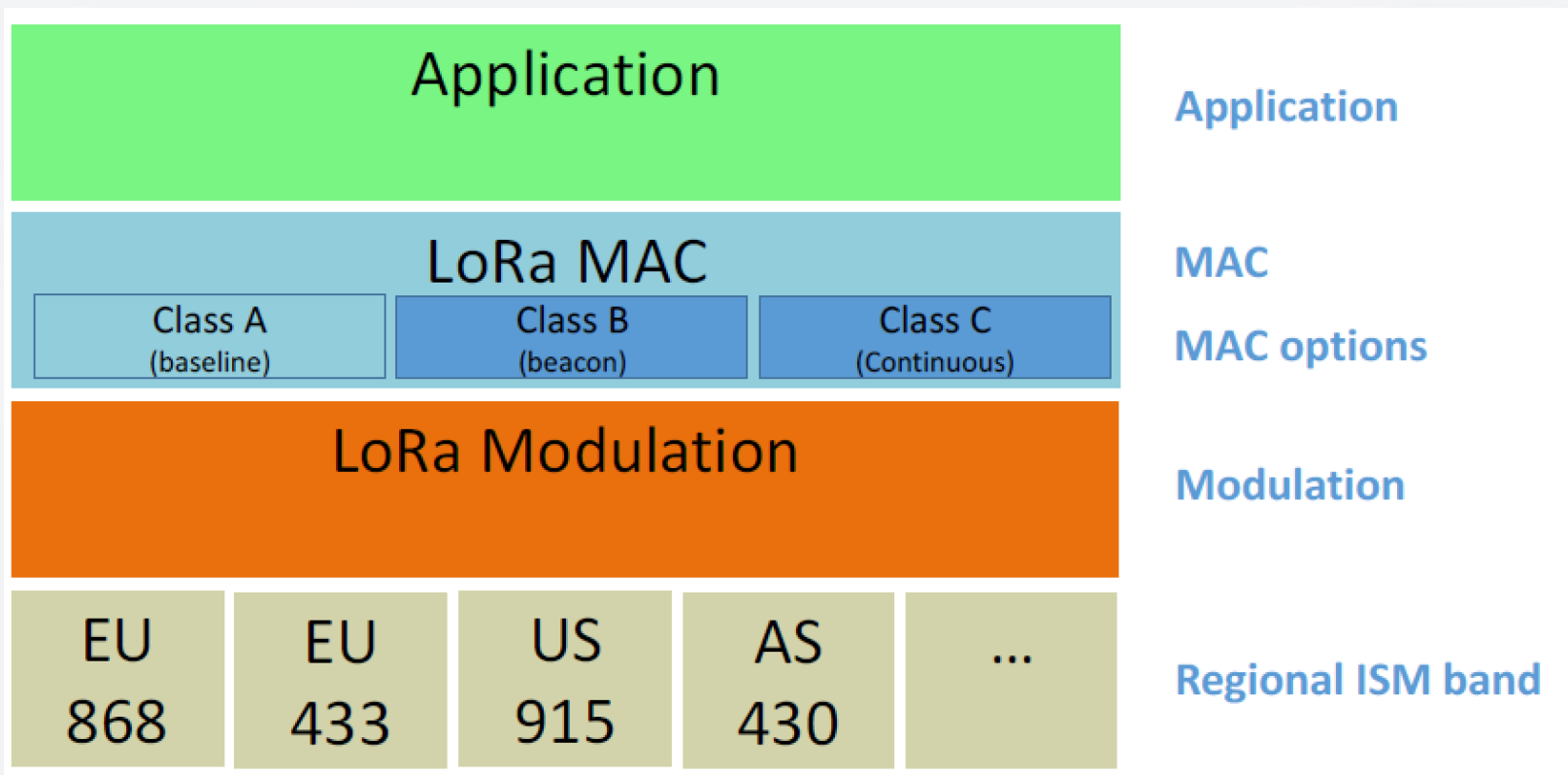


LoRaWAN



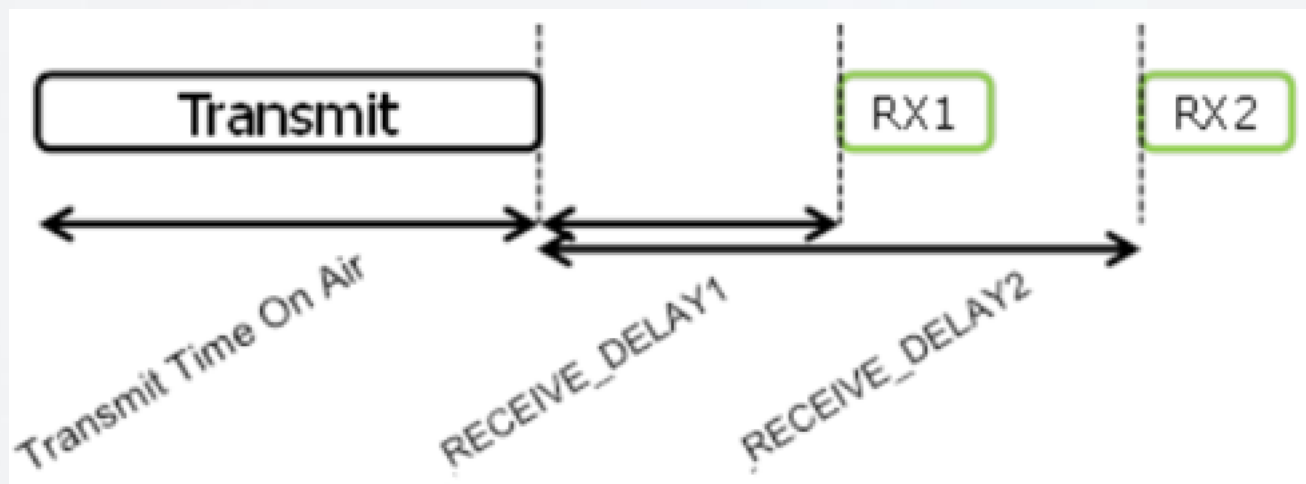
LoRa™ 是由Semtech开发的一个远距离、低功耗、低速率的无线射频技术。一个LoRa网络分为基本的LoRaWAN（叫做class A）和可选功能（Class B、Class C...）。



终端双向通信 (Class A)

Class A的终端设备每次发送数据后会打开两个持续时间很短的接收窗口来接收下行数据，终端设备通过这种方式实现双向通信。传输时间间隔等于终端设备基础的时间间隔加上一个随机时间（[ALOHA](#)类型协议）。对终端设备来说，A类是功耗最低的系统，只有在发送数据后的一小段时间内接收处理服务器发送来的数据。服务器在其它所有时间上的下行数据必须等待节点下一次发送数据才可以下发。

Class A 上下行的时序图，目前接收窗口RX1一般是在上行后1秒开始，接收窗口RX2是在上行后2秒开始。

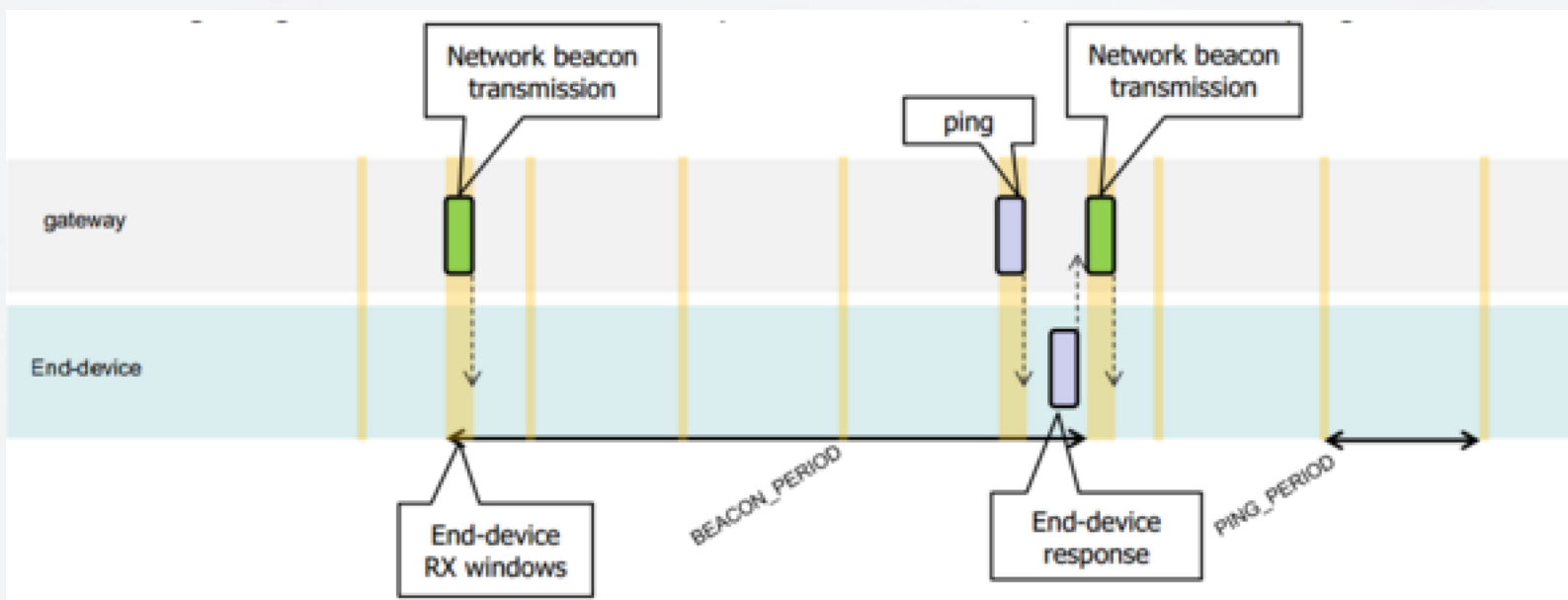


通过随机时间对间隔进行微调来实现随机访问，让所发送者平等、自由地竞争信道的使用权。低功耗，先发送后接收，发送和接收交替进行。终端只有在发送数据后才能接收处理服务器发送来的数据，发送数据不受接收数据的影响。收发比=1：1

具有接收时隙的终端双向通信 (Class B)

Class B终端设备允许更多的接收窗口。在Class A接收窗口的基础上Class B设备还会在特定的时刻打开更多的接收窗口。而为了保证终端设备能够在特定的时间打开接收窗口，它会从网关接收信标(beacon)来完成时间同步。这样服务器也就可以获知终端设备的所有接收窗口的时刻。

Class B 的时序，有一个同步时隙beacon，还有一个固定周期的接收窗口ping时隙。如这个示例中，beacon周期为128秒，ping周期为32秒。

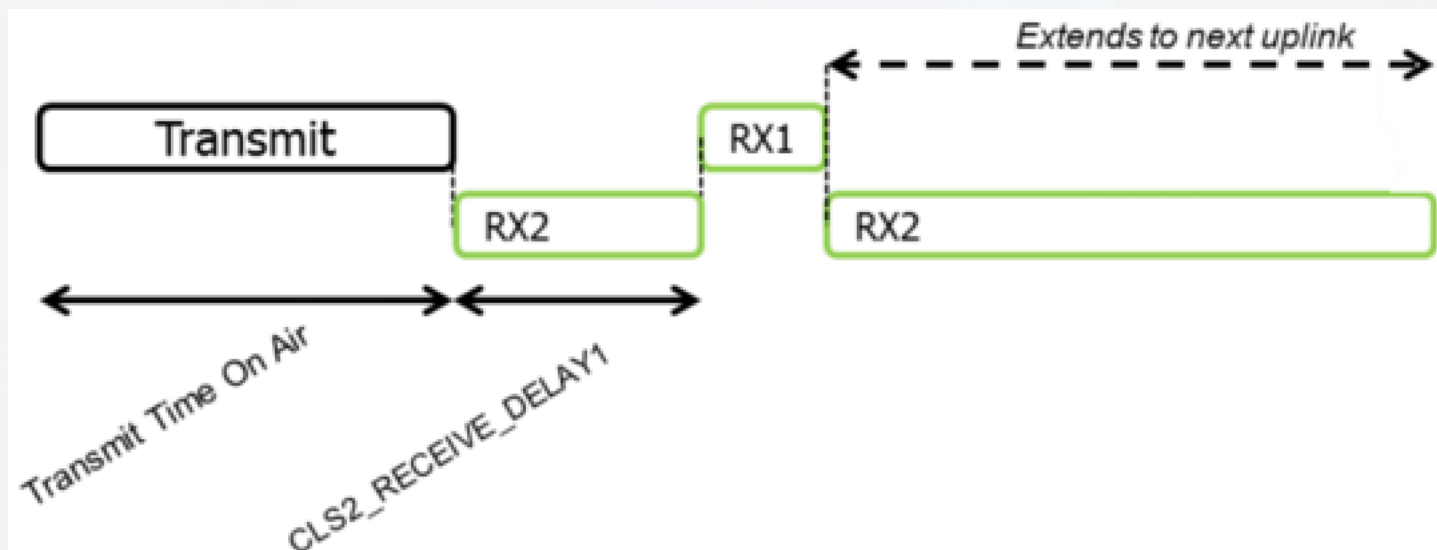


同样是先发送后接收，不同的是每次发送后按照一定时间间隔启动接收窗口，接收多条数据。时间间隔从网关获取，以便服务器知晓终端接收消息的时刻。收发比=1 : N

最大接收时隙的终端双向通信 (Class C)

Class C终端设备的接收窗口，除了在发送数据的时候关闭外一直处于打开状态。Class C终端功耗比Class A和Class B都大，但对于和服务端之间的交互来说延迟也最低。

Class C 和 A 基本是相同的，只是在 Class A 休眠的期间，它都打开了接收窗口RX2。



打开接收窗口的时间间隔很小，几乎不间断的接收消息。比A和B更耗能，但和服务端交互的延迟低。

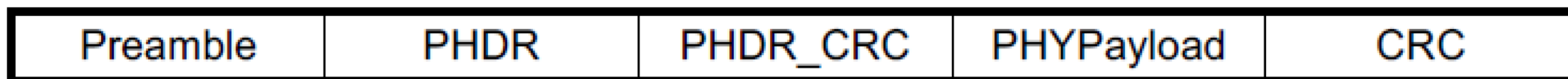
CLASS	介绍	下行时机	应用场景
A (“all”)	Class A 的终端采用 ALOHA 协议按需上报数据。在每次上行后都会紧跟两个短暂的下行接收窗口，以此实现双向传输。这种操作是最省电的。	必须等待终端上报数据后才能对其下发数据。	垃圾桶监测、烟雾报警器、气体监测等
B (“beacon”)	Class B 的终端，除了Class A 的随机接收窗口，还会在指定时间打开接收窗口。为了让终端可以在指定时间打开接收窗口，终端需要从网关接收时间同步的信标。	在终端固定接收窗口即可对其下发数据，下发的延时有所提高。	阀控水气电表等
C (“continuous”)	Class C 的终端基本是一直打开着接收窗口，只在发送时短暂关闭。Class C 的终端会比Class A 和 Class B 更加耗电。	由于终端处于持续接收状态，可在任意时间对终端下发数据。	路灯控制等

上行链路消息 Uplink Messages

上行链路消息由终端发送经过一个或多个网关中转后到达服务器。

它使用的报文格式由物理头 (**PHDR**) 和它的CRC (**PHDR_CRC**) 校验组成。由CRC保证荷载数据的一致性 (发送和接收的数据完全一致 , 不仅仅是数据完整) 。

Uplink PHY:



下行链路消息 Downlink Messages

下行链路消息由服务器发送给终端设备 , 每条消息对应的终端设备是唯一确定的 , 而且只通过一个网关转发。

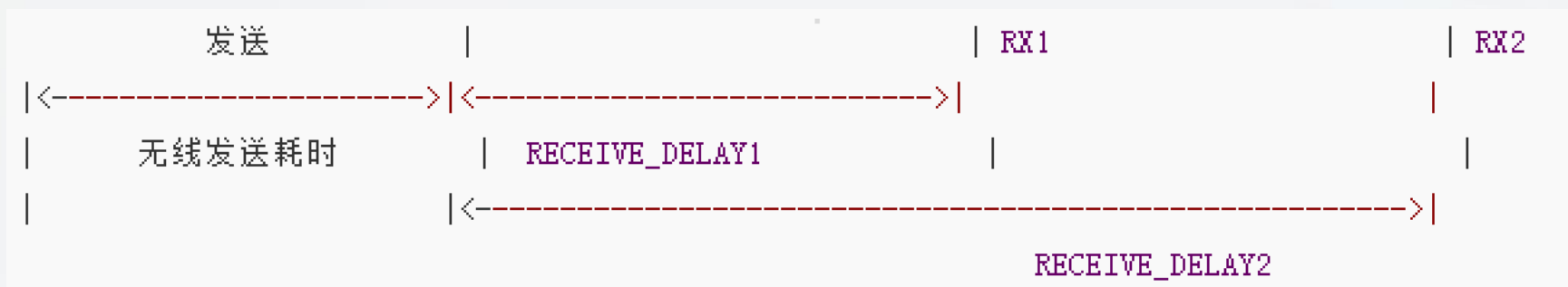
下行链路消息由物理头 (PHDR) 和这个头的CRC (PHDR_CRC) 组成

Downlink PHY:



接收窗口

设备终端每次发送数据完成后打开两个收窗口。以数据发送结束作为基准进行计算接收窗口的开启时间。



第一个接收窗口的 开启、使用的信道和数据速率

第一个接收窗口(RX1)使用的频率、数据速率与上行传输时使用的频率、数据速率存在映射关系。RX1在发送完成后第RECEIVE_DELAY秒 (+/- 20 毫秒) 开启。并且收发数据使用的数据速率和地域有关。默认情况下第一个接收窗口数据速率和最后一次发送数据时使用的速率相同。

第二个接收窗口的 开启、使用的信道和数据速率

第二个接收窗口RX2使用经过修正的可配置的频率和数据速率。RX2在发送完成后第RECEIVE_DELAY秒 (+/- 20 毫秒) 开启。频率和数据速率可以通过MAC命令修改。

接收窗口持续时间Receive window duration

接收窗口的最短时间必需满足：终端设备的无线收发器能够处理完下行数据的前导码。

接收期间接收者的活动

无线电接收器在某个接收窗口检测到相应的前导码后会继续接收，直到下行数据帧全部解调完毕。如果在第一个接收窗口检测并完成解调，同时通过检查地址（服务器分配的地址）和消息完整性编码(message integrity code)，确认该帧属于本节点，终端设备不再打开第二个接收窗口。

服务器给终端设备发送消息

服务器必须要十分精确的在这两个接收窗口的时间点上发送数据终端设备才能收到。

上一次发送uplink message结束后，在没有收到downlink message数据或者第二个接收窗口没有关闭前，不能再次发送下一个uplink message。

所有的LoRa上下行链路消息都会携带PHY载荷 (**Payload**)，该载荷以单字节MAC头 (**MHDR**) 为开始，MAC头后面是MAC载荷(**MACPayload**)，结尾是4字节的消息完整性编码 (**MIC**)。

Radio PHY layer:

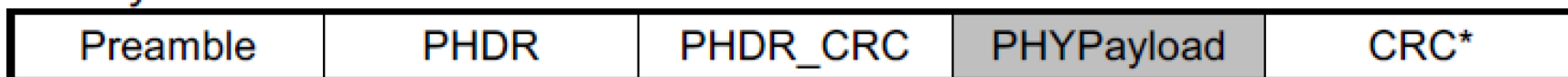


Figure 5: Radio PHY structure (CRC* is only available on uplink messages)

PHYPayload:

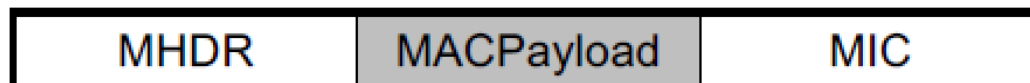


Figure 6: PHY payload structure

MACPayload:

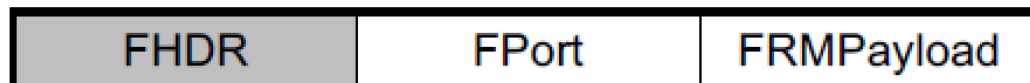


Figure 7: MAC payload structure

FHDR:



Figure 8: Frame header structure

MAC 头 (MHDR 字段)

Bit#	7..5	4..2	1..0
MHDR bits	MType	RFU	Major

MAC 头 (MHDR) 的 **MType** 表示消息类型；**Major** 表示LoRaWAN主版本号，指明帧格式所遵循的编码规则。

消息类型 (MType 字段)

LoRaWAN自定义了六个不同的MAC消息类型：**join request, join accept, unconfirmed data up/down, 以及 confirmed data up/down。**

MType	说明	备注
000	Join Request	请求入网，无线激活过程使用
001	Join Accept	同意入网，无线激活过程使用
010	Unconfirmed Data Up	无需确认的上行消息，接收者不必回复
011	Unconfirmed Data Down	无需确认的下行消息，接收者不必回复
100	Confirmed Data Up	需要确认的上行消息，接收者必须回复
101	Confirmed Data Down	需要确认的下行消息，接收者必须回复
110	RFU	保留
111	Proprietary	用来实现自定义格式的消息，交互的设备之间必须有相同的处理逻辑，不能和标准消息互通

MACPayload

MAC 载荷，也就是所谓的“数据帧”，包含：帧头（FHDR）、端口（FPort）以及帧载荷(FRMPayload）。



帧头(FHDR)

FHDR由终端短址（**DevAddr**）、帧控制字节（FCtrl）、帧计数器（FCnt）以及用来传输MAC命令的配置字段（FOpts）组成，FOpts最多15个字节。

Size (bytes)	4	1	2	0..15
FHDR	DevAddr	FCtrl	FCnt	FOpts

下行数据帧帧头的FCtrl结构如下：

Bit#	7	6	5	4	[3..0]
FCtrl bits	ADR	RFU	ACK	FPending	FOptsLen

上行数据帧帧头的FCtrl结构如下：

Bit#	7	6	5	4	[3..0]
FCtrl bits	ADR	ADRACKReq	ACK	RFU	FOptsLen

ADR机制

LoRa调制中有扩频因子的概念，不同的扩频因子会有不同的传输距离和传输速率，且对数据传输互不影响。为了扩大LoRaWAN网络容量，在协议上设计了一个LoRa速率自适应(Adaptive data rate - ADR)机制，不同传输距离的设备会根据传输状况，尽可能使用最快的数据速率。这样也使得整体的数据传输更有效率。

当无线电信道持续、快速地衰减时，数据速率自适应可能无法使用。当网络不能控制设备数据速率时，设备的应用层就要对其进行控制。建议这种情况下最好把所有数据速率都尝试一下。应用层应该一直尝试在给定网络条件下，使空中时间总耗时最少。

如果**ADR**设置为1，服务器可以通过MAC命令控制设备的数据速率。如果**ADR**设置为0，无论接收的信号的质量如何，服务器都不对终端的数据速率做任何调整。由终端设备或网络决定是否使用该位。不过，只要条件允许就应该开启ADR，这样可以延长终端的电池寿命、充分利用网络带宽。

终端节点的加网

在正式收发数据之前，终端都必须先加网。

有两种加网方式：Over-the-Air Activation(空中激活方式 OTAA)，Activation by Personalization(独立激活方式 ABP)。

商用的LoRaWAN网络一般都是走OTAA激活流程，这样安全性才得以保证。此种方式需要准备 DevEUI，AppEUI，AppKey 这三个参数。

DevEUI 是一个类似IEEE EUI64的全球唯一ID，标识唯一的终端设备。相当于是设备的MAC地址。

AppEUI 是一个类似IEEE EUI64的全球唯一ID，标识唯一的应用提供者。比如各家的垃圾桶监测应用、烟雾报警器应用等等，都具有自己的唯一ID。

AppKey 是由应用程序拥有者分配给终端。

终端在发起加网join流程后，发出加网命令，NS(网络服务器)确认无误后会给终端做加网回复，分配网络地址 DevAddr(32位ID)，双方利用加网回复中的相关信息以及AppKey，产生会话密钥NwkSKey和AppSKey，用来对数据进行加密和校验。

如果是采用第二种加网方式，即ABP激活，则比较简单粗暴，直接配置 DevAddr，NwkSKey，AppSKey 这三个LoRaWAN最终通讯的参数，不再需要join流程。在这种情况下，这个设备是可以直接发应用数据的。



LoRaWAN地区相关参数

区域	前导码格式		信道频率		速率和发射功率		CFList	ChMaskCnt1	载荷最大长度	RX2接收窗口	默认设置
	同步字	长度	默认上行信道数	默认下行信道数	速率	发射功率					
欧洲 863-870	0x34	8	3 (868.10 868.30 868.50)	3 (868.10 868.30 868.50)	DR0-DR7	2-20dBm	有	0/6	59-230	869.525 MHz / DR0	14dBm
美国 902-928	0x34	8	64*200KHz +8*1.6MHz	8*600KHz	DR0-DR4 DR8-DR13	10-30dBm	无	0-7	19-230	923.3MHz / DR8	20dBm
中国 779-787	0x34	8	6 (779.5~ 780.9)	6 (779.5~ 780.9)	DR0-DR7	-5~10dBm	有	0/6	59-230	786 MHz / DR0	10dBm
欧洲 433	0x34	8	3 (433.175 433.375 433.575)	3 (433.175 433.375 433.575)	DR0-DR7	-5~10dBm	有	0/6	59-230	434.665M Hz / DR0	
澳洲 915-928	0x34	8	64*200KHz +8*1.6MHz	8*600KHz	DR0-DR4 DR8-DR13	10-30dBm	无	0-7	19-230	923.3MHz / DR8	20dBm
中国 470-510	0x34	8	96*200KHz (部分电力 共用频段 不可用)	48*200KHz	DR0-DR5	2-17dBm	无	0-6	59-230	505.3 MHz / DR0	14dBm
亚洲各国 923	0x34	8	2 (923.20 923.40)	2 (923.20 923.40)	DR0-DR7	看各国情况	有	0/6	59-230	923.2 MHz / DR2	14dBm
韩国 920-923	0x34	8	3 (922.10 922.30 922.50)	3 (922.10 922.30 922.50)	DR0-DR5	0-20dBm	有	0/6	73-250	921.90MH z / DR0	10/14dBm

我们的温湿度传感器采用的是class A (我们修改过的，非标准的)

class A 功耗低，一直睡眠；温度或湿度，有变化后上报，没变化，就不发给平台；到了10分钟后，也会上报；（上报后，打开一定一个时间窗口），也是有周期性上报；睡眠状态时，程序是关闭的，不发送和接收信息；

lora插座、空调排插，通用数据采集器，采用的是Class C，也是有改动的Class C

class C 固定周期的，竞争上报；我们改动的，平台去询问，询问后，才上报；改动的目的是：平台定期去询问；消除竞争，减少冲突；

认证链路（470-472MHz）： Class A

数据链路（473-509MHz）： Class C

认证信道：有4个信道；可以跑认证，也可以跑数据；数据信道：可以跑数据，不能跑认证数据



基于无线技术创新，“感”知未来