

電気・電子情報工学専攻	学籍番号	M163260
申請者氏名	福井 崇久	

指導教員氏名	上原 秀幸 宮路 祐一
--------	----------------

論文要旨 (修士)

論文題目	帯域内全二重のための補助送信機を用いたアナログ非線形自己干渉除去と性能限界解析
------	---

帯域内全二重は同一周波数で同時に送受信する無線通信方式であり、従来の複信方式に対して周波数利用効率やスループットの向上が期待される。しかし、帯域内全二重では端末が自身の送信信号を強い自己干渉として受信してしまい、この自己干渉は所望信号よりも 100 dB 以上大きいことから、受信機の低雑音増幅器での非線形増幅やアナログ-デジタル変換器でのダイナミックレンジの飽和などが問題となる。これらを防ぐ手法の一つとして、補助送信機を用いてアナログ高周波 (Radio Frequency : RF) 領域で自己干渉を除去する手法がある。この手法では、受信機の RF 領域に備えた除去地点において自己干渉信号に対して同振幅逆位相となる除去用信号をデジタル領域で生成し、この除去用信号を補助送信機で送信する。そのため、マルチパス環境における自己干渉の直接波と遅延波をデジタル領域で再現でき、アンテナやアナログ回路を用いた手法よりも広帯域に自己干渉を除去できる。しかし、I/Q ミキサーや局部発振器 (Local Oscillator : LO)、増幅器などの RF 不完全性によって自己干渉信号や除去用信号が歪み、自己干渉除去性能が劣化することが問題である。

そこで、本論文では補助送信機によるアナログ自己干渉除去において、I/Q インバランスと非線形増幅及び位相雑音を考慮し、新しい除去手法の提案や性能限界解析、RF 不完全性の影響の比較を行う。提案手法は I/Q インバランスと非線形増幅による自己干渉信号と除去用信号の歪みをデジタル領域で推定し、推定結果を基に自己干渉信号に対して同振幅逆位相となる除去用信号を新たに生成する。本論文では除去用信号を生成するための Finite Impulse Response フィルタ係数を新たに導出し、導出の際には迂回することができない受信機 I/Q ミキサーによる I/Q インバランスの影響も考慮する。また、位相雑音に対しては一つの LO を端末内共有することで対処し、これによって自己干渉信号と除去用信号の位相雑音を互いに打ち消すことができる。そして、本論文ではこの提案手法の自己干渉除去の性能限界を解析する。解析結果は帯域内全二重における除去要件を満たすための指標として重要であり、RF 不完全性の影響を比較するためにも有用である。

シミュレーション評価では、送信増幅器の入力バックオフや自己干渉対雑音電力比、Image Rejection Ratio、ライスフェージングの K ファクター、伝搬遅延時間、位相雑音の 3 dB 帯域幅に対する自己干渉除去量を算出し、提案手法は全ての結果において従来手法よりも高い自己干渉除去量が得られた。また、提案手法は送信増幅の入力バックオフが 12 dB 以上のとき性能限界に到達した。そのため、バックオフが 12 dB 以下では RF 不完全性の中でも非線形歪みの影響が支配的であり、バックオフが 12 dB 以上では位相雑音の影響が支配的である。そして、LO の共有に加えて自己干渉信号と除去用信号の伝搬遅延時間差を最小とすることで性能限界が改善できた。これは、自己干渉信号と除去用信号の位相雑音の直接波成分が互いに打ち消す際に時間偏差がないからである。さらに、このように伝搬遅延時間差を最小とした場合では、LO に Phase Locked Loop (PLL) を用いたときとフリーランニングを用いたときの自己干渉除去量が同じであることを示した。また、この自己干渉除去量の優劣は位相雑音のキャリア間干渉の大きさによって異なるため、自己干渉除去においては必ずしも PLL がフリーランニングよりも有効とは限らないと言える。