

学位論文 博士（工学）

マルチモード・マルチバンド対応の  
無線通信用 RF 送信機の研究

2016 年 1 月

慶応義塾大学大学院理工学研究科

中村 宝弘

## 主 論 文 要 旨

報告番号	甲	第	号	氏 名	中村 宝弘
主 論 文 題 目 :					
マルチモード・マルチバンド対応の無線通信用 RF 送信機の研究					
(内容の要旨)					
<p>本研究は、複数の無線通信方式に対応可能な移動体端末向けの無線通信モジュール実現に向けて RFIC (Radio Frequency Integrated Circuit) に求められる技術開発を目的に、特にマルチモード・マルチバンド対応のために必要な技術と、消費電力削減のために必要な技術に関して検討した。前者については、最新の移動体通信方式である LTE (Long Term Evolution) 方式のフルバンド対応のために必要な技術について検討し、周波数シンセサイザの広帯域化と、部品点数削減に必須の送信信号の低雑音特性と高線形性の両立のための技術を提案し、試作・評価を通じて有効性を確認した。後者については周波数シンセサイザの低消費電力化技術について検討し、低消費電力の電圧制御発振回路と、周波数分周回路を提案し、試作・評価を通じて有効性を確認した。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の対象であるモバイル端末の無線通信を取り巻く近年の状況や必要とされる技術などの背景を述べる。</p> <p>第 2 章では、LTE フルバンド対応に向けた VCO (Voltage Controlled Oscillator) の広帯域化と、それに伴う課題である周波数変換利得変動の抑圧技術の詳細について述べる。トランスフォーマ結合を介した周波数制御技術を導入した結果、試作した VCO では従来の 1/3 まで周波数変換利得変動を抑圧することに成功した。</p> <p>第 3 章では、マルチモード化で問題となる部品点数の増大による無線通信モジュールの大型化に対して、SAW (Surface Acoustic Wave) フィルタとバランを削減可能な送信回路の技術の詳細を述べる。部品点数削減に向けて、低雑音・高線形の直交変調器と小型のバラン技術を提案し、有効性を確認した。</p> <p>第 4 章では、周波数シンセサイザの低消費電力化に向け、2つのトランスフォーマによる出力を用いた VCO と、シングル・バランス・ミキサを用いたダイナミック周波数分周回路を提案し、有効性を確認した。</p> <p>第 5 章は結論であり、第 1 章から第 4 章までで得られた内容から結論と今後の展望を述べた。</p>					

## SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number 81247746	First name Surname Takahiro Nakamura
Title A Study on RF Transmitter for Multi-Mode/Multi-Band Wireless Communication		
Abstract  <p>The aim of this study is to develop RF-circuit techniques for achieving RF modules conducting several wireless communication systems. To accomplish the aim, RF-circuit techniques for both multi-mode/multi-band (MM/MB) RFIC and low-power-consumption operation have been investigated. For MM/MB operation, techniques to achieve full-band LTE (Long Term Evolution), that is the newest mobile communication system, was investigated. More specifically, circuit techniques both to widen frequency range of frequency synthesizer and to achieve low-noise transmitter output managing high linearity have been proposed. As for low-power operation, low-power voltage controlled oscillator (VCO) and low-power frequency divider were proposed. These techniques were confirmed their effectiveness through measurements.</p> <p>Chapter 1 describes the motivation and background of this study.</p> <p>Chapter 2 describes wide-band frequency synthesizer. Especially, proposed techniques to suppress VCO-gain variation, which is negative effect caused by widening frequency range of VCO, is described. The proposed technique using transformer coupled LC resonator reduces the VCO-gain variation in 1/3 of that of conventional VCO.</p> <p>Chapter 3 describes an LTE transmitter. Especially, proposed techniques for quadrature modulator (QMOD) and on-chip balun to achieve SAW-filter-less and on-board-balun-less transmitter is explained. A passive QMOD using band-pass filter based I/Q summing contributed to achieving low-noise RF transmitted signal with maintaining both high linearity and low-power consumption. A triple-layer balun contributed to reducing chip size of the balun.</p> <p>Chapter 4 describes a low-power frequency synthesizer. Especially, proposed techniques for VCO and frequency divider are explained. A dual-transformer output techniques was proposed and applied to the VCO. This technique contributed to reducing power consumption for buffer circuits for distributing the VCO output to up (and/or down) convertor and prescaler. A single-balance mixer based dynamic frequency divider exhibited wide frequency range with maintaining both low-power consumption and small area.</p> <p>Chapter 5 concludes the dissertation and provides the future prospects.</p>		