

Lora 星形网络组网协议

1.0 版 张杰制订

1.1 版 张杰制订 2016-5:

1.增加 serial_no 序列号

1.2 版 张杰制订 2016-9:

1.增加探测包中的接收节点地址过滤

1.3 版 张杰制订 2017-5:

1.增加跳频

1.31 版 张杰制订 2017-5:

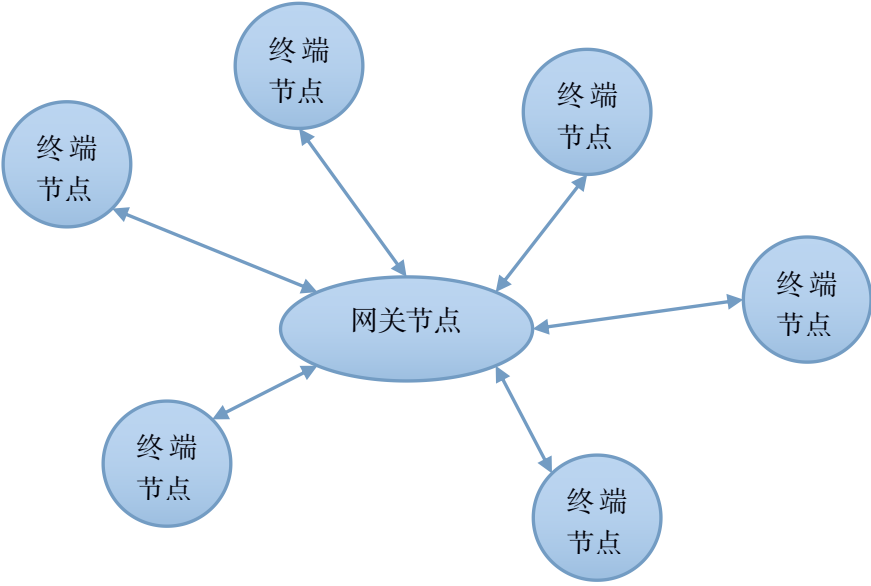
1.增加多网关

1.32 版 张杰制订 2017-8:

1.优化网络参数

2.增加业务协议

Lora 设备之间采用星形网络通讯：



在一个星形网络中，网关节点是中心节点，终端设备都只能和中心节点通讯，终端节点之间不能通讯。

预先在网关节点和终端节点中内定若干个不同频率的通信频道，参数如下：

serial	中心频点	带宽	扩频因子	编码率	传输率
0(默认)	430MHz	500KB	7	4/5	1K 字节/秒
1	431MHz	500KB	7	4/5	1K 字节/秒
2	432MHz	500KB	7	4/5	1K 字节/秒
3	433MHz	500KB	7	4/5	1K 字节/秒

网络协议包的格式如下：

	字节		
头部 (16+2) 字节	1	包的类型 T	
	1	包内容的字节长度 N	[0, 230], 0 表示没有内容及其校验
	6	发送节点地址 smac	
	6	接收节点地址 dmac	
	1	channel	频道序号
	1	num	网关负载
	2	以上头部内容的校验	包头字节的和
内容 (N+2)字节	N	包内容[0,, N-1]	
	2	包内容的校验	包内容字节的和

包类型 T 说明：

分类掩码				类型编码			
X	1	1	1	x	x	x	x

组网协议（支持多网关、多频道）

1. 网关 mac 唯一标识一个网络。
2. 网关发包之后，终端才能发回复包。
3. 终端收到探测包后，已经入其他网关的终端节点不回复，只有没有入任何网的终端才能回复。
4. 只有探测包才可能导致多个终端设备同时回复，随机延迟 **0 ~ 900ms** 发送回复包。
5. 除了探测包和入网包，其他类型的包都只有已经入网的终端才能响应，终端决定是否回复数据包，只需要比较源 mac 地址是否是我已入网的网关 mac，并且目标 mac 是否是自己的 mac。因为 mac 地址的唯一性，只有一个终端能够回复。

和组网相关的包类型

类型 T		方向	说明
心跳包	0x72	网关 --> 终端	
心跳回复包	0xf2	网关 <-- 终端	num==1 表示终端节点有数据上报
广播探测包	0x70	网关 --> 终端	所有未入网的终端回复，网关借此包广播自己的频道序号 channel 和 num
探测回复包	0xf0	网关 <-- 终端	
入网包	0x71	网关 --> 终端	设置通信频道序号 channel（调频）
广播退网包	0x73	网关 --> 终端	
退网包	0x74	网关 --> 终端	
网关包	0x75	网关 --> 终端	channel 和 num 同探测包

组网过程：

1. 网关节点上电后，首先在默认频道侦听其他网关的探测包 $2 \times 2 = 4$ 秒钟，记录其他网关的频道，然后确定自己的通信频道 **channel** (**channel** != 0)。
2. 然后网关节点在所有通道广播发送退网包，连续发送 2 次（间隔时间 50 毫秒，如果有 10 个频道，耗时 1 秒）。如果终端节点收到网关发送的退网包，认为和该网关的连接中断，自动重置为没有入网状态。
3. 网关节点以 10 秒为一个大周期性，前 8 秒中每 2 秒在默认频道广播一次自己的网关包，没有人回复。最后 2 秒在默认频道广播一次自己的探测包，只有没有入网的节点才回复探测包，已经入网的节点其实也收不到默认通道的探测包。网关包和探测包中 **num** 表示自己目前的负载，255 表示负载已满；**channel** 表示自己的频道序号(**channel** != 0)。
4. 没有入网的终端节点在默认通道收到探测包后，**随机延迟 0 ~ 900ms 发送探测回复包。注意探测包中接收节点地址的前 4 个字节必须和终端节点地址中前 4 个字节相同才回复，也可以根据用户需求定制其他限制（比如发送节点地址也必须匹配指定的网关地址）。**
5. 网关可能收到若干个回复包，然后根据回复包中的发送节点地址得到终端节点，然后一一给终端节点发送入网包 (**channel** != 0)，并连续发送两次，不需要回复，网关节点认为终端节点已经入网。
6. 终端节点收到入网包包后，记录网关节点的 **mac** 和网关的通信通道 **channel**，标记自己已经入网，并立即切换到该通信通道。
7. 网关在 10 秒周期的剩余时间（8 秒）中，每 100ms 对一个已经入网的正常节点发送一次心跳包来检查他们是否仍然正常，如果在 100ms 内没有收到心跳回复包，则标识为异常状态。如果**连续 5 次**都没有收到过回复包，就认为该节点已经掉线，给该节点发送退网包。
8. 如果终端节点**连续 2 分钟**没有收到网关的心跳包，认为和网关的连接中断，自动重置为没有入网状态，回落到默认频道。

网关负载均衡机制

1. 网关周期性（2 秒）的发送探测包或网关包，同时也在周期性（10 秒）的接收其他网关的探测包或网关包，可以获知其他网关的频道和负载。如果自己的负载比较重或者自己的某个终端通信不畅，可以给它发送退网包。
2. 如果终端节点收到网关发送的退网包，认为和该网关的连接中断，自动重置为没有入网状态。
3. 没有入网的终端节点在默认频道监听探测包，并回复探测包。网关可以根据自己的负载和其他网关的负载决定是否给该节点发送入网包。

网关跳频机制

因为 lora 的传输机制本来就是跳频传输，抗干扰能力比较强，所以本协议中主要考虑了自己的多个网关节点之间的干扰，只在网关初始化时确定自己的频道，尽量防止其他网关冲突。如果网关发现自己和大多数的终端节点都通信不畅，可以重新初始化一次。

探测包的冲突避免机制

根据无线网络的特性，如果同时有两个终端节点发包，那么网关收不到。**整个网络协议的设计中，只有探测包才可能导致有多个节点同时发包**，所以只需要考虑终端回复探测包的冲突避免。采用随机延迟方案：收到探测包后取一个[0, 90]范围的随机数 **a**，然后延迟 **a*10ms** 的时间发送回复包。如果随机数取的比较均匀，那么 **180** 个以内的节点都可以探测到。

上层业务通讯协议

终端节点的心跳回复包中 **num==1** 表示终端节点有上报的业务数据。

	类型		
请求终端上传数据包	0x66	网关 --> 终端	channel+num 表示已收数据大小
终端上传数据包	0xe6	网关 <-- 终端	channel+num 表示数据总大小

网关主动下发的业务数据：

	类型		
固件升级包	0x67	网关 --> 终端	channel+num 表示升级包总大小
升级回复包	0xe7	网关 <-- 终端	channel+num 表示已收数据大小
获取版本号	0x68	网关 --> 终端	
回复版本号	0xe8	网关 <-- 终端	channel+num 表示版本号

网络参数：

是否支持多网关	支持
是否支持跳频通讯	支持（频道数 10 个，可调）
无线通讯抗干扰能力	很强
功耗	很低
是否支持自动组网	支持
是否支持多网关	支持
是否支持多网关动态负载平衡	支持
一个基站(网关)带的节点(终端)数	200 个左右（可调）
传输速率	1K 字节/秒
传输距离	几公里
终端业务是否支持远程无线升级	支持