

周波数共用条件の検討

2015年2月19日

■ 基本方針

1. 音声データを伝送した場合の「電波の質」を測定し、現行の電波法令に合致していることを確認する
2. 音声データ伝送のNWモデルを策定し、全国的に普及した場合の普及予測をたてる
3. 従来の920MHz帯電子タグ普及予測¹との比較を行い、音声データ伝送が与える影響を検討する
4. 他無線局との干渉検討については、以下の指針とする
隣接する無線局
電波の質が変更される場合：対向での検証を実施
普及予測を越える場合：モンテカルロ手法による共用検討を実施
同一周波数の無線局
ラボ内環境において、20mW無線局との干渉測定を実施
5. 10%デューティの緩和に関しては、過去の報告書²のDuty比較評価実験の結果を参考に、デューティに対する所要CIRの検討を行う

1 情報通信審議会：920MHz 帯電子タグシステム等の技術的条件

2 「920MHz帯及び950MHz帯電子タグシステムの周波数有効利用方策」に関する調査検討報告書（平成24年3月）

■ 電波の質とは？

- 周波数の偏差、周波数の占有帯域幅、高調波の強度(スプリアス発射)の3つをいう。
これらは、総務省令で定めるところに適合するものでなければならない。
(電波法第28条)

■ 電波の質の測定

- フィールド試験の実験局免許の申請において、登録点検で測定した結果を用いる

■ 測定機器

項番	機器名	型番	会社名
1	スペクトラムアナライザ	E4407B	Agilent Technologies
2	周波数カウンタ	MF2412C	アンリツ
3	パワーメータ	N1913A	Agilent Technologies
4	パワーセンサ	E9301B	Agilent Technologies

■ 測定結果

● フィールド試験に用いた無線機の測定結果の一部を示す

製造番号	周波数偏差 ± 20ppm以下		占有帯域幅[KHz] (4ch束ね時:800KHz以下)	<参考> 送信出力[dBm]
	周波数[MHz]	偏差[ppm]		
300716	922.69775641	-2.4	442.02	22.28

スプリアス発射

30 MHz以上 710 MHz以下 -36 dBm以下 / 100kHz		710 MHz超え 900 MHz以下 -55 dBm以下 / 1MHz		900 MHz超え 915 MHz以下 -55 dBm以下 / 100kHz	
MHz	dBm	MHz	dBm	MHz	dBm
453.91	-61.03	852.5	-60.76	913.82	-59.14
915 MHz超え 920.3 MHz以下 -36 dBm以下 / 100kHz		920.3 MHz超え 924.3 MHz以下 -29 dBm以下 / 100kHz		924.3 MHz超え 930 MHz以下 -36 dBm以下 / 100kHz	
MHz	dBm	MHz	dBm	MHz	dBm
920.18	-40.33	923.3	-32.5	924.3	-39.94
930 MHz超え 1000 MHz以下 -55 dBm以下 / 100kHz		1000 MHz超え 1215 MHz以下 -45 dBm以下 / 1MHz		1215 MHz超え 5000 MHz以下 -30 dBm以下 / 100kHz	
MHz	dBm	MHz	dBm	MHz	dBm
930.11	-60.31	1044.45	-60.82	2768.68	-33.68

● いずれの結果も判定基準に適合しているため、音声データ伝送時においても電波の質に変更はないと言える

スプリアス発射は3dB以上のマージンあり

2. 音声データ伝送のNWモデル

資料WG1-2

■ 音声データ伝送のNWモデル

- 大槌町の導入例や、岩手県内の防災行政無線の導入数を参考に、全国的に普及した場合の設置数を予測する

■ 大槌町の導入例

- 無線局数:46台
- 最大ホップ数:3ホップ

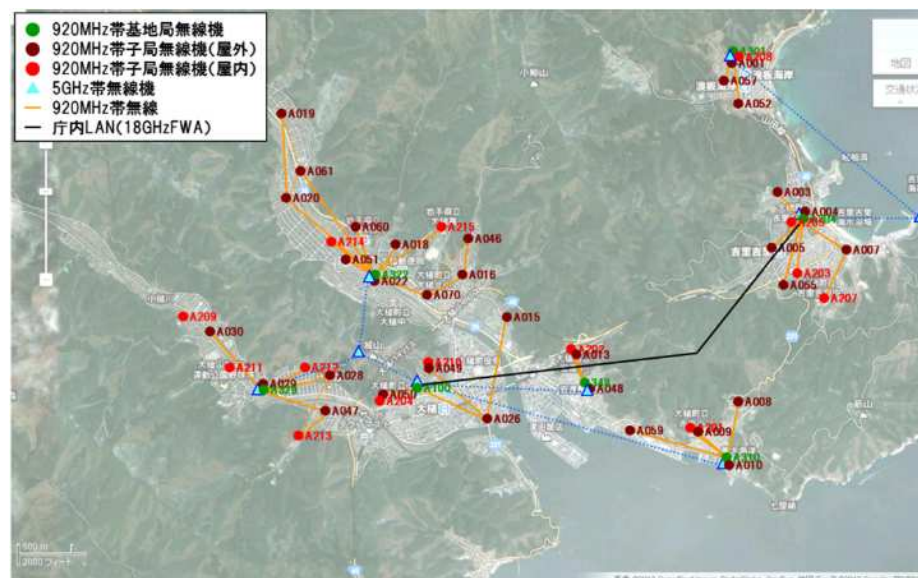
■ 防災行政無線の設置数

- 遠野市:133
- 釜石市:98
- 滝沢市:125

■ 市町村あたりの設置数

- 全国の市町村数:1,742、1市町村あたりの防災無線の平均設置数:100台
- 防災無線(60MHz)に比べて920MHz無線の伝搬距離は約1/5 3倍の設置数
- 屋外子局の1ホップ先に920MHz子局が設置されると仮定 2倍の設置数
- 全国に100%普及した場合、 $1742 \times 100 \times 6 = 1,045,200$ 台の普及が予測される

大槌町の導入例



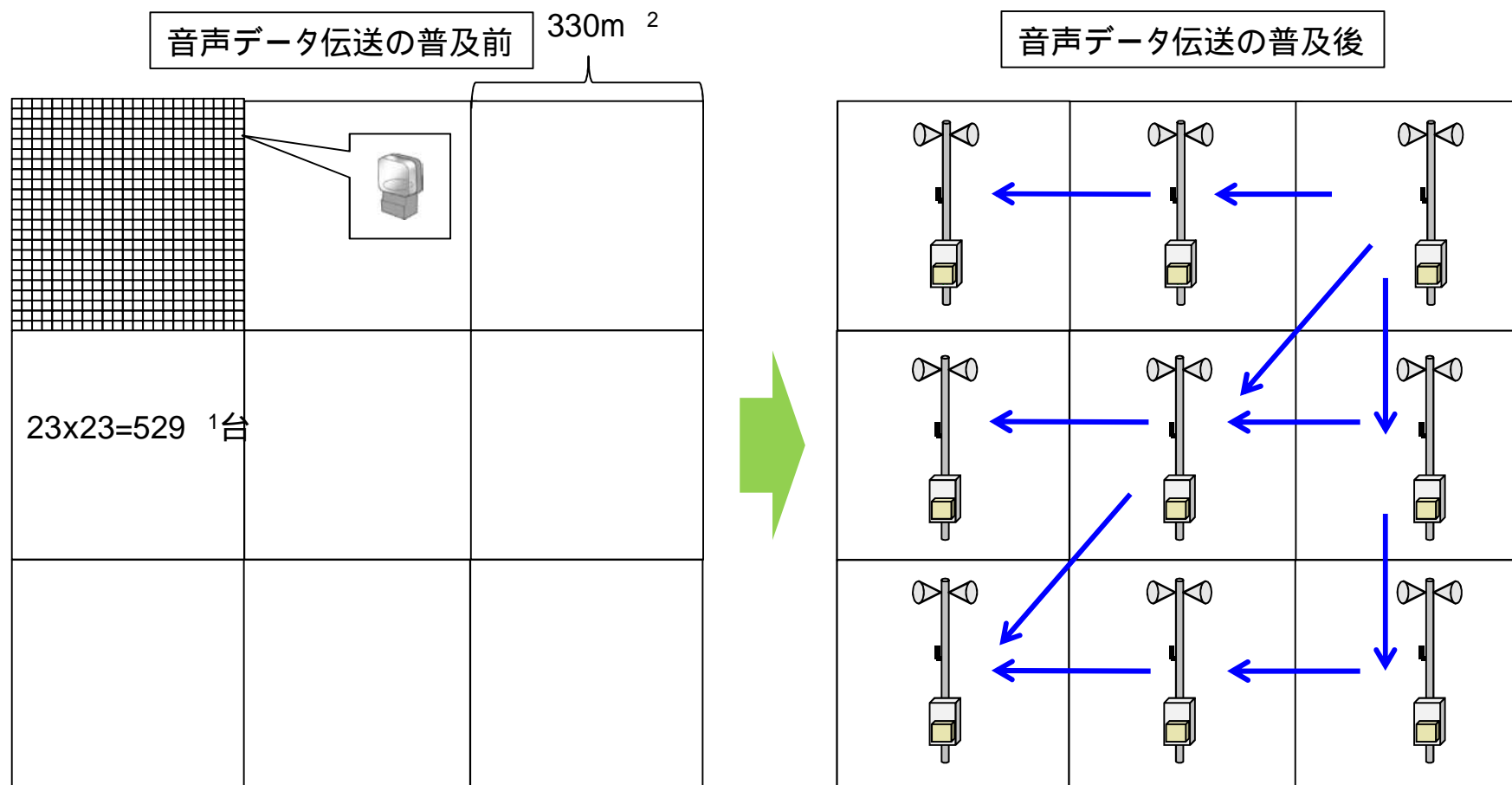
H15.4.1のデータより 親局、中継局、子局の総和(子局は屋外方式のみ)

2. 音声データ伝送のNWモデル

資料WG1-2

■ スマートメータに対する比較

- 屋外利用で普及数が最も多いと思われるスマートメータを対象に普及後を予測



1 1集約局あたり500台を想定 (東電スマートメータ要件より)

2 約 1km^2 あたり約4761台のスマートメータの設置を想定

3ホップの音声データ伝送モデルが普及しても
スマートメータに対して、約0.2%の増加に過ぎない

3. 920MHz帯電子タグ普及予測との比較

資料WG1-2

■ 電子タグの普及予測

- 電子タグシステム等の普及予測を下表に示す。

分野	2012年	2014年	2020年	2024年
防犯・セキュリティ	531,674	10,631,110	59,457,084	131,514,274
食・農業	607	12,145	164,353	230,898
環境保全	0	0	0	0
ロボット/事務・業務	474,000	9,480,009	47,400,046	94,800,091
医療・福祉	18,794	375,977	2,819,143	15,034,841
施設制御	85,469	1,709,387	15,085,744	51,273,675
構造物理管理	53	1,056	10,597	45,440
物流・マーケティング	25,007	500,142	5,000,709	10,001,418
自律移動支援	24,750	495,000	4,950,000	9,900,000
市場全体	1,135,605	22,709,726	129,937,675	312,800,637

■ 普及予測との比較

- 2014年の電波利用状況調査における950MHz帯を使用するパッシブとアクティブの出荷台数:266,639台
- これらすべてが920MHzに移行し、新たに同数台の920MHzが出荷されたとし、音声データ伝送の市町村モデルの1,045,200台を加えた合計:1,578,478台
- 2014年の普及予測に対して7%にとどまる
情報通信審議会で検討された**普及予測を超えることはないもの**と考えられる

4. 他無線局との干渉評価

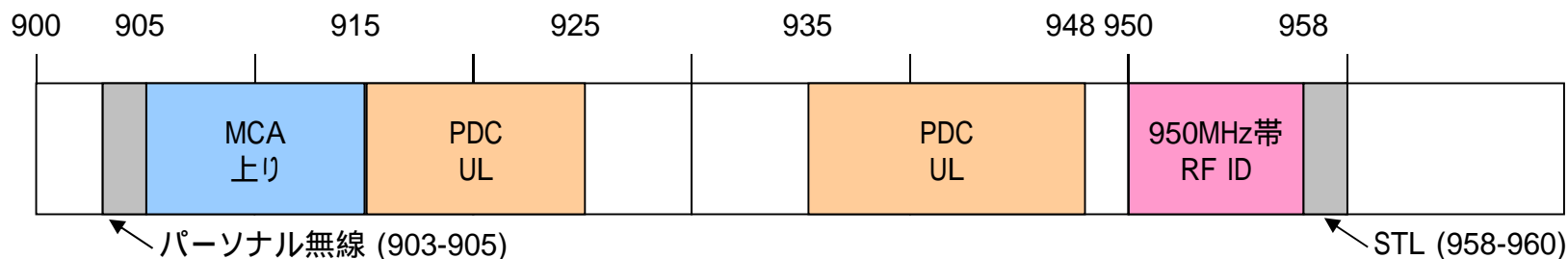
資料WG1-2

■ 隣接する無線局

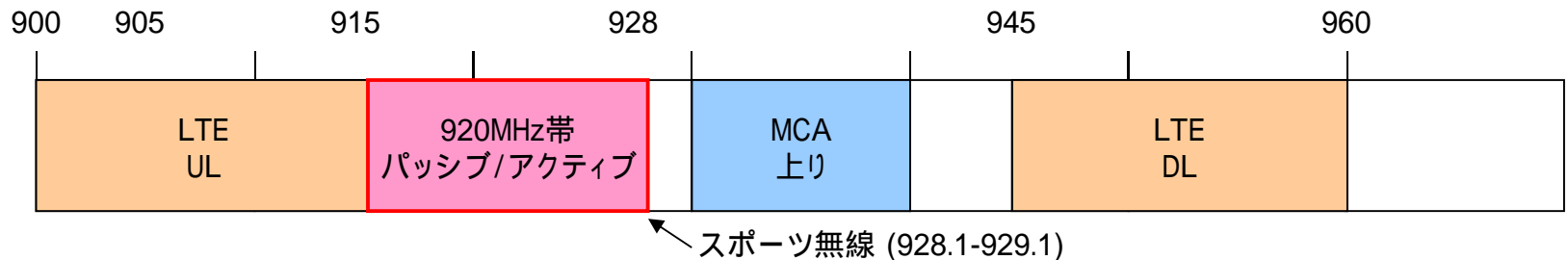
- 電波の質の変更はないため、対向試験は必要なし
- 従来のモンテカルロ手法でのノード配置に対し、音声データ伝送局の増加分は非常に少なく、また従来の電子タグ普及予測の想定内であるため、モンテカルロ手法による検討は必要なし

■ 900MHz帯の周波数配置

● 920MHz帯への移行前



● 920MHz帯への移行後



4. 他無線局との干渉評価

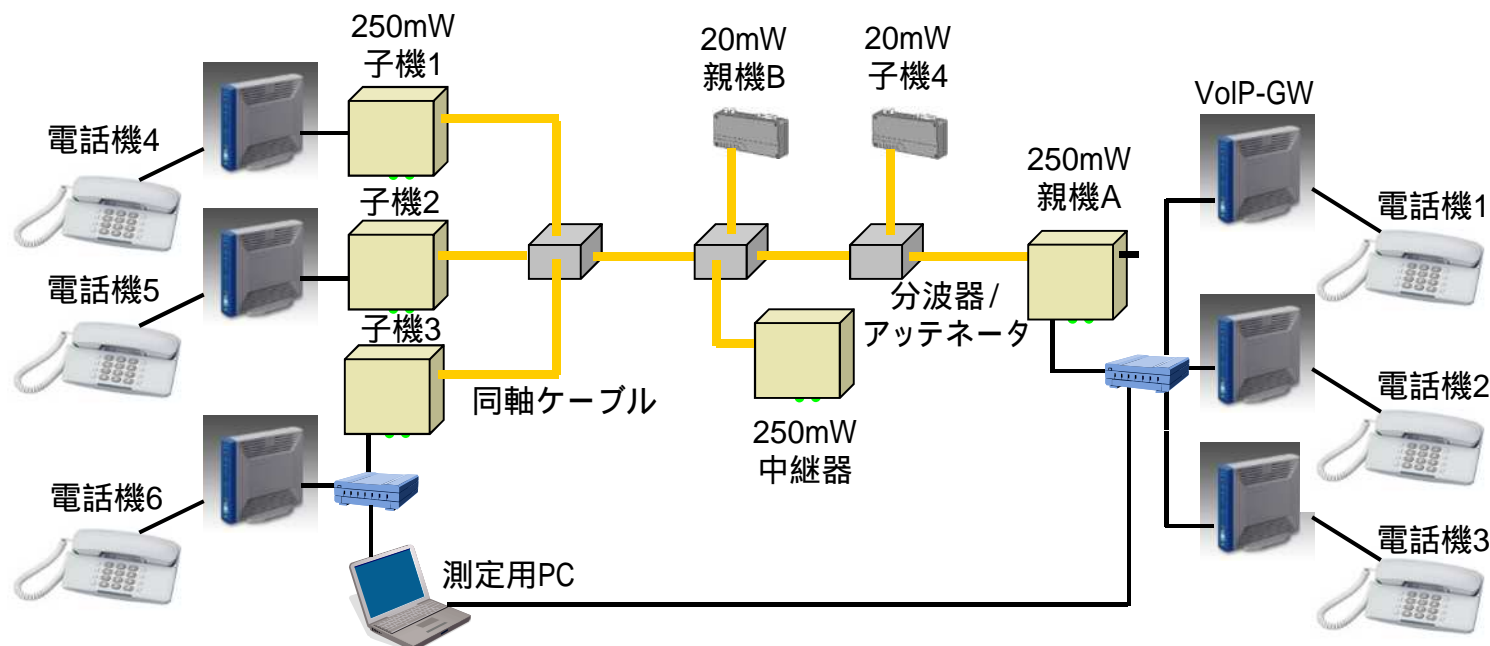
資料WG1-2

■ 同一周波数の無線局

- 250mW装置と20mW装置が混在したラボ内環境での干渉評価を実施

■ ラボ内試験環境の条件

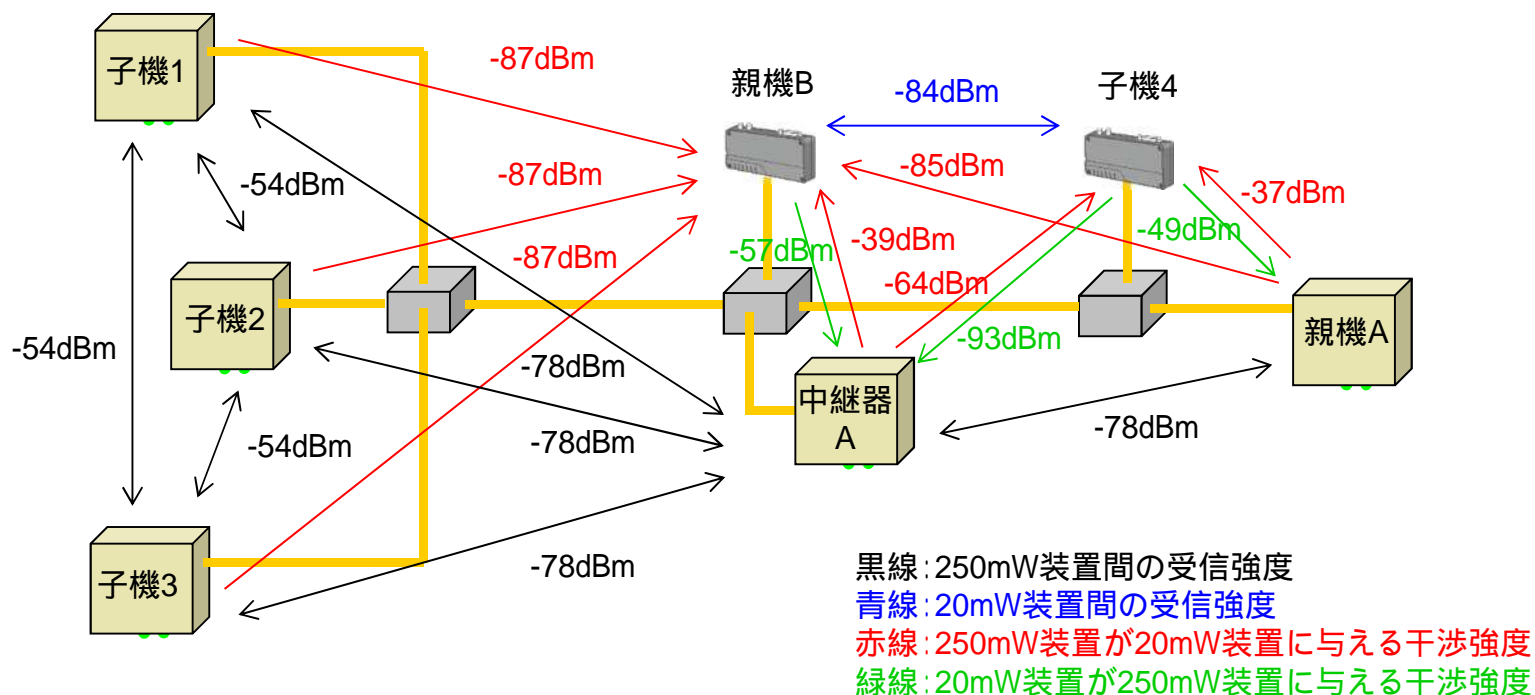
- 250mW装置 (音声データ伝送)
中心周波数: 922.7MHz 帯域幅: 800kHz コーデック: G.729a 送信間隔: 120ms
- 20mW装置 (間欠データ伝送)
中心周波数: 922.5MHz 帯域幅: 400kHz データサイズ: 64B 送信間隔: 200ms
送信パケット数: 1000pkt



電波干渉環境の調整結果

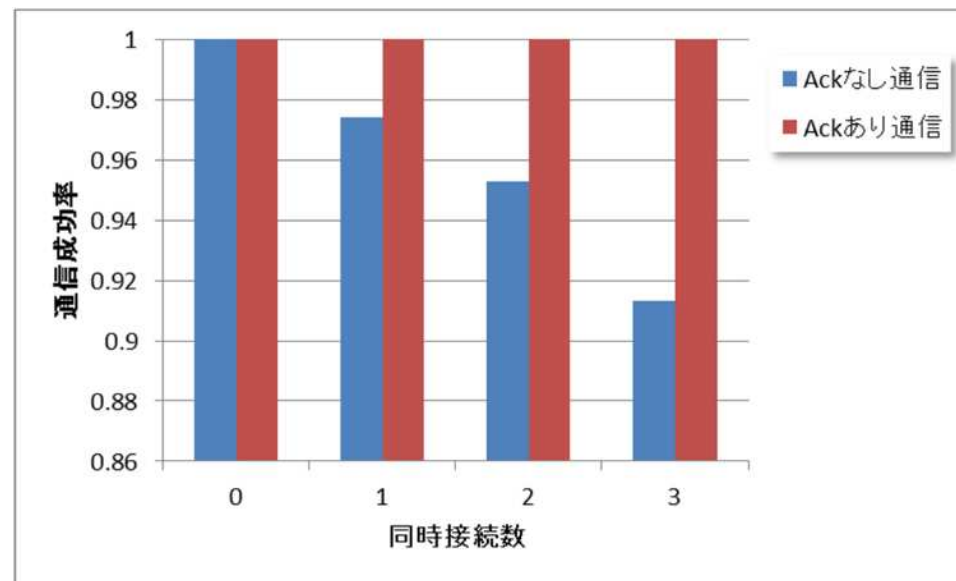
- 各無線装置の前後に挿入されたアッテネータを調整することで、250mW装置を用いたマルチホップ環境を構築した
- 各無線局間の電波強度の測定結果を下図に示す。
(電波強度と伝搬距離の関係は参考1に示す)
- 測定結果より、中継器Aにとって、親機Bと子機1～3、子機4と子機1～3とは**隠れ端末**の関係 となっていることが分かる

参考2を参照



■ 測定結果 (20mW装置への与干渉)

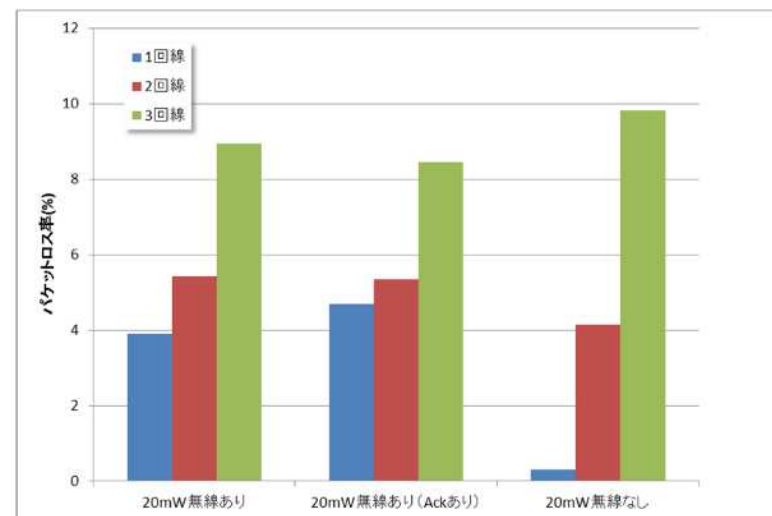
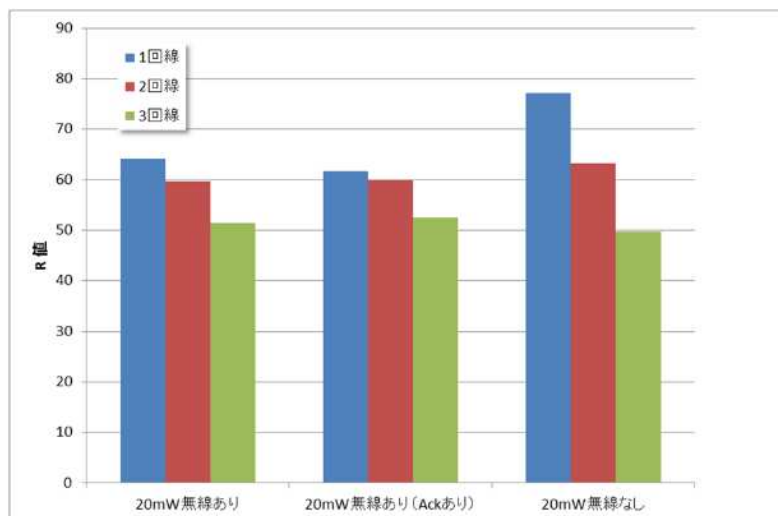
- 20mW装置間のAckなし通信は、250mW装置間の音声データの同時接続数が増加するにつれて、通信成功率が低下し、最大で8.7%のロスが発生した
- ただし、20mW装置間のAckあり通信では、最大3回の再送制御により、音声データの同時接続数が3回線の場合でも、100%の通信成功率となった



■ 測定結果 (20mW装置からの被干渉)

- 20mW装置からの被干渉により、パケットロス率が増加するためR値の低下が見られるが、R値は50以上あるためクラスC以上の品質は維持できている

20mW装置をスマートメータと見立てた場合、スマートメータの送信頻度と周辺密度の関係から、音声データ伝送に与える影響の机上検討を行った <参考3>



5. デューティ緩和に対する所要CIRの検討

資料WG1-2

■ Duty比評価実験結果より

- 下図は過去の報告書の実験結果の引用であり、アクティブタグシステム (951.2MHz 200kHz 3ch束ね)送信が、LTE下り受信(947.5MHz)に与える干渉実験の結果である
- 実験結果より、バースト波のDuty比が変わると、所要CIRが変わることが分かっており、バースト波のDuty比が10%から25%となることで、所要CIRは0.5dBの増加が必要となる
- 所要CIRの0.5dB増加は、送信出力を0.5dB下げることと同レベルの干渉に抑えることが可能であるため、デューティを20%緩和するには、0.5dB相当の離隔距離をとることが望ましい

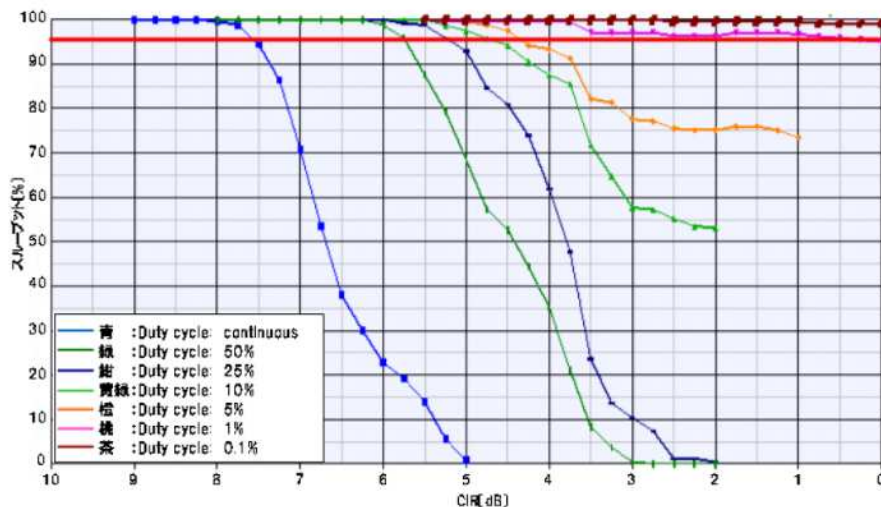


図 付 7-2 アクティブタグシステムと干渉 Duty比に対する所要 CIR

表 付 7-1 Duty比に対する所要 CIR 及び許容干渉電力の結果

与干渉波条件	所要 CIR	許容干渉電力 (帯域内)
連続波	7.5dB	-109.0dBm/5MHz (-116.0dBm/MHz)
バースト波 Duty比 50%	5.7dB	-107.2dBm/5MHz (-114.2dBm/MHz)
バースト波 Duty比 25%	5.2dB	-106.7dBm/5MHz (-113.7dBm/MHz)
バースト波 Duty比 10%	4.7dB	-106.2dBm/5MHz (-113.2dBm/MHz)
バースト波 Duty比 5%	4.3dB	-105.8dBm/5MHz (-112.8dBm/MHz)
バースト波 Duty比 1%	0.5dB	-102.0dBm/5MHz (-109.0dBm/MHz)
バースト波 Duty比 0.1%	-15.3dB	-86.2dBm/5MHz (-93.2dBm/MHz)

<参考1> 250mW装置の電波伝搬特性

資料WG1-2

■ 測定条件

- 場所：千葉県 九十九里浜
- アンテナ高：2m
- 周波数：922.7MHz
- 出力：250mW
- 伝送レート：100kbps

■ 測定結果

- 最長距離：3km
(PER1%以下の地点で判定)
- 最大RSSI変動幅：6dB

ダイバシティ ON

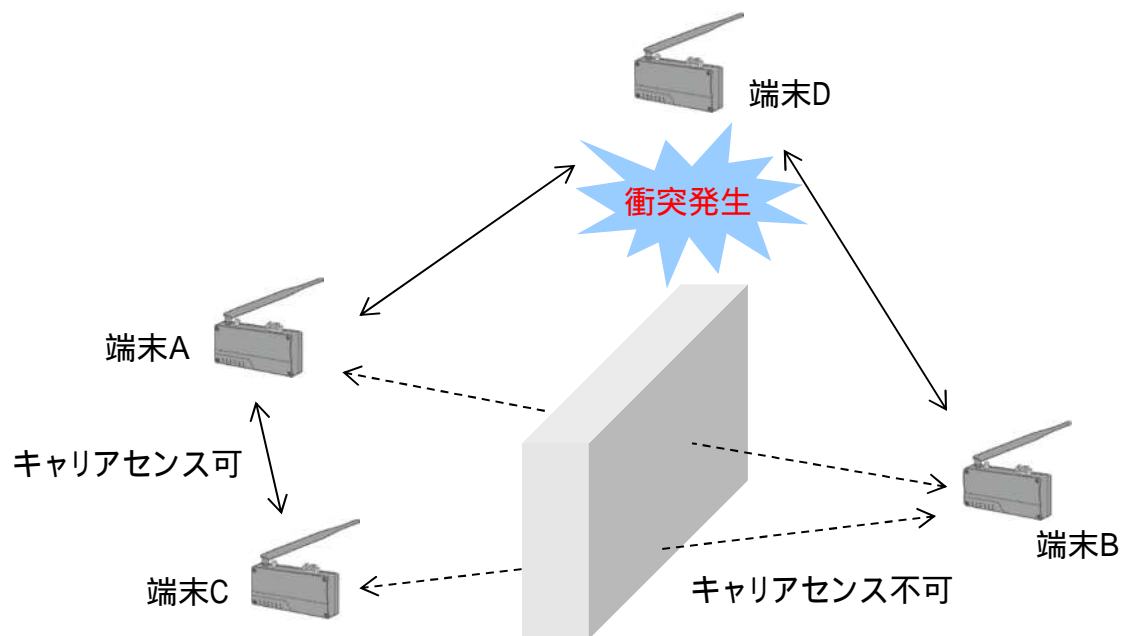
距離	RSSI (dBm)				PER
	平均	最大	最小	変動幅	
50m	-50.7	-50	-52	2.0	0
200m	-57.9	-57	-59	2.0	0
500m	-72.1	-71	-73	2.0	0
1000m	-84.9	-84	-86	2.0	0
1500m	-90.7	-90	-92	2.0	0
2000m	-97.7	-96	-99	3.0	0
2500m	-98.8	-98	-100	2.0	0
3000m	-100.1	-99	-102	3.0	0.8
3500m	-102.8	-101	-105	4.0	12.8

ダイバシティ OFF

距離	RSSI (dBm)				PER
	平均	最大	最小	変動幅	
50m	-50.7	-50	-52	2.0	0
200m	-57.9	-57	-59	2.0	0
500m	-72.2	-71	-73	2.0	0
1000m	-83.2	-82	-85	3.0	0
1500m	-90.7	-90	-92	2.0	0
2000m	-93.2	-92	-98	6.0	0
2500m	-97.5	-96	-100	4.0	0.1
3000m	-100.4	-99	-103	4.0	1.0
3500m	-100.3	-99	-102	3.0	3.3

■ 隠れ端末問題

- 自分からは電波圏外であるが、通信相手の電波圏内にいる端末のこと
- 隠れ端末同士はキャリアセンスが不可となり、その送信契機を直接知ることが出来ないため、中継機でパケットの衝突が発生する
- マルチホップ通信では、数ホップ先の無線局のキャリアは検知できないため、隠れ端末問題が発生しやすい



<参考3> 音声データ伝送に与える影響の机上検討

資料WG1-2

■ 条件

- スマートメータの周辺密度と送信頻度からパケットロス率を算出し、パケットロスとR値の関係式を用いて、周辺密度に対するR値を算出した

■ 結果

- 送信頻度が2分毎で周辺密度が1000台以上の場合でも、R値は50以上を維持できるため、東電の仕様にある30分検針値の収集であれば、都市部でスマートメータが普及した状況においても、クラスCの音声通話品質は可能である

