

# LTE-Advanced に向けた 3.4-4.2 GHz 帯 小型・広帯域 Rat-race Hybrid

## 3.4-4.2 GHz Miniaturized and Broad-band Rat-race Hybrid for LTE-Advanced

○中山 洋一(Youichi Nakayama) 林 等(Hitoshi Hayashi)

上智大学(Sophia University) 大学院・理工学専攻(Graduate School of Science and Technology)

林研究室(Hayashi Laboratory)

102-0081 東京都千代田区四番町 4-7(4-7, Yonbancho, Chiyoda-ku, Tokyo)

E-mail address: youichi.nakayama@sophia.ac.jp

### 1. はじめに

年々増大する移動通信トラフィックに対応するため、最大伝送速度 1Gbps の通信サービスの提供を可能とする次世代の移動通信規格である第 4 世代移動通信システム (LTE-Advanced) の導入が検討されている。ITU では、2007 年に開催された世界無線通信会議 (WRC-07) において、新たに 3.4 GHz-3.6 GHz 帯を国際的な移動通信 (IMT) 帯域として特定した。また、2015 年度に開催予定の世界無線通信会議では、IMT 帯域の拡張が主要議題の一つとなっており、3.4-4.2 GHz 帯への第 4 世代移動通信システムの導入にあたり、干渉検討が実施されている [1]。

Rat-race Hybrid [2], [3] は高周波信号の  $0^\circ$  /  $180^\circ$  電力分配合成に多用されており、モノリシックマイクロ波集積回路 (MMIC) 技術を適用した事例も多い。図 1 に従来の Rat-race Hybrid を示す。ここで、入出力端子 1 ~ 4 に接続される負荷インピーダンスを  $Z_0$  とした場合、各入出力端子 1 ~ 4 に対する分配・合成比を全て等しくする場合には、伝送線路の特性インピーダンスは  $2^{0.5} Z_0$  に設定される。しかしながら、従来の Rat-race Hybrid では、中心周波数  $f_0$  での電気長が  $90^\circ$  の高周波伝送線路を 3 本と、中心周波数  $f_0$  での電気長が  $270^\circ$  の高周波伝送線路を 1 本とを必要とするため、大型化するという課題を有していた。小型化・広帯域化を図った電力分配合成回路を図 2 に示す [4]。従来の  $270^\circ$  の長い高周波伝送線路の代わりに  $90^\circ$  の伝送線路を使用し、また、従来の  $90^\circ$  の伝送線路の代わりに、位相進みが  $90^\circ$  の小型なインダクタとキャパシタとを用いた集中定数回路を使用することにより、従来の Rat-race Hybrid に比べて小型で広帯域な Rat-race Hybrid を実現できる。本論文では、LTE-Advanced に向けて 3.4-4.2

GHz 帯で設計した小型・広帯域 Rat-race Hybrid のシミュレーション結果を報告する。

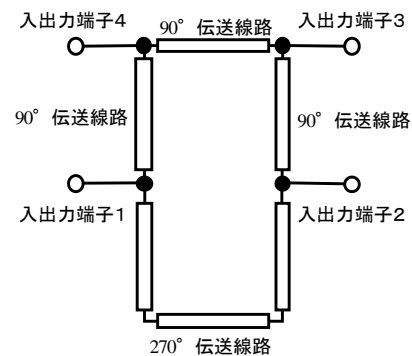


図 1 従来の Rat-race Hybrid [4]

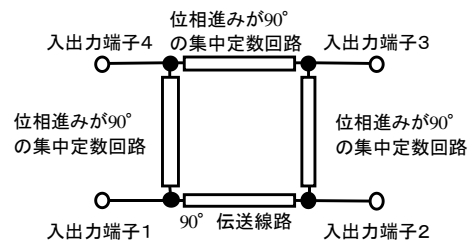


図 2 小型・広帯域 Rat-race Hybrid [4]

### 2. Rat-race Hybrid のシミュレーション結果

図 3 にシミュレーションに用いた 3.4-4.2 GHz 帯 小型・広帯域 Rat-race Hybrid の回路図を示す。シミュレーションには AWR 社の Microwave Office [5] とアジレント・テクノロジー社の ADS [6] を用いた。中心周波数  $f_0=3.8$  GHz、 $Z_0=50 \Omega$ 、伝送線路は無損失で特性インピーダンス:  $70.71 \Omega$  と仮定し、キャパシタ  $C_1$  の容量を  $1/\{2\pi f_0 Z_0(2-2^{1/2})\}=1.43$  pF、インダクタ  $L_1$  のインダクタンスを  $Z_0/(\pi f_0)=4.19$  nH とする。

図 4(a)は、高周波信号の逆相分配特性として、順方向伝達係数  $S_{21}$ 、 $S_{41}$ 、入力反射係数  $S_{22}$ 、 $S_{44}$ 、

アイソレーション  $S_{31}$  の数値シミュレーション結果を示す振幅特性図、(b)は順方向伝達係数  $S_{21}$  と  $S_{41}$  の位相差の数値シミュレーション結果を示す位相特性図である。周波数  $f=3.4\text{--}4.2$  GHz において、分配損失として  $(3\pm 0.1)$  dB、入力反射量として  $-31$  dB 以下、アイソレーションとして  $41$  dB 以上、位相差として  $(180\pm 1)^\circ$  の特性が得られており、周波数  $f_0$  の近傍での位相差の変化は、たかだか  $1^\circ$  程度に抑制されていることがわかる。

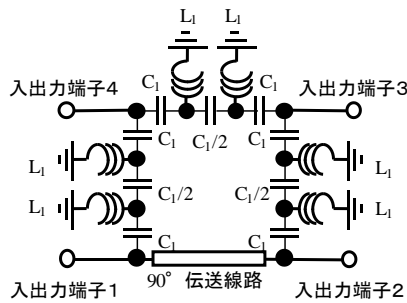


図3 3.4-4.2 GHz 帯 Rat-race Hybrid [4]

さらに、図 5(a)は、高周波信号の同相分配特性として、順方向伝達係数  $S_{23}$ 、 $S_{43}$ 、入力反射係数  $S_{33}$  の数値シミュレーション結果を示す振幅特性図、(b)は順方向伝達係数  $S_{23}$  と  $S_{43}$  の位相差の数値シミュレーション結果を示す位相特性図である。周波数  $f=3.4\text{--}4.2$  GHz において、分配損失として  $(3\pm 0.1)$  dB、入力反射量として  $-31$  dB 以下、位相差として  $(0\pm 1)^\circ$  の特性が得られており、周波数  $f_0$  の近傍での位相差の変化は、たかだか  $1^\circ$  程度に抑制されていることがわかる。

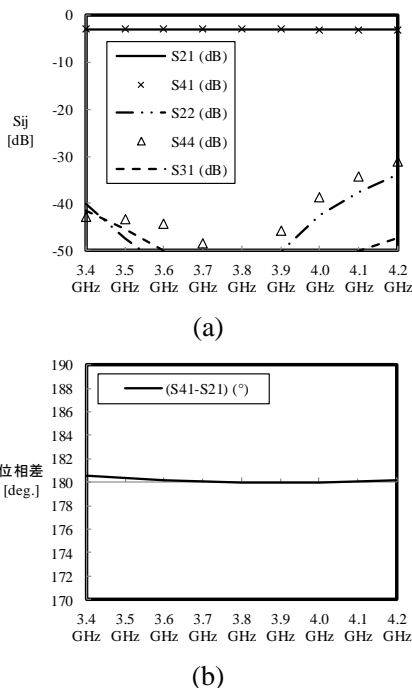


図4 逆相分配特性 [4]

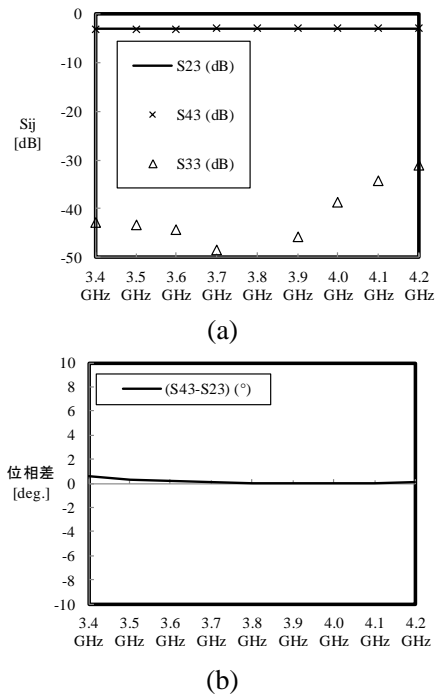


図5 同相分配特性 [4]

#### 4. まとめ

3.4-4.2 GHz 帯 小型・広帯域 Rat-race Hybrid について、良好なシミュレーション結果が得られた。

今後は既存の携帯電話用周波数帯 (700/800/900 MHz 帯、1.5/1.7/2 GHz 帯) とのマルチバンド化に向けた検討を行う。

#### 参考文献

- [1] 総務省 第4世代移動通信システムに関する公開ヒアリング資料1, “第4世代移動通信システムについて,” 2014年1月26日.
  - [2] 相川, “ストリップラインを用いた数GHz帯位相反転形ハイブリッドリング,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J58-B, No.10, pp.521-528, 1975.
  - [3] T. Hirota, et al., “Reduced-size branch-line and rat-race hybrids for uniplanar MMIC's,” *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol.38, no.3, pp.270-275, Mar 1990.
  - [4] 林他, 「180度ハイブリッド回路」 (日本国特許出願 平11-353101) .
  - [5] AWR Corporation. Microwave Office, 2014. [Online]. Available: <http://www.awrcorp.com/>
  - [6] Agilent Technologies, Inc. ADS, 2014. [Online]. Available: <http://www.agilent.com/>
- (本研究の一部は東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、アジレント・テクノロジー株式会社の協力で行われた。)