到雷电电流强度高于用户设置的阈值时，以 1 MHz 分辨率记录完整的雷电电流时序序列。当时间序列已记录在内部存储器中后，传感器将对数据进行后处理，并计算关键参数。全时间序列数据从记录的磁场强度转换为等效的雷电流，并存储在 .wav 格式的文件中。关键参数存储在结构化日志文件中。

后处理的关键参数有：

- 峰值电流，测量单位 kA 千安。
- 波前时间。雷电流浪涌从其峰值电流值的 10% 增加到 90% 所需的时间。测量单位为 μs 微秒。
- 陡度。雷电电流脉冲的最大陡度。以 $\text{kA}/\mu\text{s}$ 计。
- 总电荷。雷击带来的总电量。测量单位为 C。

- 单位比能。测量单位为 kJ/Ohm。
- 闪电脉冲的极性。正或负。

时间序列数据和关键参数都可以直接从 Web 界面或通过 FTP 查看或下载。

3.3 测量配置

在获得精确的测量数据之前，必须先要在传感器系统中设置风机塔筒结构的几何形状参数，这样才能确保用于将测量的磁场转换为等效雷电电流的模型是足够准确的。这些参数包括：

- height [m]: 从塔筒底部 (地面或海平面) 到机舱顶部的风机高度。
- sensor_mount_height [m]: 传感器安装点高于地面或海平面的高度。
- radius [m]: 风机塔筒的半径。

此外，可以配置下列参数以满足用户对测量的要求：

- trigger_level [kA]: 雷电流阈值用于触发警报指示、记录雷电流时间序列和后处理。
- time_series_length [ms]: 需要记录的雷电流时间序列的长度，以毫秒为单位。可以指定 100 到 1000 毫秒。
- charge_integration_threshold: 数据后处理中计算总电荷和比能量含量时，将雷电流时间序列积分时所使用的噪声阈值水平。建议在厂家指导下修改。在后续的版本更新中可能会自动检测噪声阈值，此参数将被省略。

4 软件和固件结构

4.1 微控制器平台和 RTOS

Jomitek LSA 雷电监测传感器具有时钟频率为 120Mhz 的 ARM Cortex M4F 微处理器。实时操作系统 (RTOS) 可管理用于连续数据采集，实时雷电监测，测量后处理和用户交互的处理器资源分配。

微处理器中使用的固件可以使用加密的固件压缩包安全更新，从而保证在安装后仍能进行功能添加和改进。

LSA 固件包括运行 Lua 脚本语言的脚本引擎，该引擎支持执行自定义代码和对传感器进行动态重新配置。从而可支持超出出厂默认配置的设置，可容易地对实时监测，报告，事件摘要等进行集成和用户定制。如有更多需求，欢迎联系 Jomitek 进行用户定制设计。

4.2 文件系统

LSA 传感器内置 FAT 格式的 SD 卡，用于存储非易失性数据。这些数据包括 Lua 脚本和 Web 服务器内容形式的软件，以及配置文件、WAV 文件格式的时间序列记录和日志文件。SD 卡的标准存储容量为 8GB，在大多数情况下足够保存传感器和风机在使用中记录的数据。这样推断是基于单次雷击事件记录通常消耗 <1MB 的存储空间 (压缩的)，并且至少有 4GB 的存储专用于接收雷击事件数据，也就是说，从存储容量的角度至少可以存储超过 4000 次雷电流数据。

- 0:/root - 包含所有其他目录的根目录。当使用 root 用户 (仅限超级用户) 登录时，可以通过 FTP 界面访问此目录。
- 0:/root/service - 面向用户的主目录，包含所有与用户相关的子目录。当使用用户定制的 FTP 帐户 (默认帐户名称: service) 登录时，可以通过 FTP 界面访问此目录。
- 0:/root/service/conf - 系统配置目录。
- 0:/root/service/log - 系统相关日志目录。
- 0:/root/service/software_update - 用于上传固件和软件更新压缩包目录。
- 3:/root/service/data - 测量数据，如 WAV 格式的时间系列和事件日志。

5 Web 界面

5.1 总结构

Web 界面包括四个主要部分，如图4所示，介绍如下。

- *tab menu* 用于子目录间的导航。
- *main content area* 用于显示子目录内容。
- *page context menu* 用于与当前选择的子目录的交互，不是所有子目录上都有此菜单。
- *notification area* 用户操作和输入后的信息反馈显示页面。提示信息以发生时间新旧排序，信息提示框会在 20 秒后自动消失，也可手动关闭。

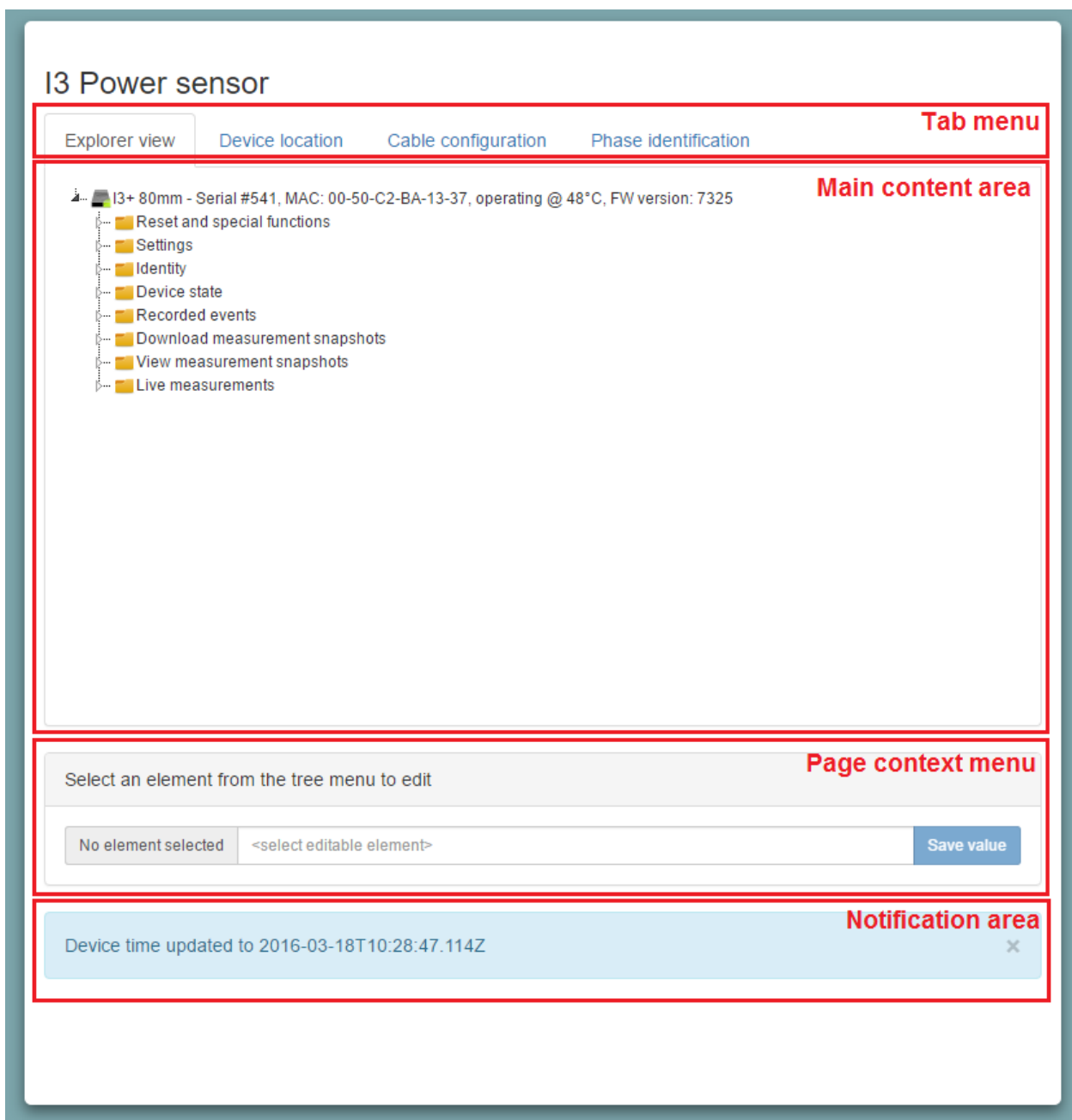


图 4: Web 界面四个基本部分的展示图

5.2 子页面

5.2.1 资源管理器视图

Explorer view 页面可以快速直接访问大多数传感器设置，功能和测量。所有页面都按层次目录结构排列，可以在单击时展开。

在层次目录中的一个目录被选中时，*page context menu* 将显示目录内容，如果内容可编辑，在输入新内容后，可以通过单击 *Save value* 按钮进行保存。

根据信息类型，最低级别扩展将作为执行相关命令的按钮，作为文件下载的链接，扩展含有所请求内容的主页底部的链接，或者在特定参数值的情况下，该值将插入到可编辑的文本框中。

main folder (顶级图标) 代表传感器设备本身，包含几个主要状态和标识参数。设备文本由以下参数汇编：在 *'conf/identity.conf'* 中的 *'type'* 和 *'serial_number'*，使用特殊系统调用的 MAC 地址和使用另一个系统调用的处理器内核温度。当鼠标光标移至目录上时，将显示网页加载的服务器端时间 (GMT) 的附加信息。

Reset options 具有一个重置主设备按钮。当传感器需重新启动再运作时，复位命令会发送至传感器，并且 Web 客户端设置会自动重新加载页面。如果上述没有发生，请重新加载页面，并记住检查，重置后目标 IP 地址是否仍然正确。

Settings 信息目录显示由 *'conf/settings.conf'* 目录定义的数据表。任何基于 Web 修改的参数将直接在 *'conf'* 目录中更新。注意，一些参数的更新需在复位后才生效。此文件夹与 **Identity** 和 **Device state**，是与 Lua (在本例中为 *'CONFIG'*) 中的数据表直接对接。因此，在子目录和参数名称中没有“空格”，亦或其他特殊字符。这样的好处是，Lua 数据表中的任何修改将在下一次重新加载后直接反映在网页上。

请注意，**Settings** 目录中的大多数参数通过将光标放在所讨论的参数上即可获取相应信息描述。对于包括在其他目录中的许多参数，情况也是如此。信息描述以及基于 Web 的参数更新时的基本数据格式验证文件，是通过 *'conf/description.csv'* 目录，或在对接 *'csv'* 目录 (例如，*'conf/iec104_analogue.csv'*) 的 IEC104 数据点中默认定义的。

database 子目录为主 Lua 数据表定义了一些高级别的行为设置。

lsa 子目录包含传感器一系列的特定配置选项：

- **alarm_relay** 在监测到雷击时，向外部系统输出报警继电器信号的设置。
- **calibration** 出厂定义的校准常数。
- **measurement** 与雷电流触发电平相关的配置参数，当监测到触发时要记录的时间序列长度。默认值和最大值为 1000 ms。
- **tower** 安装有传感器的风力发电机的物理几何形状的参数描述。这些参数确定了磁场与雷电流的转换模型，因此确定所有这些参数才能保证在后处理中获得最佳精度。

iec104 罗列出用于 IEC 60870-5-104 协议配置的所有主要参数，包括用于地址匹配和参数类型定义的文件链接。

logging 提供用于将哪些事件或故障类型录入系统日志的参数化选项。参见通过 FTP 的 */log*。一般来说，不需要更改这些设置。

tcPIP 提供是否使用 dhcp 的选项。默认值 dhcp 设置为 true。IP 和网关地址和子网掩码也在此处定义 (仅在 dhcp = false 时使用)。请注意，如果设备在启动过程中出现严重错误，它将恢复到 *'conf/panic.ip'* 目录中定义的 IP 配置，如果这也无法加载，请使用以下硬编码设置：dhcp=false, gateway=192.168.135.100, ipv4=192.168.135.18, subnet=255.255.255.0。在 DHCP 模式下，如果无法连接到 DHCP 服务器，传感器将自动在 IP 范围 169.254.1.0 至 169.254.254.255 内进行分配，IP 范围与 RFC 3927 第 2.1 节匹配。

时区设置在 **time** 目录中。

在 **web** 中的参数定义了 Web 服务器使用的端口 (默认为 *'80'*)，和用于链接描述文件的路径：(a) 通过 Web 界面 (*'boolean'*, *'integer'*, *'float'*, *'string'*, *'ipv4'*) 的基本参数验证，以及 (b) 鼠标光标移至参数时的信息描述文本。

Identity 目录包含所有定位和特定设备的命名相关信息。该目录需始终单独编辑或者生成。参数包括 *address* (详细地址), *city* (城市), *zip* (邮编), *state* (国家), *name* (名字) 和 *description* (位置描述) 作为位置的标识文本。*name* (名字) 可以是一个变电站的名字或者参考信息, *description* (位置描述) 可为在监测的电线段位和/或电缆相位。此外，位置可用 WGS84 '< 纬度 >, < 经度 >' 十进制格式来指定位置。可将 *number* (序列号) 设置为与 Jomitek 设备匹配的序列号，用户也可对格式进行自定义。在这种情况下，请注意，设备仅有的硬编码标识符是分配的唯一

MAC 地址。如果留空，则将在启动期间基于设备对可访问外围设备的内部检查自动设置类型参数。可以使用自定义命名替代。

5.2.2 设备定位

Device location 页面在交互式地图上显示传感器安装的地理位置。可以通过单击地图放置新标记来编辑位置坐标。一旦新标记放置在所需位置，可以通过单击 *Save coordinates* 中的 *page context menu* 按钮来保存位置坐标。

设备位置坐标也可通过 *Identity/wgs84_coordinate* 子目录中的 *Explorer view* 的节点进行设置。

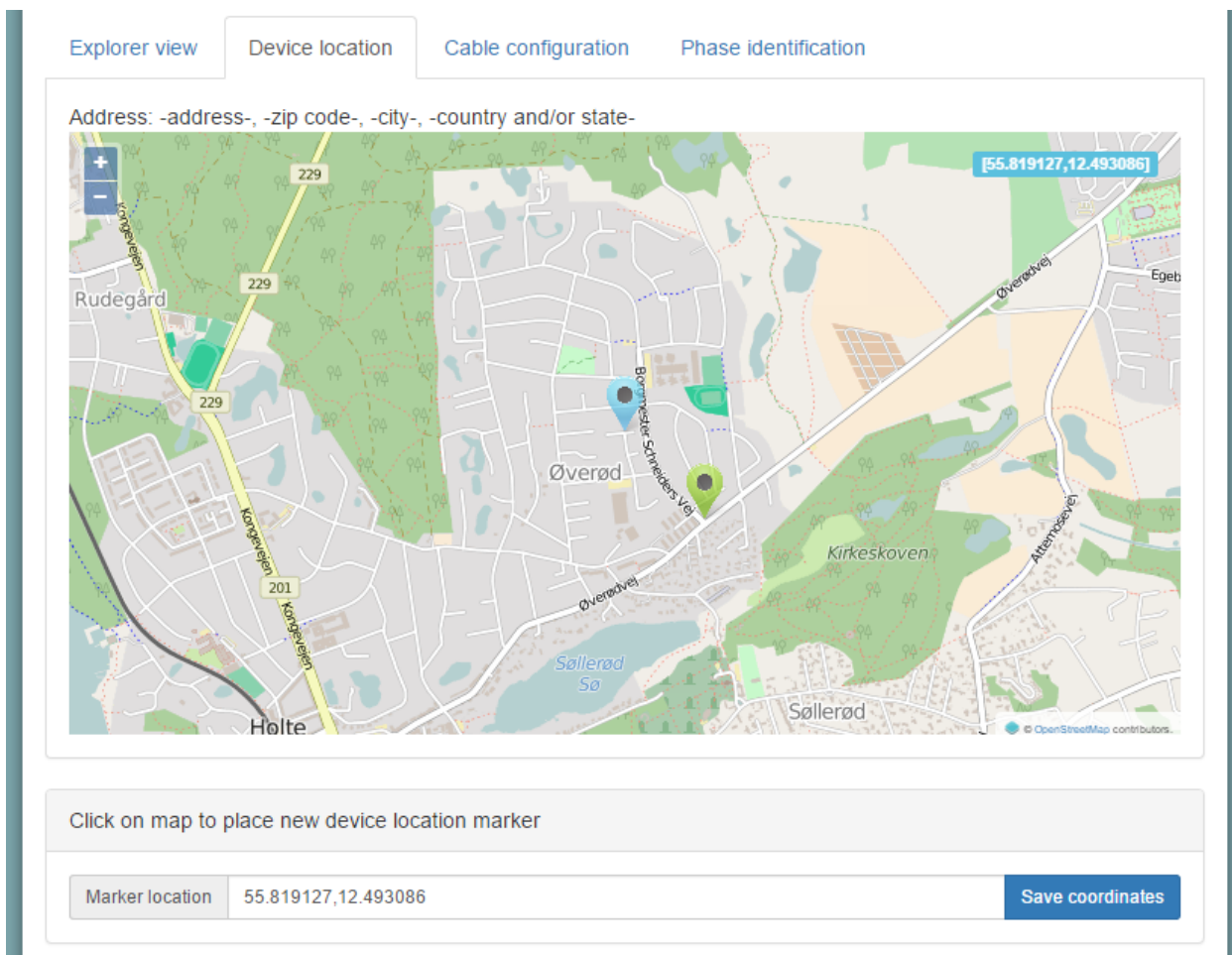


图 5: *Device location* 子页面的屏幕截图，显示待保存的新标记的位置

6 IEC-60870-5-104 配置

IEC 60870-5-104（以下简称为“IEC 104”或“104”）应用层协议可将传感器数据从传感器传输到 SCADA 系统或实现 IEC 104 协议的另一数据聚集设备。TCP / IP 协议组用于确保数据传输的可靠性。另外，104 协议支持在应用层上的信息排序。一个 104 客户端连接到 IANA 分配的 TCP 端口 2404。

传感器支持对协议设置和数据点的灵活配置。可以基于各种触发来发送数据点，包括按需改变，周期性，手动请求或使用请求更大数据集的询问命令。传感器在经过配置后可使用 IEC 104 标准中定义的所有功能，或者可仅使用传感器的简单功能。

可在 *settings.conf* 目录中的“*iec104*”部分下找到 104 协议设置。这些设置应与 SCADA 客户端中定义的协议设置匹配，并且必须符合 IEC 标准。可通过填写 IEC 104 标准中的第 9 章，一个 104 客户端会记录互操作性要求。在传感器中定义的参数的概述如列表 1。

Setting	Meaning	Default
t1	Time-out of send or test APDUs.	16
t2	Time-out for acknowledges in case of no data messages, t2<t1.	11
t3	Time-out for sending test frames in case of a long idle state.	21
k	Maximum difference receive sequence number to send state variable.	8
w	Latest acknowledge after receive w I format APDUs.	12
common_address	IEC 104 address of sensor.	1
background_scan	Interval in seconds between transmission of digital data points.	1800
cyclic	Interval in seconds between transmission of analogue data points.	600
scan	Data change scan interval in milliseconds for sending event-triggered data.	500
clock_validity	Time-tagged client commands validity period in seconds.	600
redundancy	Max number of redundant connections as defined by IEC 104.	2

Table 1: IEC-104 parameters.

传感器内部有三个扩展名为.csv 文件用来映射传感器内部测量数据为 IEC 104 客户端可访问的数据点。可以用支持宏的 Excel 文件来生成这些.csv 文件，且对数据映射的所有更改应用于 Excel 文件。Excel 文件中有三个工作表，每个生成一个.csv 文件。这些表称为"iec104_analogue", "iec104_digital" 和"iec104_commands", 它们定义了到 IEC 104 协议的模拟和数字测量映射。"iec104_analogue" 表如图所示 6。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	address	type	data	interrogation	spontaneous	cyclic	absmin	absmax	rel	desc
2	1000	M_ME_TF_1	section.rms_current	global	TRUE	TRUE	10	100	10	RMS current [A]
3	1001	M_ME_TF_1	section.rms_voltage	global	TRUE	TRUE	10	100	10	RMS voltage [kV]
4	1002	M_ME_TF_1	section.power_factor	global	TRUE	TRUE	10	100	10	Power factor [-1;1]
5	1003	M_ME_TF_1	section.rms_apparent_power	global	TRUE	TRUE	10	100	10	Apparent power S [kVA]
6	1004	M_ME_TF_1	section.rms_reactive_power	global	TRUE	TRUE	10	100	10	Reactive power Q [kVar]
7	1005	M_ME_TF_1	section.rms_real_power	global	TRUE	TRUE	10	100	10	Real power P [kW]

图 6: iec104_analogue.

列表描述:

- **address** 具体数据点地址， [1-65535]。
- **type** IEC 104 类型 (参见 IEC 60870-5-104 第 9 章的互操作性列表)。
- **data** 内部传感器变量名称。
- **interrogation** 此数据点所属的查询组， 可为"global" 或"groupX", 其中 X 的范围为 [1-16]。
- **spontaneous** 如数据点在更改时传输， 则设置为 True。
- **cyclic** 如应定期发送数据点内容， 请设置为 True。
- **absmin** 触发自发数据传输的最小绝对变化数据值。这有助于避免在数据值较低时过于频繁地发送数据点。
- **absmax** 触发自发数据传输的最大绝对变化数据值。
- **rel** 触发自发传输的数据值的相对变化的百分比。例如， 对于值为 500 的数据点设置 rel = 10， 则会在 450 或 550 触发传输。
- **desc** 数据点和单位的简短描述。该描述将用作 Web 界面中的工具提示。

如图所示 7， 展示 absmin,absmax 及 rel 的传输阈值。

"iec104_digital" 表中的该数据点被设置为 True， 以确保在任何变化发生后， 都将触发自发数据传输。因此， "iec104_digital" 工作表不定义 absmin, absmax 及 rel 列。此外， "iec104_digital" 表将在模拟表中找到的"cyclic" 列替换为"background"。"cyclic" 和"background" 列用于模拟值的使用类似， 因为它们都用于固定间隔触发传输。

此外， 传感器支持所有 IEC 104 命令， 并且可以用于根据需要调用任何功能或定义传感器中的任何设置。然而， 根据应用和由于传感器支持的各种协议， 可能不需要 IEC 104 命令。Excel 文件中的"iec104_commands" 工作表将数据点地址映射到内部变量。

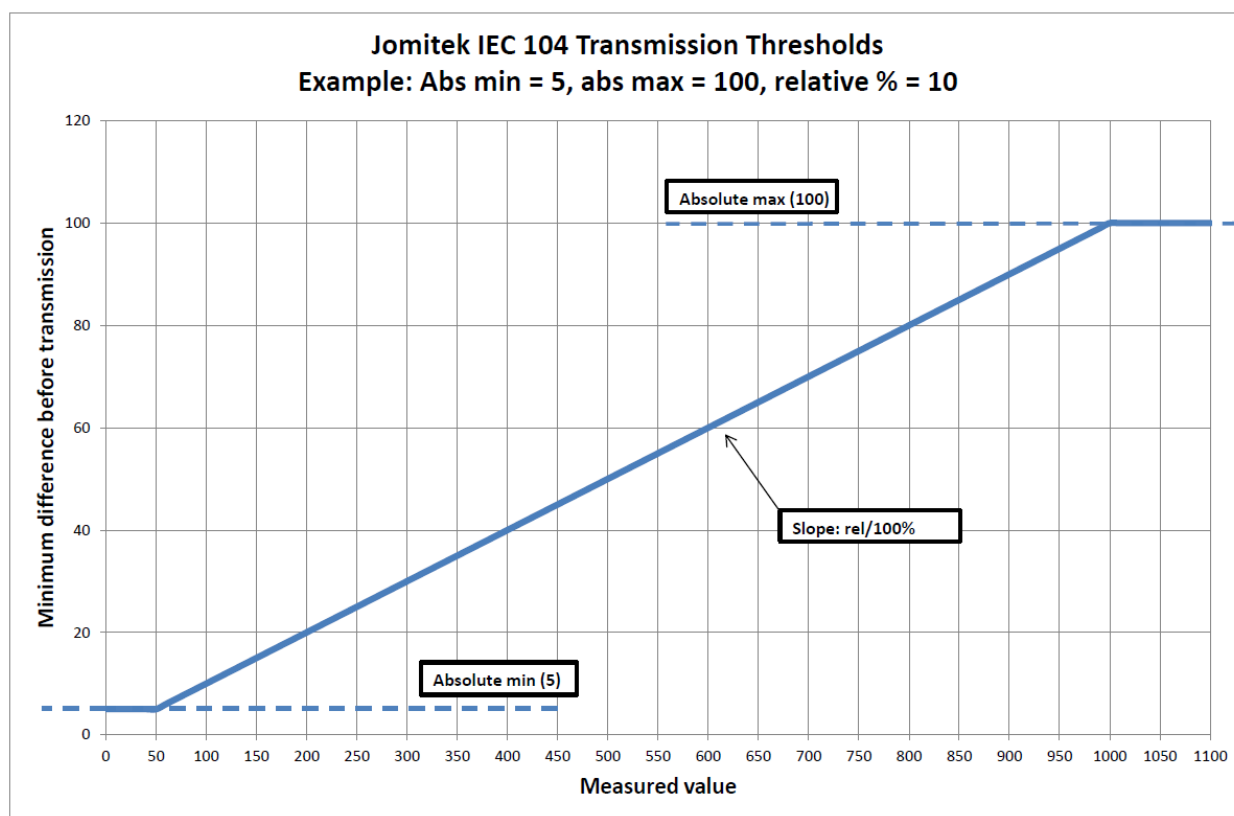


图 7: absmin, absmax and rel.

由于 IEC 104 协议使用 TCP/IP，在某些情况下使用 Wireshark¹调试通信流是有用的。

6.1 时间戳示例

当发生雷击事件时，传感器能够计算雷电流重要参数 (1000 毫秒的记录需要 1-2 分钟)，计算结果可以在雷击事件摘要网页中查看。参见图 8

Lightning Sensor Advanced

Explorer view Device location **Events**

Event ID	Time stamp	Current peak	Rise time	Charge	Detail
e00002	2018-03-12T14:16:05.649 (UTC+0:00)	-3.51kA	3.38us	3.13C	Graph / File
e00001	2018-03-12T14:16:02.439 (UTC+0:00)	-3.43kA	3.21us	3.04C	Graph / File

图 8: 雷击事件摘要网页

¹<https://www.wireshark.org/>

支持 IEC 104 规约的通讯客户端只能实时从传感器读取最新记录的雷击事件，用户可以根据事件号跟踪识别雷击事件。可以使用 Web 接口或通过 ftp 或 WebDAV 读取完整的事件日志文件和雷电流波形数据。

雷击时间以 UNIX 时间格式存储，是 32 位整数。由于通过 IEC 104 规约只能读出 16 位整数，所以时间存储在两个字中，一个是高字，另一个是低字。在定义 IEC 104 变量的.csv 文件中说明了这一点。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	address	type	data	interrogation	spontaneous	cyclic	absmin	absmax	rel	interval	desc
2	1000	M_ME_TF_1	measurements_charge	global	true	true	0	0	0	0	0 The charge released in the lightning, in C
3	1001	M_ME_TF_1	measurements_current_peak	global	true	true	0	0	0	0	0 The maximum absolute current of the lightning, in kA
4	1002	M_ME_TF_1	measurements_rise_time	global	true	true	0	0	0	0	0 The rise time from 10% to 90% of the peak current, in microseconds
5	1003	M_ME_TF_1	measurements_specific_energy	global	true	true	0	0	0	0	0 The specific energy released in the lightning, in kJ/Ohm
6	1004	M_ME_TE_1	measurements_polarity	global	true	true	0	0	0	0	0 The polarity of the lightning event, 1=positive, -1=negative
7	1005	M_ME_TE_1	measurements_alarm_state	global	true	true	0	0	0	0	0 The alarm state, 1=active (alarm), 0=inactive (alarm cleared)
8	1006	M_ME_TE_1	measurements_event_id	global	true	true	0	0	0	0	0 Reference ID for the discharge event
9	1007	M_BO_TB_1	measurements_unix_s_HWWORD	global	true	true	0	0	0	0	0 Unix time 16 high bits of 32 bit integer
10	1008	M_BO_TB_1	measurements_unix_s_LWORD	global	true	true	0	0	0	0	0 Unix time 16 low bits of 32 bit integer
11											
12											

图 9: CSV 文件格式定义

在 IEC 104 中执行一般询问命令时，结果如图 10 所示。在本例中，高字的读出为十进制 23206 或十六进制 5AA6。低字为 35749 (十进制) = 8BA5 (十六进制)。合在一起 32 位十六进制是 5AA68BA5，等于十进制数 1,520,864,165。

S.No	Common Address	Event Report Type Id	IOA	Value	Quality bits	Timestamp	IEC870 COT Cause	Control Model	SBO Timeout	Kind of Parameter - KPA
1	1	M_ME_NC_1	1000	3.130000	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
2	1	M_ME_NC_1	1001	-3.510000	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
3	1	M_ME_NC_1	1002	3.380000	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
4	1	M_BO_NA_1	1003	23206	GD	10:11:58 13/ 3/2018 assu	INROGEN	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
5	1	M_BO_NA_1	1004	35749	GD	10:11:58 13/ 3/2018 assu	INROGEN	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
6	1	M_ME_NB_1	1005	0	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
7	1	M_ME_NB_1	1006	2	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
8	1	M_ME_NC_1	1003	5.490000	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
9	1	M_ME_NB_1	1004	-1	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
10	1	M_BO_NA_1	1007	23206	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE
11	1	M_BO_NA_1	1008	35749	GD	9:15:13 13/ 3/2018 report	SPONT	STATUS_ONLY	0	PARAMETER_NONE

图 10: 常见询问命令结果

在一个 UNIX 时间计算器中输入这个十进制数，如：http://www.onlineconversion.com/unix_time.htm 结果如下所示，与图 8 中所示的时间应该完全相同。



图 11: UNIX 时间转换

7 MODBUS 配置

作为通过 IEC60870-5-104 协议进行通信的替代方案，传感器也支持 ModbusTCP 通讯协议，使用表 2 可以查找默认寻址定义：

描述	单位	范围	地址	MODBUS 功能码
Software version	Number	0-65535	0	4 (read)
Serial number	Number	0-65535	1	4 (read)
Alarm status	Boolean (1=alarm)	0-1	100	4 (read), 6 (write)
Event count	Number	1-65535	1000	4 (read)
Latest peak current	kA	0-500	1001	4 (read)
Latest rise time	usec	1-65535	1002	4 (read)
Latest charge	C	1-65535	1003	4 (read)
Latest specific energy	kJ/Ohm	1-65535	1004	4 (read)
Latest time stamp, HW	Unix time	0-65535	1005	4 (read)
Latest time stamp, LW	Unix time	0-65535	1006	4 (read)
Latest maximum current derivative	kA/usec	0-65535	1007	4 (read)
Latest polarity	1=pos., -1=neg.	-1 to 1	1008	4 (read)

Table 2: MODBUS 地址表

请注意神奇数值 0x4341（十进制数 17217）写入地址 100，可以复位报警信号。

有关 UNIX 时间戳的解释可以参考章节 6.1.

8 信号分析

8.1 WAV 文件

记录在传感器上的所有时间序列数据文件都存储为 WAV 文件（文件扩展名为.wav）。WAV 文件格式是无损和未压缩格式，可保存时间系列元数据，并作为单独文件存储在单独通道里。保存数据包括采样频率和采样位深度以及多个时间序列测量数据。

描述测量数据类型（电压，电流等），缩放，时间戳等的其他元数据存储在事件元数据中。

格式结构本身很简单，与许多软件工具广泛兼容。有关格式的更多信息，请访问 <https://en.wikipedia.org/wiki/WAV>。

9 固件和软件更新

9.1 引导加载序列

启动传感器时，请检查文件夹 `0:/root/service/software_update` 来查看软件更新文件和固件压缩包文件是否存在。

- 软件更新文件 (`software.tar.gz`) 包含文件夹结构压缩包，可在解包时覆盖原位文件系统。在软件更新文件中，解包文件系统可以包括固件更新文件。
- 固件更新文件 (`image.bin`) 是一个二进制文件，其中包含运行传感器设备所需的最基本的低级软件。

当发现一个软件更新文件，且此文件已解压，并文件内容已复制至 `0:/root` 目录，即表示软件/文件系统已在传感器中得到更新。

当发现一个固件压缩包文件，引导加载程序将搜寻 **checksum file** (`checksum.txt`) 文件是否存在。因为此文件用于验证固件图像的完整性。如果计算的校验和值是匹配的，则表示固件被解密，且其二进制指令并复制到微处理器。微处理器将在完成时重新启动，从而完成固件更新程序。

引导加载完成后，系统将启动进一步的低级进程，此后将启动 Lua 脚本引擎和 Web 服务器。此时，系统可正常全功能地操作。

根据升级的大小，通常需要 2-5 分钟。

9.2 固件升级

传感器的软件和固件可通过简单的四个步骤进行升级更新:

1. 从 http://jomitek.dk/downloads/device_software_update 下载最新升级更新文件。该页面的登陆信息为, 用户名: *jomitek*, 密码: *jomitek*。
2. 通过 FTP 接口连接传感器。用户名: *service*, 密码: *service1234*。
3. 传输升级更新文件 *software.tar.gz*, 至 */service/software_update* 目录。
4. 通过 Web 界面重新启动传感器, 等待引导加载序列自动应用更新。

传感器将重新启动, 软件和固件将被更新。

10 高级用户界面

10.1 Telnet 命令行界面

对于高级维护和调试任务, 可以通过使用 Telnet 的有限命令行界面对传感器进行访问和配置。通过使用标准 Telnet 客户端连接到 TCP 端口 23 上的传感器 IP 地址来访问此接口。建议使用开源的 Putty², 且可免费使用。

确保在配置 Putty 时启用 'Implicit CR in every LF' 和 'Implicit LF in every CR'。

当连接到传感器时, 通过在 Telnet 终端中键入 'help' 即显示 Telnet 命令列表。

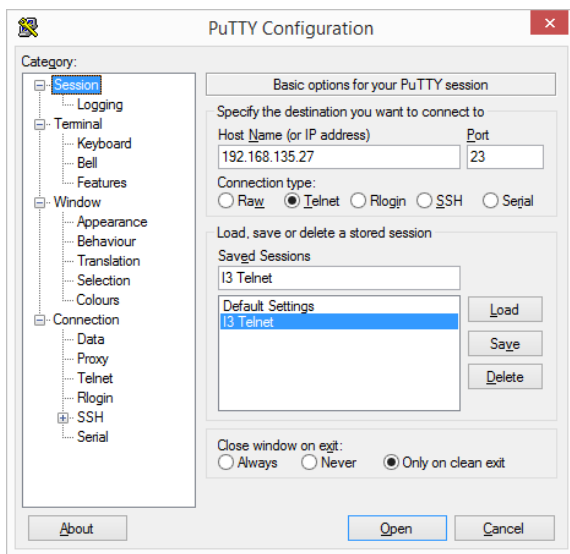


图 12: Putty Telnet 会话配置

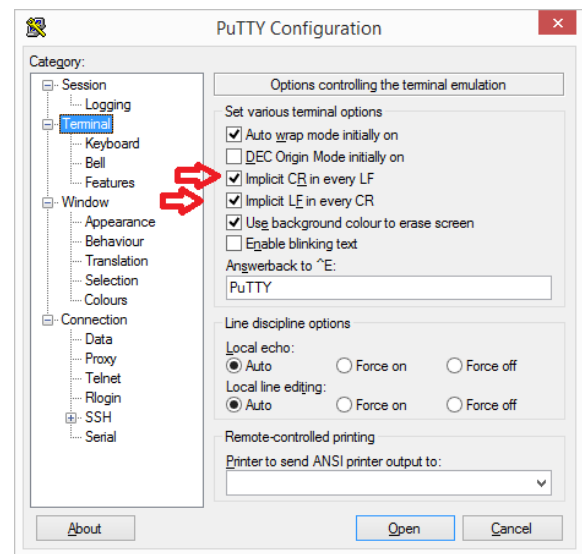


图 13: Putty Telnet 终端配置

²<http://www.putty.org/>



图 14: Telnet 命令行界面

10.2 FTP 文件传输接口

可以通过 FTP 协议在 TCP 端口 21 上访问传感器的内部存储。使用 FTP 客户端程序 (例如, FileZilla³), 并使用默认登陆信息登陆。默认用户名: *service*, 默认密码: *service1234*。

连接后, 即可访问三个目录。

- **conf** 用于储存配置文件和脚本。
- **software_update** 用于上载软件更新文件。
- **log** 用于传感器系统放置各种日志文件。

³<https://filezilla-project.org/>

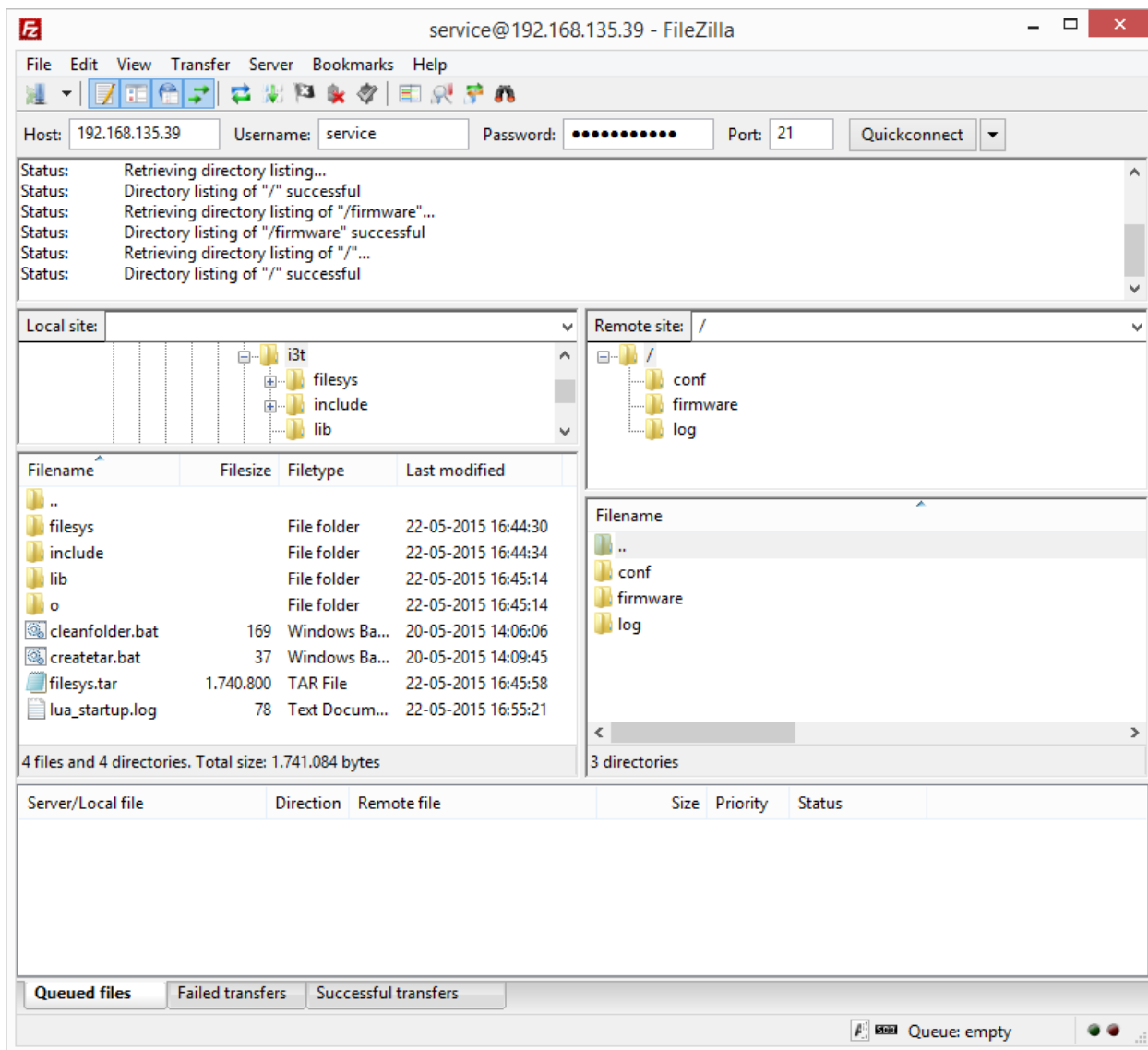


图 15: 通过 FileZilla FTP 客户端连接传感器