

# PLM100

## LoRa™ Module

### User's Guide

## Revision History

<i><b>Who</b></i>	<i><b>Version</b></i>	<i><b>Date</b></i>	<i><b>Comment</b></i>
Seong Park	1.0	Feb 01, 2016	Initial release
Seong Park	1.1	Mar 08, 2016	Add New commands <ul style="list-style-type: none"> <li>- at+show</li> <li>- at+seit</li> <li>- at+slep</li> <li>- at+defl</li> </ul>
Seong Park	1.2	Apr 15, 2016	Update Data Tx/Rx commands
Seong Park	1.3	May 04, 2016	Add AES-128 encryption/decryption <ul style="list-style-type: none"> <li>- at+aese</li> <li>- at+aesk</li> </ul>
Beom Kang	1.4	Aug 04, 2016	Add New commands <ul style="list-style-type: none"> <li>- at+urel</li> <li>- at+rxwt</li> <li>- at+rito</li> </ul> Delete commands <ul style="list-style-type: none"> <li>- at+acwt</li> <li>- at+dawt</li> </ul>

## Table of Contents

<b>1 Introduction.....</b>	<b>5</b>
1.1 Overview .....	5
1.2 Features.....	6
1.3 Host Interface.....	6
<b>2 Command Interface .....</b>	<b>7</b>
2.1 AT Commands.....	7
2.1.1 Commands Type.....	7
2.1.2 System Command .....	8
2.1.3 LoRa™ RF Command .....	9
2.1.4 LPP(Low Power Probing, IEEE802.15.4e RIT MAC) Command .....	10
2.1.5 데이터 전송 Command .....	12
2.1.6 Sensor Command.....	13

## Figures

[ 그림 1 PLM100 네트워크 구성도 ] .....	5
[ 그림 2 LPP 전송 및 수신 구성도 ] .....	11

## Tables

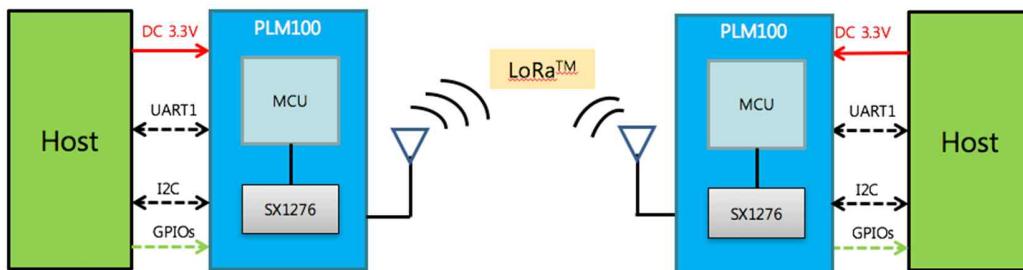
[ 표 1 UART Configuration ] .....	6
[ 표 2 AT Command Type ] .....	7
[ 표 3 명령어 설정 및 조회 ] .....	7
[ 표 3 AT Response Type ] .....	7
[ 표 4 System Command ] .....	8
[ 표 6 LoRa RF Command ] .....	9
[ 표 7 LPP Command ] .....	11
[ 표 8 데이터 전송 Command ] .....	12
[ 표 9 Data 수신 Format ] .....	13
[ 표 10 Sensor Command ] .....	13

# 1 Introduction

## 1.1 Overview

PLNetworks PLM100 은 IoT Wireless 통신을 위한 Sub-GHz 대역의 무선 통신 모듈로서, Semtech 사의 LoRa™ 을 이용하여 저전력 장거리 무선 통신을 제공한다. PLM100 은 호스트 CPU(MCU)와 UART 통신으로 상호 연결할 수 있으며, UART Serial Interface 기반으로 최적화된 text command/response 인터페이스를 제공한다. 이 인터페이스를 이용하여 호스트는 PLM100 설정을 할 수 있으며, 무선 데이터 전송 및 수신을 할 수 있다. 무선 데이터 전송 시 적용된 PLM100 MAC 프로토콜은 IEEE802.15.4e MAC 기반으로 구현되어 있어, LoRa 를 사용한 저전력 장거리 양방향 통신이 가능하게 한다. 또한, 1 대 1 혹은 1 대 N 접속을 위한 Connectivity 설정이 가능하며, 이 설정 값은 PLM100 내의 지정된 별도의 Flash 영역에 저장되어 전원 ON/OFF 시에도 설정이 유지된다. 다양한 Application 의 요구사항에 맞추어(저전력, 데이터 전송속도, 도달 거리 및 전송 지연 등) MAC 및 LoRa 설정을 할 수 있어 최적화된 Application 구현 및 성능을 가능하게 한다.

PLM100 은 PLNetworks 의 PL-EVK1 와 연동하여 PL-EVK1 의 MEMS 기반 센서(온습도, 기압, 조도/근접, 자이로) 및 UART 인터페이스를 이용하여 GPS 정보 및 센서 정보를 호스트에 전달할 수 있다.



[ 그림 1 PLM100 네트워크 구성도 ]

호스트는 PLM100 의 설정을 위하여 UART 인터페이스를 사용하여 PLM100 에 명령어를 전달하며, PLM100 은 이 명령을 수신하여 설정을 적용하고 그 결과를 호스트에 전달한다. 데이터 전송은 상대방의 EUI 를 설정하고 이후 데이터를 전송하거나, 데이터 전송 시 상대방의 EUI 값을 전송할 데이터 앞에 부착하여 전송할 수 있다. PLM100 은 데이터 수신 및 송신 후 그 결과 값을 호스트에 전달한다.

## 1.2 Features

- LoRa™ Radio Transceiver
- Ultra Low Power & High Performance Microcontroller
- IEEE802.15.4 MAC, IEEE802.15.4e MAC(RIT)
- 6LoWPAN, IPv6, UDP, CoAP, RPL(Cluster tree)
- LoRaWAN Spec 1.0 Class A/B/C
- AES-128 encryption/decryption
- Interface: I2C, GPIO, UART, ADC
- Frequency: 902~958MHz, Data Rate: 0.3kbps~150kbps(GFSK)
- Range: 15km(LoRa – LOS, 10dBm, 900MHz 기준)
- Operation Temperature: -40~85 °C
- Max Current: 30~40mA(TX), 10mA(Listen), 2~4uA(Sleep)

## 1.3 Host Interface

PLM100 은 Host 와 UART 로 연결되며, ASCII 인터페이스를 이용하여 UART 위에서 PLM100 Command 및 Response, 데이터 전송 및 수신을 수행한다. Console 및 외부 장치 연동 UART 의 Baudrate 설정 변경이 가능하다.

**[ 표 1 UART Configuration ]**

항 목	설정값
Baudrate	115200
Data bits	8bit
Parity bits	None
Stop bits	1bit
Flow control	None

## 2 Command Interface

PLM100은 호스트와 UART를 통하여 AT 모드로 명령어 전달 및 응답을 수행한다. AT 모드는 시리얼 포트를 통한 방식으로 AT 명령어 입력으로 환경 설정 및 접속을 제어하는 모드이다.

PLM100은 초기 부팅 후 AT 모드로 동작을 수행한다. AT 명령을 통해서 현재 설정되어 있는 값을 가지고 올 수 있고, 또한 환경 설정을 할 수 있다. 일부 설정 값은 Rebooting을 요구하기도 하는데, 호스트는 "AT+RSET" 명령으로 Rebooting을 수행할 수 있다.

### 2.1 AT Commands

#### 2.1.1 Commands Type

AT 명령어는 'AT'로 시작하고 <CR>이 마지막에 위치하며 아래의 형식을 지원한다. AT 명령어는 초기상태로 ECHO를 지원하며, ECHO를 지원하지 않기 위해서는 "AT+ECHO=0" 명령어를 사용한다. 또한 "AT" 및 <명령어>는 대소문자를 모두 지원한다.

[ 표 2 AT Command Type ]

Start	명령어	End
AT	<명령어>	<CR>(0x0d)

명령어는 조회 및 설정 기능이 있으며, 조회 명령어는 "+"로 시작하여 4 자리의 영문 스트링으로 구성되며, 설정 명령어는 조회 명령어에 추가로 명령어에 해당하는 값을 입력하는 형태로 구성된다.

[ 표 3 명령어 설정 및 조회 ]

조회 명령어	설정 명령어
+<command>	+<command>=<value>

호스트의 AT 조회 및 설정 명령에 대한 응답 메시지는 다음과 같다.

[ 표 4 AT Response Type ]

Start	응답 메시지	End
-------	--------	-----

<CR> <LF> (0x0d, 0x0a)	<Response Msg>	<CR> <LF> (0x0d, 0x0a)
------------------------	----------------	------------------------

응답메시지는 현재 설정 값 및 AT 명령어로 수행한 변경완료된 값을 알려 주며, AT 명령어 수행 실패시 "FAIL"을 응답메시지에 전송한다.

## 2.1.2 System Command

System AT 명령어는 PLM100 의 System 관련 설정을 수행한다.

[ 표 5 System Command ]

Command	Function	Description
+HELP	Help	PLM100 이 지원하는 AT Command
+SHOW	Show	현재 동작하는 환경 설정 값을 출력
+RSET	PLM100 reset	PLM100 리부팅 수행. 명령 수행 후 리부팅까지 약 2~3 초 소요
+SLEP +SLEP=<sec>	Sleep Mode	설정 시간(초) 동안 저전력 모드로 동작. 데이터 송수신 및 Console 을 통한 명령 입력도 설정 시간동안 동작하지 않음
+GEUI	Serial number	PLM100 Serial Number(EUI) 출력. Read-only
+BATT	전원 Voltage	PLM100 입력 전원의 Voltage 를 측정. Battery 사용 시 배터리 잔량 표시로 사용할 수 있음
+CBAR +CBAR=<baudrate>	Console Baudrate	호스트와 연결되는 UART Baudrate 설정 지원 baudrate: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
+UBAR +UBAR=<baudrate>	User UART Baudrate	센서 연결 용 UART baudrate 설정 지원 baudrate: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
+ECHO +ECHO=1 or 0	Console Echo mode	Console UART Echo mode 설정.(1: enable, 0:disable)
+DEFL	Default Configuration	공장 초기 설정 값으로 변경. 리부팅 후 적용됨



+AESE +AESE=1 or 0	AES Mode	전송 데이터의 AES-128 encryption/decryption 설정(1: enable, 0: disable) Enable 시 AES-128 KEY 설정 필요
+AESK +AESK=<key string>	AES-128 Key	AES-128 Key 문자열(16 characters) 설정 AES-128 Enable 시 적용됨
+UREL +UREL=1 or 0	UART Relay	UART0 으로 입력된 데이터를 Console(UART1)로 출력 확인 (1: enable, 0: disable)

### 2.1.3 LoRa™ RF Command

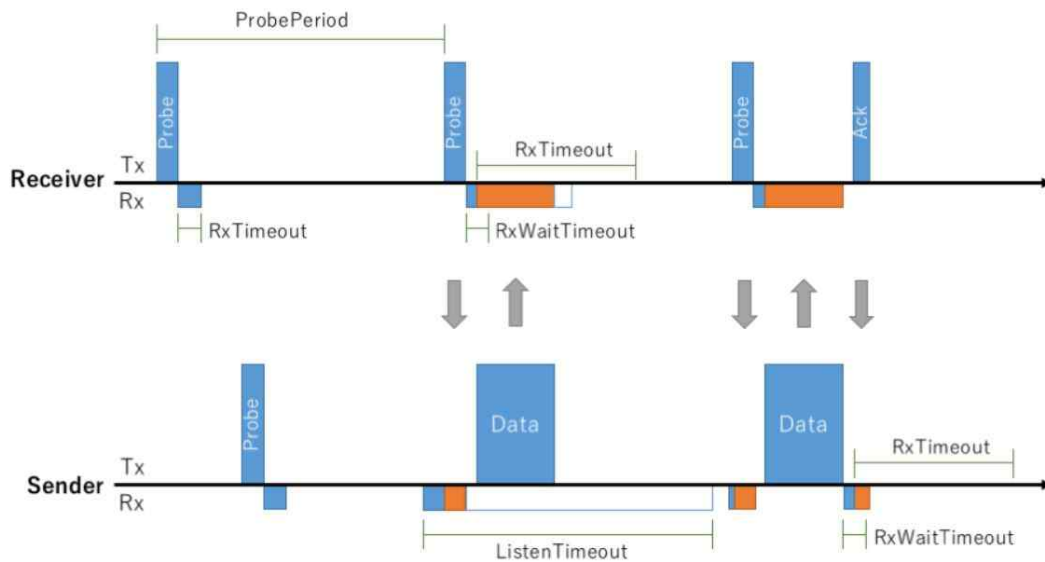
[ 표 6 LoRa RF Command ]

Command	Function	Description			
+MODM +MODM=<value>	Modulation 방식	RF Modulation 방식 설정(1: LoRa, 0: FSK)			
+FREQ +FREQ=<channel>	RF Frequency	주파수 채널 설정(0~15). 채널 0 는 920.3MHz 중심 주파수를 사용하며, 채널 번호가 증가할 수록 중심 주파수는 0.2MHz 증가.			
+PRMB +PRMB=<length>	Preamble	Data Packet 의 preamble 길이 설정(0~16bytes)			
+SYWD +SYWD=<value>	Syncword	Data Packet 의 Syncword 값 설정(0~255)			
+SPFA +SPFA=<value>	Spreading Factor	LoRa Spreading Factor 값 설정(7~12) 값이 높을 수록 도달 거리는 늘어나며, Datarate 은 감소함 예) 채널 bandwidth 125kHz <table border="1" data-bbox="719 1780 1289 1834"> <tr> <th>SF</th><th>Data Rate</th><th>Rx sensitivity</th></tr> </table>	SF	Data Rate	Rx sensitivity
SF	Data Rate	Rx sensitivity			

		7	5.4kbps	-125	
		8	3.1kbps	-128	
		9	1.7kbps	-131	
		10	0.9kbps	-134	
		11	0.5kbps	-136	
		12	0.3kbps	-137	
+BWTH +BWTH=<value>	Channel Bandwidth	채널의 bandwidth 값을 설정(0~2) 0: 125kHz, 1: 250kHz, 2:500kHz			
+CORA +CORA=<value>	Coding Rate	데이터 전송 시 사용하는 Coding Rate 를 설정(1~4) 1: 4/5, 2:4/6, 3:4/7, 4:4/8			
+OPWR +OPWR=<power>	Output Power	Tx Power 값을 설정(0~14) 단위는 dBm 이며 국내 규격은 최대 10dBm			

#### 2.1.4 LPP(Low Power Probing, IEEE802.15.4e RIT MAC) Command

LPP Radio 는 저전력을 지원하는 패킷 무선 통신(MAC) 프로토콜로서, 수신자는 주기적으로 probe 를 전송하며, 전송자는 수신자에게 보낼 패킷이 있을 때, 수신자의 probe 를 수신 한 후 Data wait 시간 내에 데이터를 전송하고, 수신자는 데이터 수신 후 ACK 을 전송한다. 수신자는 probe 전송 및 수신 대기 시간을 제외하고 저전력 모드로 동작한다.



[ 그림 2 LPP 전송 및 수신 구성도 ]

[ 표 7 LPP Command ]

Command	Function	Description
+PAID +PAID=<pan id>	PAN ID	PAN ID 설정(0~65535) 한 네트워크는 하나의 PAN ID 로 구성
+PRPD +PRPD=<time>	Probe Period	수신자의 probe 전송 주기(0~65535ms)
+LTIO +LTIO=<time>	Listen timeout	전송자의 Probe Listen timeout(0~65535ms)
+TTIO +TTIO=<time>	Tx Timeout	전송자의 Tx timeout(0~65535ms)
+RTIO +RTIO=<time>	Rx Timeout	수신자의 Rx Timeout 설정(0~65535ms)
+RXWT +RXWT=<time>	Rx Wait Timeout	수신자의 Rx Wait Timeout 설정(0~65535ms)

+RAON +RAON=1 or 0	Radio Always On	수신자 및 전송자의 Sleep Time 시 Radio On/Off 설정(1: always on, 0: off)
+RTRY +RTRY=<count>	Retry Count	전송자의 데이터 전송 retry 횟수(0~10)
+SEIT +SEIT=1 or 0	Sender Init Tx	전송자의 Probe Listen 없이 데이터를 전송하는 모드 (1: on, 0: off)

### 2.1.5 데이터 전송 Command

PLM100은 상대방에게 Application 데이터를 전송하기 위한 두가지 방법을 제공한다. 상대방의 EUI를 우선 설정하고 이후 데이터를 전송하는 방법과, 데이터 전송마다 Application 데이터의 처음에 상대방의 EUI를 입력하는 방법이 있다. 상대방 EUI 우선 설정은 AT+DEST 명령을 사용하여 설정하며 설정 EUI는 Flash에 저장되며 리부팅 후에도 적용할 수 있다. Application 데이터의 전송은 AT+DATA 명령을 사용할 수 있는데, 이 명령에 EUI를 포함하여 데이터를 전송할 수 있다. 이 때 사용되는 EUI는 Flash에 저장되지 않고 해당 명령에만 적용된다. Flash에 저장된 EUI와 AT+DATA 명령에 포함된 EUI가 동시에 있을 경우에는 AT+DATA에 포함된 EUI가 우선 적용된다.

[ 표 8 데이터 전송 Command ]

Command	Function	Description
+DEST +DEST=<eui>	전송 목적지	전송하고자 하는 상대방의 ID를 설정. 상대방 EUI의 끝 3byte를 입력 "FFFFFF" 입력 시 Broadcast 전송 예) 상대방 EUI: 14:0C:5B:FF:FF:0e:14:5d 인 경우, "0e145d" 입력 AT+DEST=0e145d<CR>

<p>+DATA=&lt;eui&gt;:&lt;string&gt; +DATA=&lt;string&gt;</p>	<p>전송 데이터</p>	<p>입력 받은 데이터(string)을 설정된 상대방에게 전송한다. 데이터의 앞에 상대방 EUI 가 설정되어 있는 경우에는 설정된 상대방에게 데이터를 전송하며, 데이터만 있을 경우에는 AT+DEST 명령에 의해 설정된 상대방에게 데이터를 전송한다. 예) EUI 설정 포함: AT+DATA=0e145d:&lt;application string&gt; &lt;CR&gt; EUI 설정 미포함 AT+DATA=&lt;application string&gt; &lt;CR&gt;</p>
--	---------------	--

데이터 수신 PLM100 은 데이터 도착 시 전송자의 ID(EUI 3 bytes)와 RF 신호세기(RSSI) 값을 수신된 데이터와 함께 Console UART 를 통하여 아래와 같이 데이터를 호스트에게 전달한다.

[ 표 9 Data 수신 Format ]

Data Recv Format	Example
RECV:<Tx Id>:<RSSI>:<Data>	RECV:0e145d:-110:hello world!

### 2.1.6 Sensor Command

PLM100 은 PLNetworks 의 PL-EVK1 Board 와 결합하여 여러 Application 에 사용할 수 있다. PL-EVK1 은 다양한 Interface 를 제공하고 있으며, 그 중 4 종의 센서(온습도, 기압, 조도/근접, 자이로) 센서는 PLM100 의 AT Command 를 통해서 그 센서 값을 호스트에게 제공할 수 있다. 센서 값을 읽기 위해서는 PL-EVK1 Board 의 해당 센서 HW Switch 를 ON 시켜야 하며, AT 명령을 통하여 동작을 ON 하여야 한다.

[ 표 10 Sensor Command ]

Command	Function	Description
---------	----------	-------------

+TEHU +TEHU=<value>	온습도 센서	온도 습도 센서 값을 읽어온다. 예) AT+TEHU<CR> TEMP:25.2 HUM:20.1 온습도센서 동작 on/off 설정(1: ON, 0: OFF)
+PRES +PRES=<value>	기압 센서	기압 및 온도 값을 읽어온다. 예) AT+PRES<CR> PRES:1013.1 TEMP:25.2 기압센서 동작 on/off 설정(1: ON, 0: OFF)
+LUXP +LUXP=<value>	조도/근접 센서	조도 및 근접 값을 읽어온다. 예) AT+LUXP<CR> LUX:500 PS:0 조도/근접 센서 동작 on/off 설정(1: ON, 0: OFF)
+GYRO +GYRO=<value>	자이로 센서	자이로 센서 3 축 값을 읽어온다. 예) AT+GYRO<CR> X:1.3 Y:1.1 Z:2.2 자이로 센서 동작 on/off 설정(1: ON, 0: OFF)