

全二重セルラネットワークにおける移動局送信電力制御の効果

山本 寛人 (指導教員: 森 香津夫, 眞田 耕輔)

三重大学 工学部 電気電子工学科

1. まえがき

近年, 周波数利用効率向上を目指して送受信を同一周波数で行う全二重通信が研究されている. 全二重通信では, 従来の半二重通信では発生しなかった自己干渉を考慮する必要があり, 適切な干渉管理は全二重通信における重要な課題となっている. 移動局(MS)の送信電力増加は基地局(BS)での受信信号電力を向上させるが, 全二重通信においては, MS 自己干渉の増大を招くため, 全二重通信のスループット特性に大きな影響を与える. 本稿では, 全二重セルラネットワークを対象として MS 送信電力が全二重通信のスループットに与える影響を調査するとともに, スループット特性向上が可能な MS 送信電力制御法を検討する.

2. システムモデル

システムモデルを図 1 (a)に示すような7セル構成とし, 各セルに MS をランダムに一台配置し BS と全二重通信を行う. セル 0 を評価セル, セル 1 から 6 がその干渉セルとする.

セル 0 の MS と BS が他セルから受ける干渉をそれぞれ I_{MS} , I_{BS} , BS-MS 間の伝播損を $G_{BS\text{to}MS}$, 雑音電力密度を N_0 , 帯域幅を W , BS 送信電力を P_{BS} , MS 送信電力を P_{MS} , BS と MS における自己干渉利得をそれぞれ G_{BS} , G_{MS} としたとき, セル 0 の MS の全二重通信時のスループット R は式(1)から式(3)で与えられる.

$$R = R_{DL} + R_{UL} \quad (1)$$

$$R_{DL} = W \log_2 \left(1 + \frac{G_{BS\text{to}MS} P_{BS}}{N_0 W + G_{MS} P_{MS} + I_{MS}} \right) \quad (2)$$

$$R_{UL} = W \log_2 \left(1 + \frac{G_{BS\text{to}MS} P_{MS}}{N_0 W + G_{BS} P_{BS} + I_{BS}} \right) \quad (3)$$

3. 全二重通信における送信電力制御

式(2), (3)に示したように全二重通信での MS 送信電力 P_{MS} の増加はアップリンク(UL)の受信電力増加を与えるが, 一方でダウンリンク(DL)の干渉増加を招く. そのため不適切な送信電力制御はスループット R の低下を招く恐れがある. したがって, 適切な送信電力制御を実現するために MS 送信電力 P_{MS} 増加に対してスループット R が増加する条件を求める. その条件の一つは MS 送信電力 P_{MS} の変化に対して R が極値を持たないことである.

MS 送信電力 P_{MS} の増加に対してスループット R が極値を持つ条件は $\frac{dR}{dP_{MS}} = 0$ が成立しないことである. ゆえに, この関係が成立しないことが目的の条件であり,

$$G_{BS\text{to}MS} \leq \frac{G_{MS}(G_{BS}P_{BS} + N_0W + I_{BS})}{N_0W + I_{MS}} \quad (4)$$

と得る.

次に導出した条件を考慮した送信電力法を考える. 式(4)を満たす MS は送信電力増加によりスループット向上が見込めるため, 送信電力を基準値 P_{MS}^{STD} から一定値 ΔP_{MS} だけ増加させる. 一方, 式(4)を満足しない MS 送信電力は基準値 P_{MS}^{STD} とする.

4. シミュレーション評価

上記の送信電力制御を適用した場合の全二重通信スループット R を計算機シミュレーションにより評価した. 評価諸元を表 1 に示す. MS 自己干渉利得 G_{MS} は MS 性能により左右されると仮定し, 表 1 の設定範囲からランダムに選択した. 図 2 より送信電力制御を適用すると, MS 送信電力を全ての MS で基準値 P_{MS}^{STD} とした場合, 全 MS で基準値 P_{MS}^{STD} から一定値 ΔP_{MS} だけ増加させた場合と比較して高いスループットを実現できていることが分かる.

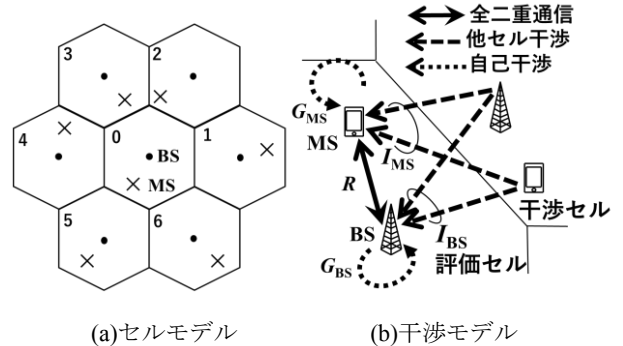


図 1 システムモデル

表 1 シミュレーション諸元

セル半径		0.35 [km]
BS 送信電力	P_{BS}	20 [dBm]
MS 送信電力基準値	P_{MS}^{STD}	10 [dBm]
BS 自己干渉利得	G_{BS}	-110 [dB]
MS 自己干渉利得	G_{MS}	-130~-90 [dB]
BS アンテナ利得		14 [dBi]
BS-MS 間の伝播損	$G_{BS\text{to}MS}$	$131.1 + 42.8 \log_{10} d$ (d :距離[km]) [dB]
BS 間の伝播損		$98.45 + 20 \log_{10} d$ [dB]
MS 間の伝播損		$98.45 + 20 \log_{10} d$ [dB]
		$175.78 + 40 \log_{10} d$ [dB]
雑音電力密度	N_0	-174 [dBm/Hz]
周波数帯域幅	W	10 [MHz]

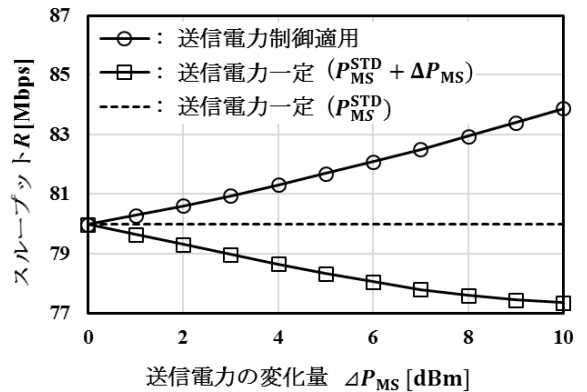


図 2 スループット特性

参考文献

- [1] 大戸琢也, 山本高至, 羽田勝之, 西尾理志, 守倉正博, "セルラネットワークにおける双方向全二重とユーザ多重全二重の適応的スケジューリング", 映像情報メディア学会誌, vol. 71, no. 2, pp. J61-J67, 2017年2月.
- [2] 3GPP TR 36.828, "Further enhancements to LTE time division duplex (TDD) for downlink-uplink (DL-UL) interference management and traffic adaptation," v.11.0.0, June 2012.