

適応スペクトル拡散方式により長距離伝送  
が可能な小電力トランシーバ登場！

## LoRaモデムを搭載した サブGHz帯無線ICとその応用例

玉井 洋平 / 藤原 正樹

Yohei Tamai / Masaki Fujiwara

### 1 LoRaモデム搭載の 無線技術について

#### 1.1 規格内の送信電力で長距離通信を 可能にする“LoRa”方式

近年、免許不要のISMバンドを使う特定小電力無線が一般化してきています。ただし国内では13 dBm (約20 mW)という送信電力の制限があり、長距離の通信が困難というデメリットがありました。そこでセムテック社では周波数拡散方式の原理を使用した“LoRa” (Long Rangeから命名)という新しい変調方式を使い、規格内の送信電力で長距離通信を実現しました。

#### 1.2 LoRaを開発した背景

無免許で送信できるサブGHz帯の電波は、多くの国で20 dBm以下などの出力制限が設けられています。従来からあるFSKのような固定帯域幅の方式で送信した場合、通信距離は短距離に限られます。そのため長距離通信を行うためには、リピータを使用したり、ノード間をホップさせる方法を使用することになって、コストがかさむ場合がありました。そのため各国の無線規格範囲内で、より長距離通信ができる無線の需要が高まってまいりました。

LoRaはFSKと比べて、同程度の通信レートなら8 dBほど優れた感度を持ち、妨害波干渉にも耐性をもつので、FSKよりも長距離の通信を実現することが期待されます。

#### 1.3 想定している用途

LoRaの通信は下記のような用途に最適です。

- 情報は少なくても良いが、長距離通信をしたい  
FSKよりも同程度の通信レートで8 dBほど、データレートを下げれば、さらに12 dB程度の感度改善が期待されます。
- スター型ネットワークを構築したい  
長距離通信が可能な特性を生かし、スター型トポロ

ジにより、広範囲な区域のノードを一つのコンセントレータでカバーする、ネットワークの構築が容易です。

- 同一周波数チャンネルで複数のノードと通信したい  
同一チャンネルであっても、拡散率やデータレートの異なる信号は別々のLoRa信号として受信可能です。ただし、受信側に複数のLoRaモデムが必要になります。

### 2 LoRaモデムのしくみ

#### 2.1 周波数拡散について

LoRaでは、信号エネルギーを広帯域に分散させる周波数拡散方式(図1)を使用しています。この方式の利点は次の通りです。

- FSKよりも優れた感度

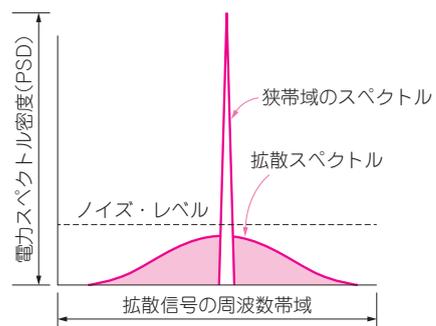
図2はLoRa方式の受信感度のイメージです。同じデータレートならば、FSKよりも8 dB程度、感度が優れています。また、データレートをさらに落とすことにより、SX1276で受信感度 - 148 dBm、SX1272で同 - 137 dBmを実現します。

- ▶ SX1276の受信感度：- 148 dBm

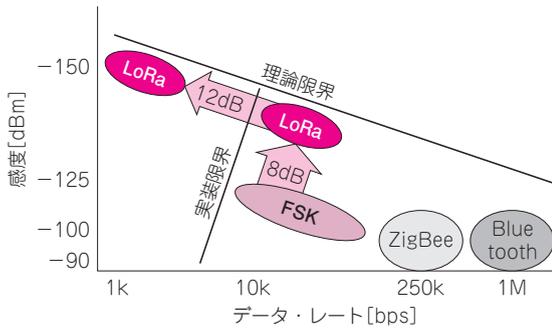
ただし、帯域幅7.8 kHz、拡散率SF = 12、周波数帯域410 ~ 525 MHzまたは137 ~ 175 MHz

- ▶ SX1276の受信感度：- 137 dBm

ただし、帯域幅125 kHz、拡散率SF = 12、周波数



〈図1〉周波数拡散のイメージ



〈図2〉LoRa方式の受信感度のイメージ

帯域915 MHz

● セキュリティの強化

元となる信号に対し、拡散符号系列を使用して図1のように拡散しますので、拡散に使った符号系列が不明な場合、第三者が復調することは非常に困難です。

● 妨害電波耐性およびノイズ・フロア以下の復調

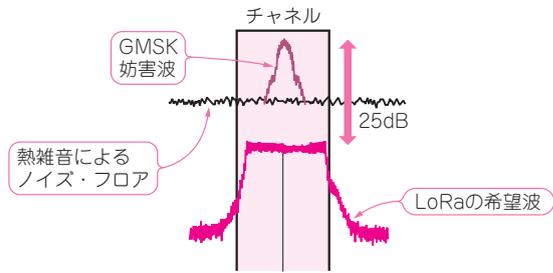
従来のFSKのような狭帯域の変調方式では、同一チャンネルに妨害波が存在する場合、干渉によってエラーが発生します。一方、LoRaは周波数拡散しているため、その影響を非常に受けにくいという特性があります。またマルチパスの影響も受けにくくなります。

● 同一チャンネルの干渉波および妨害電波耐性

図3はLoRaと干渉波のイメージです。LoRaはノイズ・フロア以下のパワーでも受信可能です。またFSKに対して-10~-25 dB程度の信号レベルで受信可能です。またLoRa どうしであってもデータ・レートまたは拡散率が違う場合は、拡散タイミングがずれるため互いに干渉せず、-21 dBでも受信可能となります。

■ 2.2 拡散処理の流れ

図4は元のデータを広帯域に拡散する処理です。高



妨害波の変調タイプ	同一周波数信号対妨害波比	同一周波数の既存FSK信号対妨害波比
CW, FSK, GMSK	-10~-25dB	+8~+12dB
OFDM, AWGN	-7~-21dB	+10~+15dB
異なるデータ・レートのLoRa	-21dB	-

〈図3〉LoRaと干渉波のイメージ

速で変調すると周波数帯域が広がる特性を利用するために、非常に早い速度のPseudo Noise (PN) 符号と呼ばれるランダム信号を組み合わせて、再変調(2次変調)をかけます。データはパケット単位で送信します。

受信側では送信に使ったのと同じ拡散符号系列を使って逆拡散し、元のデータを復調します。

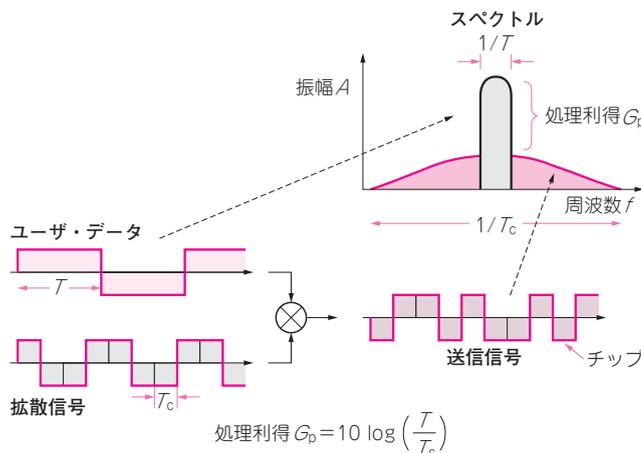
**3 LoRa モデム搭載のサブGHz帯無線IC**

■ 3.1 ラインアップ

表1はセムテックにて量産中のLoRaデバイスです。

■ 3.2 代表的な製品のブロック図

LoRa製品の一例としてSX1272のブロック図を図5に示します。LoRa対応製品は、変調ブロックにLoRaとFSKの両変復調器をもっており、外部からSPIで



〈図4〉元データを広帯域に拡散する処理