

2008.8.19

横浜国立大学大学院工学研究院

高周波数利用効率と低消費電力を両立するデジタル変調方式の研究開発

高い周波数利用効率と低い消費電力を両立する
ユビキタス&低炭素社会が求める無線送信技術



図 1.本研究開発で用いた伝送実験装置

図 2.本技術によるピーク電力の低減を行わなかった場合(左)とピーク電力の低減を行った場合(右)の時間波形(縦軸:送信信号の振幅、横軸:時間):左は波が0になったりピークを示したりするので、平均電力と電力利用効率は低くなる。具体的には電力増幅の際には出力信号のピーク電力が制限されるので、ピークの値が高いと平均電力を落とさなければならず、電力利用効率が劣化する。右は決して0になることなく変動が緩やか。したがって、ピークが低く抑えられるので平均電力が高くなり、電力利用効率は向上する。

【新規発表事項】

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO技術開発機構）の産業技術研究助成事業（予算規模：約50億円）の一環として、横浜国立大学の准教授 落合 秀樹氏は、ユビキタス&低炭素社会の実現に寄与する高効率な無線送信技術を開発しました。

無線通信のデジタル変調方式において、周波数利用効率と電力利用効率は両立が困難とされてきました。周波数利用効率を上げるために狭い帯域のフィルタを用いると、高いピーク電力が発生します。一方、ピーク電力の大きい信号をパワーアンプで高効率に線形増幅することは一般に難しく、電力損失も大きくなります。本研究開発で考案したシェイピング技術^(注1)を用いれば、周波数利用効率を維持したまま低消費電力の無線通信が可能となります。さらに、送信機だけでなく受信機でも利用することにより、無線送信につきもののエラーや雑音の影響を低減できることから、低増幅率での正確な無線通信が可能となり、より一層の低消費電力化が期待できます。

(注 1)シェイピング技術:無線などでデータを送るときは、雑音、干渉、減衰などのエラー要因が多く、雑音によるエラーを防ぐには送信電力を上げる必要がある。しかしながら送信する信号系列のパターンをうまく制御すれば、雑音への耐性を保ったまま平均送信電力を下げるができる。このような技術を一般にシェイピング技術という。特に、送信系列パターンの制御に誤り訂正符号^(注2)の構造を用いる手法をトレリスシェイピングという。本研究では、このトレリスシェイピングを用いて平均電力ではなくピーク電力を低減することを実現した。

(注2)誤り訂正符号:通信によりデータを送るとき、エラー(誤り)が生じて送ったデータと受け取ったデータが異なる場合がある。その際、受け取った側で、そのデータが正しいかどうか判断し誤りを訂正できるようにするために追加のデータ列を付け加えて送ることがある。このような技術を「誤り訂正符号」という。

1. 研究成果概要

ユビキタス社会を迎え、無線通信には高い周波数利用効率と同時に、高い電力利用効率（低消費電力）を持つシステムが求められています。

中距離以上の通信には、パワーアンプによる信号波形の電力増幅が必要ですが、増幅するときに入力信号の平均電力ではなく、出力信号のピーク電力が制限されます。それゆえ、アンプに信号を入力する際に、平均電力を落とさなければなりません。そうすると電力利用効率が劣化し、増幅に使われなかったエネルギーは熱になります。

周波数利用効率を上げるためには、いくつかの方法が提案されていますが、いずれもピーク電力の上昇が避けられません。ピーク電力が上がるとアンプの電力利用効率が落ち、発熱が大きくなります。

私たちの究極のテーマは、高い周波数利用効率を保ったまま、ピーク電力を低減することです。その解決法として、増幅する前にデジタル信号処理でピーク電力を落とす方法を探究しました。

そこで注目したのが「トレリスシェイピング」という技術で、誤り訂正符号を用いて信号に冗長度（自由度）を与える手法です。私たちは、この符号の選び方を工夫すれば平均電力やピーク電力を下げるができると考えてシミュレーションを行い、また送信機を実装した信号出力装置による伝送実験で効果を確認しました。その結果、高い周波数利用効率を維持したまま、これまでの10~30%低い消費電力での通信を可能にする技術の開発に成功しました。

2. 競合技術への強み

1) 通信するときに必要な送信電力エネルギーを10~30%減らすことができ、省エネの実現により地球温暖化の防止にも貢献する技術です。

2) 私たちが使える無線通信の周波数資源は飽和に近づいています。高い周波数効率は、周波数資源の有効利用につながります。

3) 高い周波数効率を維持したまま消費電力を抑えるので、電池により駆動する通信システムの場合、これまで以上の長時間駆動が可能になります。

4) 無線通信だけでなく、有線の通信にも応用できると考えられます。

表 1. 送信電力の効率化技術（ソフト技術・ハード技術）に関する従来技術と本技術との比較表

	回路規模・コスト	電力効率の改善	備考
(1) $\pi/4$ -QPSK 変調技術	◎ 非常にシンプル	△ ～数%程度	単純な位相回転のみで実装できますが、ピーク電力低減効果は小さく、また多値変調方式等への拡張がありません。
(2) パワーアンプの効率化技術	△ アナログ回路で実装・設計が困難	○ ～20%程度	複数のアナログ回路を組み合わせさせて実装されるものが多く、その場合は回路規模が大きくなります。また回路損失が設計に大きく依存します。特に広帯域信号に対しては高効率な回路設計が難しいといわれています。
(3) 本研究で開発した技術	○ デジタル回路で実装・集積化可能	◎ 10～30%程度	デジタル信号処理で実装でき、周波数利用効率の高い多値変調方式への拡張も容易です。回路規模と電力効率の改善量にはトレードオフの関係がありますが、ASICにより実装すれば回路規模を大幅に抑えることが可能です。

3. 今後の展望

現時点の技術では送信にかかる計算量が多いので、それを減らして簡易に使えるように改良していきます。本技術の用途としては、携帯電話にも適用可能ですが、標準化など規格化が実現されない利用されないため、まずは独自に開発、実装できるようなシステム、例えばセンサーネットワークなどに適用していきたいと考えています。

また技術の洗練、適用という視点とは別に、社会へのアピールも考えています。無線通信の発熱問題は世の中にほとんど認知されていません。本研究の実証実験を行うことにより、どれだけ省エネルギーに貢献できるのか明らかにしていきたいと考えています。

4. 問い合わせ先

(1) 技術内容について

《代表研究者名・所属機関・部署名・役職名》

落合 秀樹（横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授）

TEL : 045-339-4327 FAX : 045-338-1157

e-mail : hideki@ynu.ac.jp

研究室 HP : http://www.ochiailab.dnj.ynu.ac.jp/index_j.html 横浜国立大学 落合研究室

(2) 制度内容について

N E D O 技術開発機構 研究開発推進部 若手研究 Grant グループ

田中 信介、日高 博和、千田 和也

TEL : 044-520-5174 FAX : 044-520-5178

個別事業 HP : [産業技術研究助成事業（若手研究 Grant）](#)