



ソニーのLPWA無線技術紹介

ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社 工学博士 **こばやし せいじ**
小林 誠司



1. はじめに

920MHz帯（サブギガ）を使った長距離、省電力の無線通信技術を弊社で開発したので紹介する。センサー等から得られる少量のデータ（100ビット程度）を、遠方にある基地局まで伝送する無線技術であり、基地局で受信したデータをインターネットに上げて使うことを想定している。

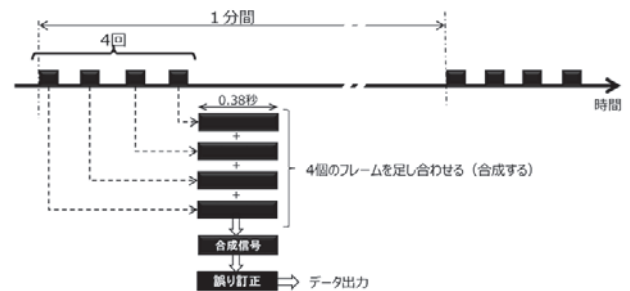
センサーの多くは電池駆動されるので、できる限りシンプルにして消費電力を下げるのが要求される。これに対して消費電力に制約のない基地局は、最先端の無線信号処理を搭載して通信性能を向上させることができる。このような構成から、センサーから基地局への一方向（Uplink）に限定した構成とした。

2. 0.38秒の送信時間

920MHz帯の電波法では、最大連続送信時間が4秒間と制限されている。さらに送信時間を短く制限して0.4秒以下とすれば、他システムに与える混信が軽減されることから、使えるチャンネル数が大幅に増える。

一般に長距離通信を実現するためには、連続送信時間を長くする方法が用いられる。しかし、本技術では連続送信時間を0.38秒に制約し、36チャンネル（周波数帯域で7.2MHz）の全てをできるように構成した。

本技術での1回の送信単位をフレームと呼ぶ。図1に示すように、このフレームを4回送信し、受信機で波形合成する



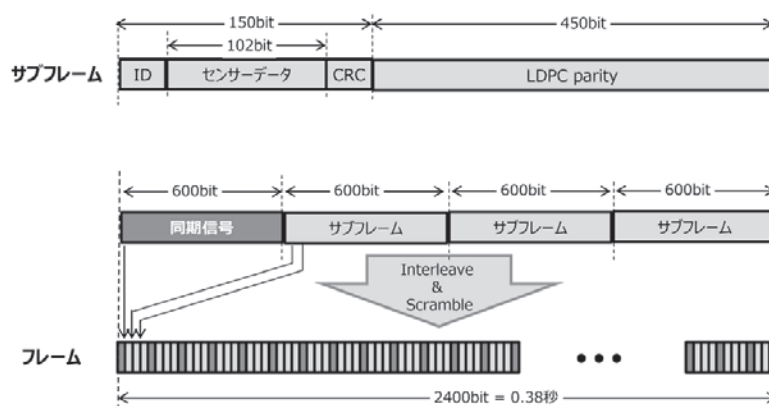
■図1. 4回（0.38秒 x 4）のフレームに分割して送信し、受信機で波形合成することで感度を高める

（IQ信号を足し合わせる）ことにより、6dBの感度向上を実現している。送信する前には必ずキャリアセンス（空きチャンネル確認）を行い、他システムに与える妨害を減らすように構成している。

3. 通信フォーマット概要

0.38秒のフレームは、図2に示すフォーマットで構成される。センサーから得られた102bitのデータに、32ビットのID番号と16ビットの誤り検出符号（CRC）を付加して150bitのデータを作り出す。この150bitに対して、450bitのLDPC（Low Density Parity Check）符号を付加している。入力データの3倍（450bit）ものパリティを付加することで、長距離通信で付加された雑音を除去する性能を高めている。

LDPCパリティ符号を加えた600bitをサブフレームと呼



■図2. 実験に用いた送信フレームの構成。0.38秒と短いフレームで構成し、毎回キャリアセンスすることで混信を防ぐ

ぶ。サブフレームを3回繰り返すことで雑音耐性を向上させ、600bitの同期信号を加えて2400bitのフレームを作成する。このとき同期信号を定期的（サブフレームの3ビットごとに、同期信号を1ビット）に挿入することで、長距離通信の途中で加わる信号劣化を受信機で検出し、補正することができる。最後に6.35kbpsのBPSK (Binary Phase Shift Keying) 変調を施し、920MHzの電波として出力20mWで送信する。

BPSKの変調レートが6.35KHzなので、2400ビットで構成されるフレームは.038秒の送信時間である。

4. GPSを使って時間同期

本システムでは、送受信機の両方でGPS衛星を受信し、GPS時刻に正確に同期した20msec周期のグリッドを作り出す。このグリッドに合わせたタイミングで送受信することでプリアンプルを省略している。

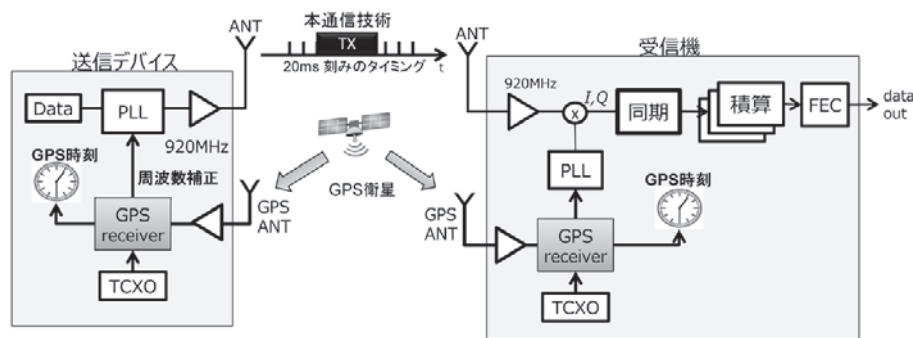
BPSK変調は低SNRでも検出することができるので、長距離通信を実現するには最も適した変調方法である。しかしBPSKを復号するためには、キャリア同期（送信キャリアと周波数が厳密に一致した信号を受信機で再現）が必

要となる。短時間で終わってしまう信号にキャリア同期をかけるため、本システムでは、GPS衛星から得られる時刻情報を使って送受信機内部のクリスタル発振子に周波数補正（キャリアレーション）を施す（図3）。この結果、現実的な受信機でBPSKの特徴を活かした高感受信が可能となっている。

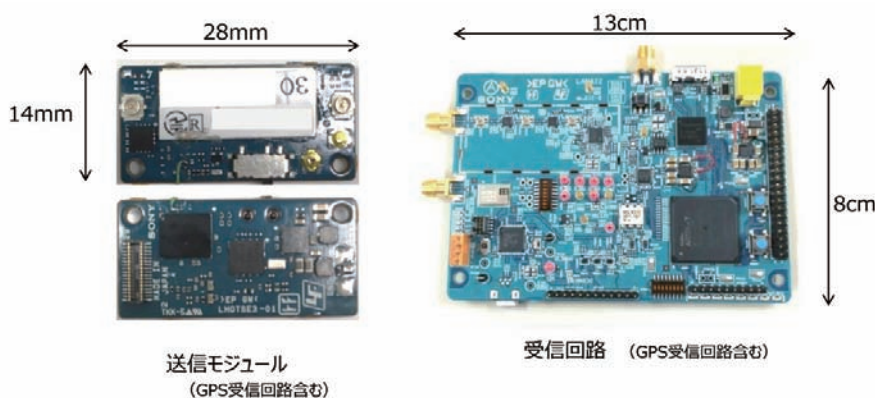
5. 送受信システムの構成

写真では、弊社で試作した小型送信モジュールと受信回路部分を紹介する。無線送信機能とGPS受信機能の両方を搭載した送信モジュールを、小型（14mm x 28mm）のプリント基板として実現できた。様々なセンサーデバイスに搭載できるサイズである。

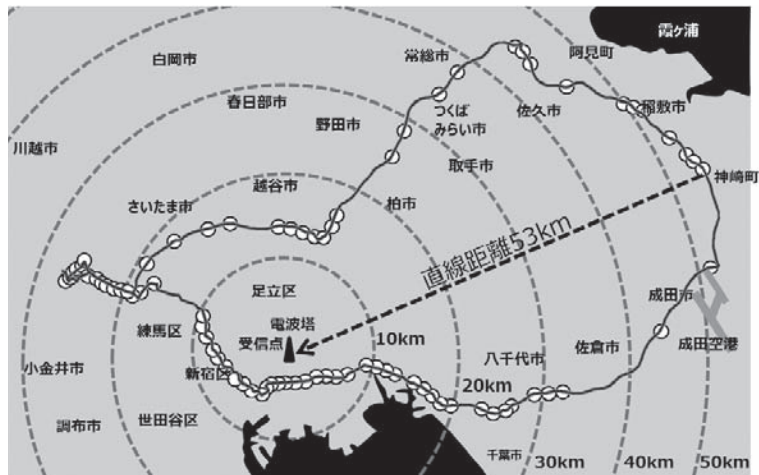
受信機の主要部は写真にある13cm x 8cmの回路である。受信性能を決める重要部分（ベースバンド信号への変換、AD変換）は、ダイナミックレンジ特性に優れたテレビチューナ用のLSIで構成している。今回の試作では、同期検出やLDPCなどの復調処理を外部接続したパソコンで処理している。



■図3. 送受信機の両方でGPS衛星を受信、時刻と周波数をキャリブレーションする



■写真. 試作した送受信システム



■図4. 東京都内の電波塔で受信した結果。スマートメータなどの混信があっても、遠方からの信号の受信に成功

6. 都市部での実験結果

都市部での実験として、東京都区内にある電波塔に本技術の受信基地局を設置した結果を紹介する。

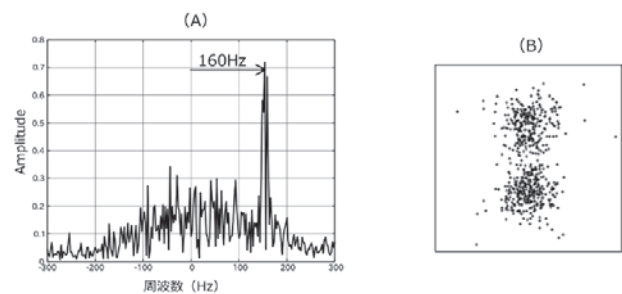
電波塔からは関東一円を見通すことができるので、遠方までの無線通信が容易に実現できると考えられる。しかし、これは同時に関東一円に設置された様々な無線設備（特にスマートメータなど）からの混信を受ける、ということでもある。混信に強いシステムでなければ、遠方からの通信を実現することはできない。

図4に示す実験では、本技術の送信機を車に搭載し、1分間隔で送信しながら移動した。電波塔から25km離れた埼玉県を出発点として、電波塔の周囲を一周している。受信に成功した点を丸印で示したが、20km圏内であれば高い確率で受信できていることが分かる。また都内の混信を飛び越えて、最大で53km離れた地点からも受信に成功した。

7. 移動での実験結果

送信デバイスが高速で動いている場合、ドップラ現象による周波数シフトが付加される。図5 (A) は、走行中の新幹線の窓際に送信機を設置し、約6km離れた地点で測定した同期信号のスペクトルである。

先に述べたように、GPS信号を使って、送信機・受信機ともに内部周波数は正確にキャリブレーションされている。ところが図5 (A) のスペクトルピークは、約160Hzの偏移が観測される。時速190kmに相当するドップラシフトであり、新幹線の高速度移動によるものと推測される。また、通信経



■図5. 新幹線車内から送信した場合の同期信号スペクトル(A)、位相補正後のコンスタレーション(B)

路途中で反射を受けたことにより、スペクトルピークが分離していることも観測される。

受信機で変動を補正した結果、図5 (B) に示すコンスタレーションが得られた。SNRはマイナス0.1dBまで低下していたが、LDPC符号により正しく復号に成功することができた。

8. おわりに

長距離通信を実現するIoT向けの無線技術を開発し、実験確認を行った。日本の電波法に適合し、受信基地局までの片方向通信とすることで高度な信号処理を可能とし、センサー等から得られる少量のデータを安定に長距離に伝送できる。この技術は、ヨーロッパの標準化団体ETSI (European Telecommunications Standards Institute) に提案中である。