

# 基地局用高電力高効率増幅器技術

Technology for a High-Power, High-Efficiency Amplifier for Base Stations

幸長俊郎\* 藤原誠司\*  
Toshio Yukinaga Seiji Fujiwara

Envelope Tracking方式の増幅器は、入力信号の包絡線の振幅に応じて電源電圧の振幅を変化させる。これにより、増幅器を常に飽和レベルに近い状態で動作させることができるため、高ピークの変調信号においても高効率動作を実現することができる。

An envelope tracking amplifier controls its own power supply voltage in accordance with the envelope of the input signal. This enables the amplifier to constantly keep its operating range close to the output saturation level. Consequently, the amplifier will perform high-efficiency amplification of a wide range of its input signal from average to peak.

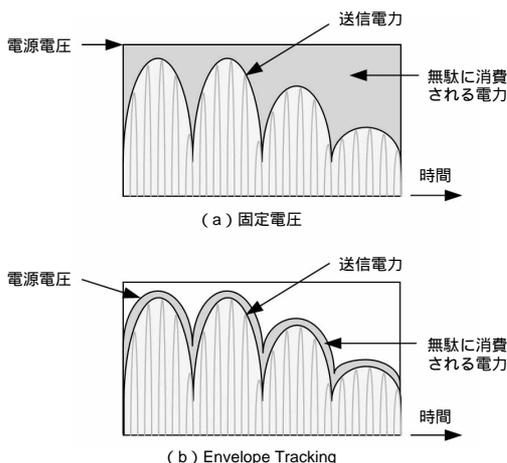
特集  
1

## 1. 高効率増幅器技術

近年、高電力増幅器の高効率化技術としては、いくつかの方式があるが、現在はDoherty方式が主流である。筆者らは、次世代高効率増幅技術であるEnvelope Tracking方式（以下、ET方式と記す）に取り組んでいる。ET方式は、マルチモード、マルチバンド化で有利な方式であり、将来、Doherty方式よりも高効率化が期待できる技術である。今回は、ET方式の実用化に向けて、その効率面について解説する。

### 1.1 ET方式について

ET方式とは、第1図に示すように、増幅器のドレイン電圧を出力電力に応じて変化させることにより、固定電圧

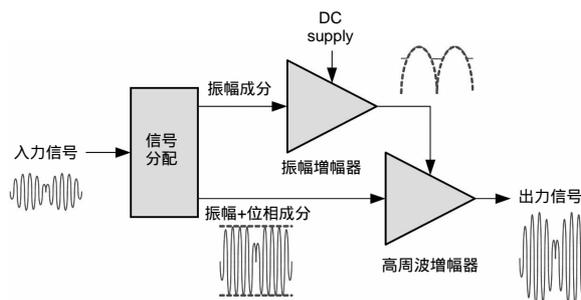


第1図 固定電圧とET方式の比較  
Fig. 1 Power consumption of Linear amplifier and ET amplifier

での動作時に生じる電力のロスを減らし、高効率化を実現する方式である。W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) の変調信号のように、平均電力とピーク電力の比 (PAPR : Peak to Average Power Ratio) が大きい信号の場合、固定電圧で増幅器を動作させると平均電力時には効率が低くなるが、ET方式ではドレイン電圧を出力電力に応じて変化させることで高効率化ができる。

### 1.2 ET方式の構成

ET方式の増幅器構成を、第2図に示す。変調信号から振幅情報 (エンベロープ) を取り出し、高電力増幅器 (PA : Power Amplifier) の電源電圧として印加する。本方式は、エンベロープに応じて電源電圧を変化させることにより、PAをほぼ飽和に近い状態で動作させるものである。1.1で述べたように、これによって高効率を実現する。



第2図 ET方式増幅器の構成  
Fig. 2 Configuration of ET amplifier

また、Doherty方式のように、90°の位相シフトを必要としないため、周波数帯域依存が少ない利点があり、Doherty方式では困難な広帯域化が可能である。

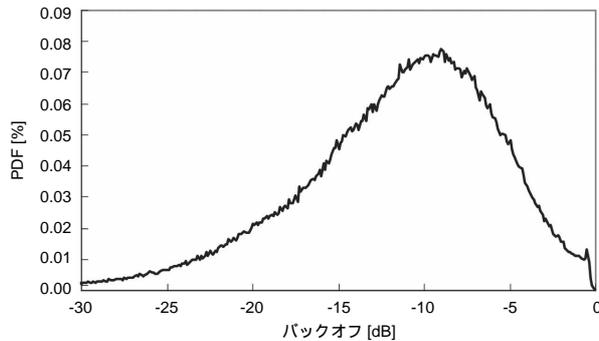
さらには、後述するFET (Field Effect Transistor) のドレイン電圧に対する効率のダイナミックレンジを改善することで、高PAPRの信号でも高効率化が可能である。

\* パナソニック モバイルコミュニケーションズ(株) ネットワークス事業部  
Networks Div., Panasonic Mobile Communications Co., Ltd.

## 2. ET方式に適する増幅器

第3図に、W-CDMA下り信号 (PAPR 8.8 dB) の出現頻度 (PDF: Probability Density Function) を示す。最大電力付近では電力値自体は大きい、出現頻度が低く、出現頻度の高いバックオフ-9 dB (平均電力) 付近に電力が集中している。つまり、平均電力付近を高効率に増幅することが重要である。このことから、ET方式の増幅器に求められるのは、

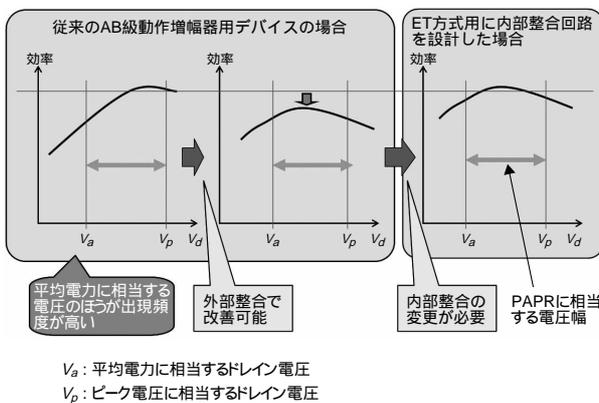
- (1) 信号のダイナミックレンジに応じたドレイン電圧範囲にて高効率であること
  - (2) 平均電力に相当するドレイン電圧において最も効率がよいこと
- となる。



第3図 W-CDMA下り信号 (PAPR 8.8 dB) の出現頻度  
Fig. 3 Probability of W-CDMA forward link

以上から、第4図に示すようなアプローチにて、増幅器の整合最適化を行った。

- (1) 左は、内部整合も外部整合も高電圧で最適化し、電圧を変化させたときの効率



$V_a$ : 平均電力に相当するドレイン電圧  
 $V_p$ : ピーク電力に相当するドレイン電圧

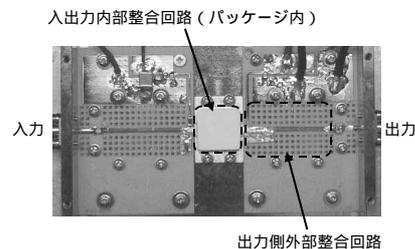
第4図 ET方式に適した増幅器の整合  
Fig. 4 Improvement approach to amplifier suitable for ET system

- (2) 中は、(1) において外部整合を効率のダイナミックレンジが取れる電圧で整合
- (3) 右は、内部整合も外部整合も効率のダイナミックレンジが取れる電圧で整合

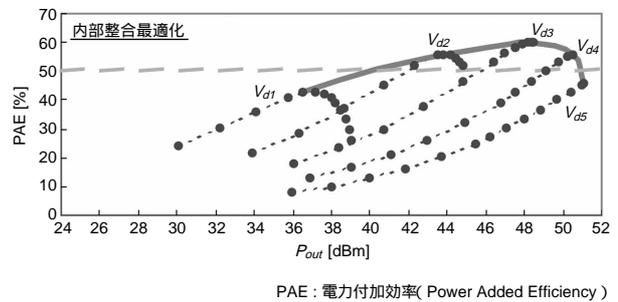
ET方式において効率のダイナミックレンジを確保するためには、内部整合、外部整合において、ダイナミックレンジが取れる電圧での最適化が重要である。

## 3. ET方式用増幅器の特性

実際に試作したET方式用増幅器を、第5図に示す。評価は、2.14 GHzのCW (Continuous Wave) 信号で、ドレイン電圧を変化させて出力電力 - 効率の特性を取得した。第4図でアプローチした方法で整合を行うと、第6図のように、+40 dBmから+50 dBmまで10 dBのダイナミックレンジで50 %以上の効率があることがわかる。今後、デバイスの性能向上などで、高周波増幅器効率60 %、振幅増幅器効率90 %であれば、トータルで54 %の効率となり、Doherty方式よりマルチモード、マルチバンド化が有利なのに加えて、効率面でも充分優位となる。



第5図 試作したET方式用増幅器  
Fig. 5 Prototype of ET amplifier



第6図  $V_d$ を変化させた場合の $P_{out}$  - PAE特性  
Fig. 6  $P_{out}$  - PAE characteristics by changing  $V_d$

#### 4. まとめと今後の展開

ET技術によって、増幅器の電圧に対してのダイナミックレンジが広がることでマルチモードにおいても高効率を維持でき、Dohertyのように周波数特性のある合成器、分配器などが無い場合、マルチバンド化も比較的容易に実現できると考えられる。今後、次世代基地局増幅器の高効率化を進め、マルチバンド化、マルチモード化への対応などへ展開していく。

#### 参考文献

- 1) Kimball D. F., et al. : High-efficiency envelope-tracking W-CDMA base-station amplifier using GaN HFETs. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques 54, Issue 11, pp.3848-3856 (2006.11).
- 2) P. Draxler, et al. : High efficiency envelope tracking LDMOS power amplifier for WCDMA. IEEE MTT-S Int. Microw. Symp. Dig. pp.1534-1537 (2006.6).
- 3) D. Kimball, et al. : 50% PAE WCDMA basestation amplifier implemented with GaN HFETs. Compound Semicond. Integr. Circuit Symp. pp.89-92 (2005.10).