

情報通信審議会 情報通信技術分科会

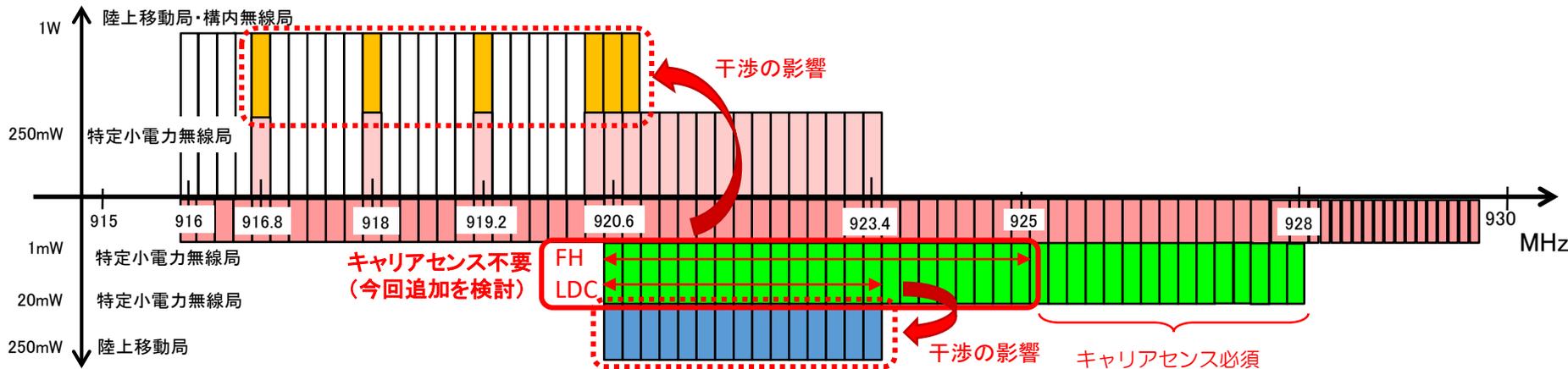
「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち
「920MHz帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」
に対する御指摘事項への回答について

令和2年5月

- 第147回情報通信技術分科会（本年1月21日）に、「920MHz帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」に関する陸上無線通信委員会のとりまとめ結果について報告、一部答申。
- 同会合において委員からいただいたご指摘（以下）について、今回、報告を行うもの。

ご指摘：他システムとの共用に関して、今回対象とする920.5-928.5MHzの同一帯域内、隣接帯域には免許局である陸上移動局が存在する。これらに対してキャリアセンスがなくなることでの干渉の影響について定量的な評価を示すべきではないか。

パッシブ系



アクティブ系

検討結果の概要

- 平成29年の委員会報告で示された普及予測及び通信トラフィックの考え方に基づき、キャリアセンスを要しないシステムの導入による既存無線局（免許局）への影響について、干渉確率計算（モンテカルロ手法によるシミュレーション）を実施。
- シミュレーションの結果、与干渉システムのキャリアセンスの有無によるPER（パケットエラー率）の差はFH方式の場合で約0.2%、LDC方式の場合で約0.6%（再送処理1回の場合）となり、再送処理2回でほぼ0%となることを確認。（検討の詳細は次ページ以降に示す。）
- 本検討結果から、キャリアセンス不要システムの導入による既存免許局への実質的な影響は軽微と判断。

○ 被干渉システムはパッシブ系/アクティブ系システムの陸上移動局（免許局）

⇒ ・ アクティブ系システムの端末数（約1,200台/km²）に対し、パッシブ系システムの端末数は約1/60程度

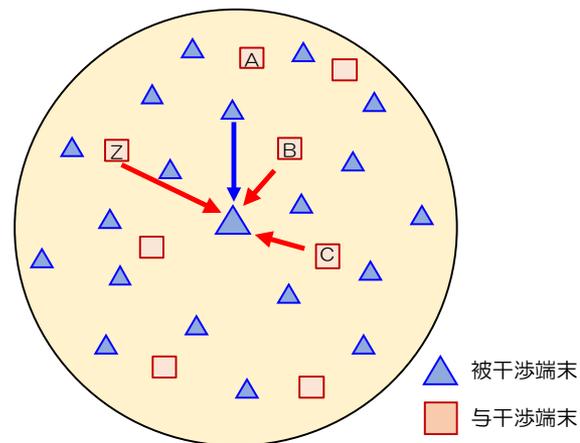
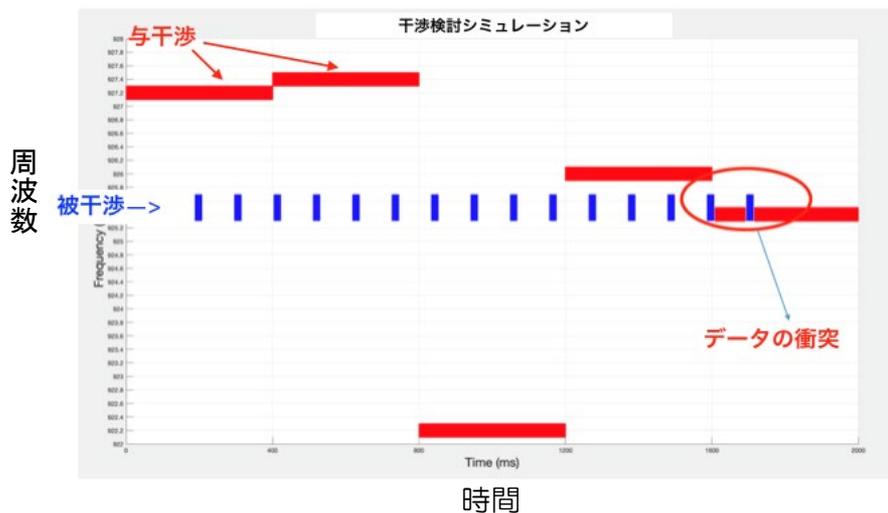
- ・ パッシブ系システムの方がアクティブ系システムより許容干渉電力が10dB程度高く、
- ・ また、パッシブ系システムには主に指向性アンテナが用いられており、影響を受ける空間的な範囲が限定的であること

を考慮すると、

キャリアセンス不要のシステムの導入による影響は、アクティブ系システムの陸上移動局への影響の方が大きくなる。

○ 与干渉システムは、FH方式・LDC方式の中出力型のアクティブ系システム（免許不要局）

《シミュレーションモデルのイメージ》



① 与干渉システムがランダムに周波数を切り替えて送信することで発生する被干渉システムの packets エラーを計算。

② 具体的には、時間軸での packets の重なりがあった場合に、被干渉システムの所要S/Nを満たさなければ packets エラーと判断して packets エラー率を算出。

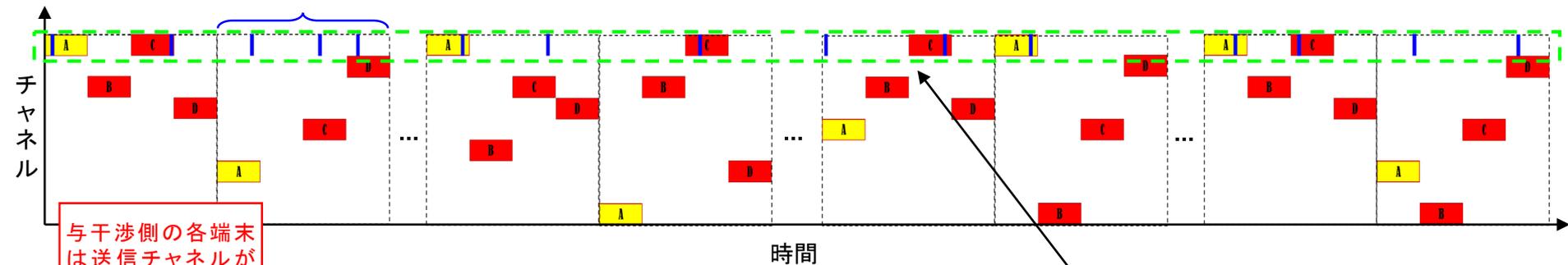
- 2035年における普及予測（平成29年委員会報告）から、与干渉システムは、中出力型アクティブ系システムの50%がキャリアセンスなしとなる場合を仮定したときの送信台数（11,300台/km²）を想定。
- 被干渉システムは、干渉の影響が支配的となる高出力型アクティブ系システムを想定。
（端末台数は、平成29年委員会報告における予測値（1,179台/km²）を元に設定。）
- 実際の被干渉システムはキャリアセンスありとなるが、今回は与干渉システムのキャリアセンスの有無による影響の増加量を検証することが目的であり、シミュレーション条件を簡素化するため、被干渉システムのキャリアセンスは考慮しない。
- その他の条件は、2035年における普及予測（平成29年委員会報告）時の考え方にに基づき設定。

<シミュレーションのパラメータ>

	与干渉システム		被干渉システム
	FH方式	LDC方式	
周波数	920.6 - 925.0MHz（23チャンネル）の任意の1チャンネル	920.6 - 923.4MHz（15チャンネル）の任意の1チャンネル	920.6 - 923.4MHz（15チャンネル）の任意の2チャンネル
送信帯域幅	200kHz	200kHz	400kHz（2ch束ね）
送信出力（EIRP）	16dBm （無指向性アンテナ）	16dBm （無指向性アンテナ）	27dBm （無指向性アンテナ）
所要SN	—	—	12dB
端末密度	11,300台/km ²	11,300台/km ²	1,200台/km ²
データ長	400ms	400ms	10ms
平均送信時間率	0.013%	0.013%	0.013%
キャリアセンス	あり（閾値：-80dBm） ／なし	あり（閾値：-80dBm） ／なし	考慮しない （実際はキャリアセンスあり）
再送信	—	—	1回/2回

FH方式の場合

被干渉側は1windowで1~3台送信(ランダム)



与干渉側の各端末は送信チャンネルが変化(ホッピング)

時間

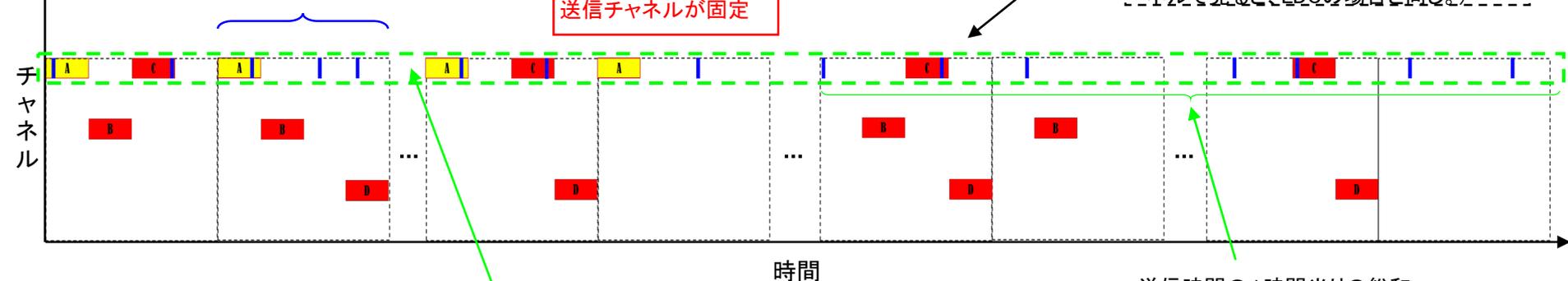
FH方式の場合、ある端末1台当りの送信時間の総和の上限は720秒/1時間。

あるチャンネルで見ると、端末1台当りの送信時間の総和の上限はどちらの場合も36秒/1時間。

(図において、FHの場合の方が端末Aの送信回数(時間)は多いが、特定のチャンネルで見ると、LDCの場合と同じ。)

LDC方式の場合

被干渉側は1windowで1~3台送信(ランダム)



与干渉側の各端末は送信チャンネルが固定

時間

送信時間の1時間当りの総和の上限の規定があるので、端末Aはこの期間停止。

LDC方式の場合、複数端末の使用チャンネルが偏ることで特定のチャンネルのトラフィックが上がるのが想定される。

《シミュレーション結果》

			被干渉システム（高出力型アクティブ）の PER(パケットエラー率)		
			再送なし	再送1回	再送2回
与干渉	キャリアセンスあり		0%	0%	—
	キャリアセンスなし	FH方式	4.7% (※)	0.22%	0.0%
		LDC方式	7.8% (※)	0.61%	0.0%

※ 再送1回の数値に基づく推計値

《キャリアセンス不要システムの導入による既存免許局への実質的な影響は軽微と判断する根拠》

- 被干渉システムのPERは、再送処理1回とすると、与干渉システムがFH方式の場合で約0.2%、LDC方式の場合で約0.6%となる。さらに、再送処理2回とすると、いずれの場合もPERはほぼ0%となる。実際のシステムは再送3回までは十分想定し得る。
- LDCの場合、実環境では、端末の配置条件や通信のタイミング等の諸条件により、同一チャネルでの同時送信台数が増大する可能性がある。仮にある特定のチャネルで与干渉システムのトラフィックが10倍まで高まるケース（LDC方式（高トラフィック）という。）を仮定した場合でも、PERは再送処理1回で約4.9%、再送2回で約0.3%となる。
- 再送無しの場合のPERの値から、被干渉システムのトラフィック発生率（呼量）を求め、帯域の空き状況を計算すると、与干渉システムがFH方式の場合で95.2%、LDC方式（通常トラフィック）の場合で91.9%、LDC方式（高トラフィック）の場合で75.2%程度となり、被干渉システムがキャリアセンスをすれば確実に送信できるレベルにあると言える。

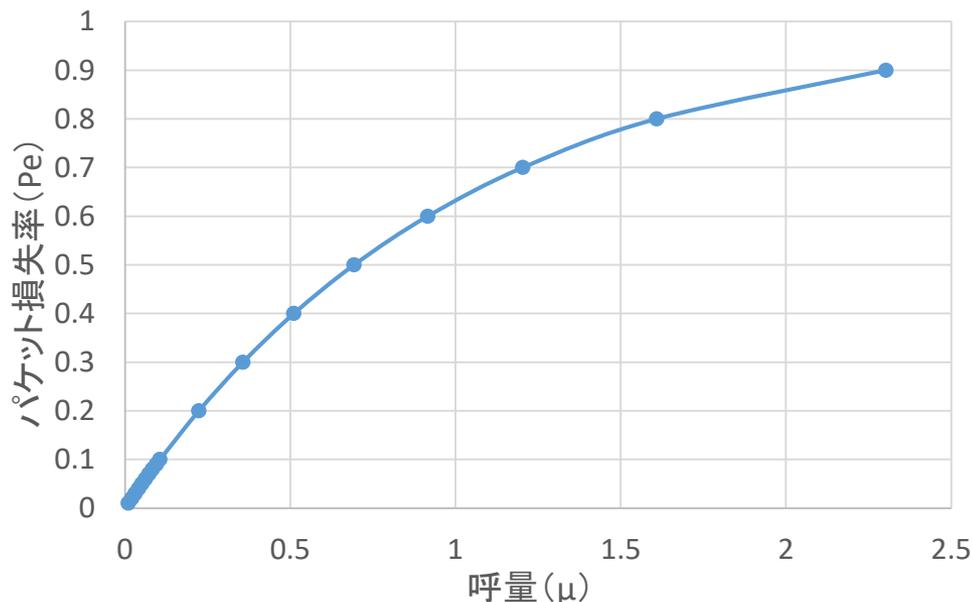
単位時間あたりの一端末の packets 発生率を p 、端末総数を n とすると、 x 個の端末が同時に送信する確率 $P(x)$ は二項分布で以下のように与えられる。

$$P(x) = {}_n C_x p^x (1-p)^{(n-x)}$$

パケット損失率 (P_e) は、1つ以上の衝突確率の総和であるため

$$P_e = 1 - P(0) = 1 - (1-p)^n$$

となる。呼量 μ は $\mu = pn$ で与えられ、 μ と P_e の関係をグラフに図示すると次のようである。



今回のシミュレーション結果を元に、呼量を計算すると、FH方式の場合で4.8%、LDC方式（通常トラフィック）の場合で8.1%、LDC方式（高トラフィック）の場合で24.8%程度となる。

よって、帯域の空き状況としては、与干渉システムがFH方式の場合で95.2%、LDC方式（通常トラフィック）の場合で91.9%、LDC方式（高トラフィック）の場合で75.2%程度となる。