

大規模センサーネットワークにおける無線スペクトルの有効利用

Effective Use of the Radio Spectrum in Massive Sensor Networks

ペパー フェルディナンド[†] ライプニッツ 賢治[†] 長谷川 幹雄[‡] 若宮 直紀^{*}
 Ferdinand PEPPER[†] Kenji LEIBNITZ[†] Mikio HASEGAWA[‡] Naoki WAKAMIYA^{*}

[†] 情報通信研究機構 (NICT) [‡] 東京理科大学工学部 ^{*} 大阪大学大学院情報科学研究科

概要

IoT エコシステムが世界中で数十億台のデバイスで拡大するにつれて、コスト効率の高い低消費電力広域 (LPWA) テクノロジーの必要性が高まっている。従来の通信方法では、デバイス数の増加により、衝突が頻繁に発生し、パフォーマンスが低下するという課題に直面している。非同期パルス符号多重通信方式 (Asynchronous Pulse Code Multiple Access, APCMA) テクノロジーは、脳内の信号伝達にヒントを得た独自のコーディング手法でスパースなパルス列を採用し、パルスが衝突したり、パルス列が時間的に重なったりしても、高い確率で正確な受信を保証する。APCMA 符号化の基本理論のほか、エラー訂正などの実用的な問題も紹介する。本テクノロジーは、1,000 台の送信機を備えた屋外環境と、1,500 台の送信機を備えた屋内環境でテストに成功している。コンピューターによるシミュレーションでは、数千台の送信機が正しく動作することが確認できている。

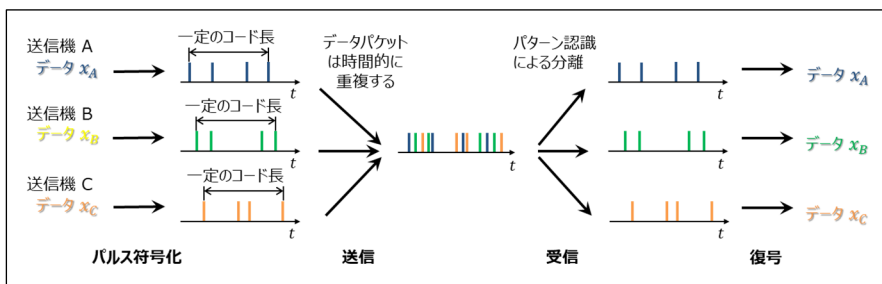


図 1 : APCMA 方式の概要。データは、共通チャネルを介して送信されるスパースなパルス・パターンとして符号化される。パルス・パターンは、すべての可能な時間シフトにおいて、各パターンがパルス符号語内の他のパルス・パターンと共通するパルスを最大 2 つ持つように設計されている。これにより、すべての可能なスケジュールのシナリオでパルス・パターンが重複した場合でも、パルス・パターンを効果的に分離できる。本図には 4 つのパルスのパターンが示されているが、より多くのパルスを持つ符号語も可能。符号語内のパルスの数が多いほど、受信側でのパルス・パターン認識の信頼性が高くなる。符号語あたり最大 10 個のパルスのシナリオをシミュレートした。パルス・パターンを分離した後、受信側はそれらを二進法のメッセージに変換し直す。

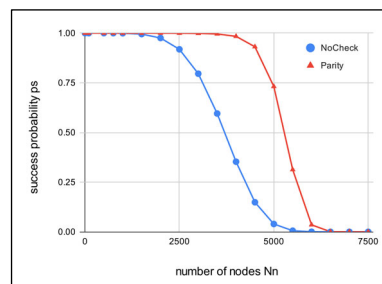


図 2 : 40 ビットのデータパケットのノード数 Nn (横軸) に対する送信成功確率 (縦軸)。ここで、データはフレームあたり 8 パルスの符号語によって符号化される。赤い線は 10 ビットのエラー訂正を示し、青い線はエラー訂正なしを示す。パケットあたりのパルス数はそれぞれ 37 (赤) と 29 (青) である。

Abstract

As the IoT ecosystem expands with billions of devices worldwide, there is a growing need for wireless spectrum. We present a wireless protocol called Asynchronous Pulse Code Multiple Access (APCMA) that allows for a dramatic increase in the number of devices broadcasting on the same channel, to the order of thousands. Inspired by signal transduction in the brain, the protocol encodes messages as sparse patterns of pulses that are designed to reliably separate messages in the event of collisions.