

情報通信審議会 情報通信技術分科会
移動通信システム委員会報告(案)
概要版

平成25年4月

移動通信システム委員会における検討開始

移動通信システム委員会では、低遅延型デジタル特定ラジオマイクの技術的条件及びホワイトスペースを利用する特定ラジオマイクとエリア放送の共用条件について、特定ラジオマイク作業班において必要な調査検討を行った。

■ 検討事項

情報通信審議会諮問第2009号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」(平成14年9月30日諮問)のうち「デジタル特定ラジオマイクの技術的条件等」について検討を行った。

■ 検討項目

当委員会では、検討の促進を図るため、デジタル特定ラジオマイクの技術的条件等についての調査を目的とした「特定ラジオマイク作業班」(主任:若尾 正義 (元 (一社)電波産業会専務理事))において、以下の項目について調査検討を行った。

- 低遅延型デジタルマイクの技術的条件の検討
- ホワイトスペースにおける特定ラジオマイクとエリア放送の共用条件の検討

■ 検討経過

➤ 移動通信システム委員会

- 第12回委員会(平成25年1月18日)
調査の進め方について検討を行ったほか、検討の促進を図るため、特定ラジオマイク作業班での調査・検討を行うこととした。
- 第13回委員会(平成25年4月4日)
デジタル特定ラジオマイクの技術的条件等について検討を行い、委員会報告書を取りまとめた。

➤ 特定ラジオマイク作業班

- 第6回作業班(平成25年3月4日)
作業班運営方針及び調査の進め方について検討が行われた。
- 第7回作業班(平成25年3月28日)
デジタル特定ラジオマイクの技術的条件等の検討を行い、委員会報告案のとりまとめを行った。

検討概要

- デジタル特定ラジオマイクは、アナログ特定ラジオマイクと比べ、周波数の利用効率は高いものの、デジタル処理による音声の遅延時間が生じ、コンサート等の極めて少ない遅延を要求される場面においては利用し難いことから、低遅延型のデジタル特定ラジオマイクの実用化に向けた検討を行った。
- テレビホワイトスペースを使用する特定ラジオマイクにおいては、他のシステムと周波数を共用することから、共用条件の検討を行った。

■ 検討概要

➤ 検討開始の背景

- デジタル方式は、アナログ方式と比べ、周波数の利用効率は高いものの、デジタル処理による音声の遅延時間が生じ、コンサート等の極めて少ない遅延を要求される場面においては利用し難い状況。
- 新たな周波数帯への移行に併せ、遅延時間を抑えた低遅延型ラジオマイクの開発が求められている。
- TVホワイトスペースにおいては、他システムと周波数を共用することから、ホワイトスペース利用システム相互間の共用検討の必要性がある。

➤ 検討内容の概要

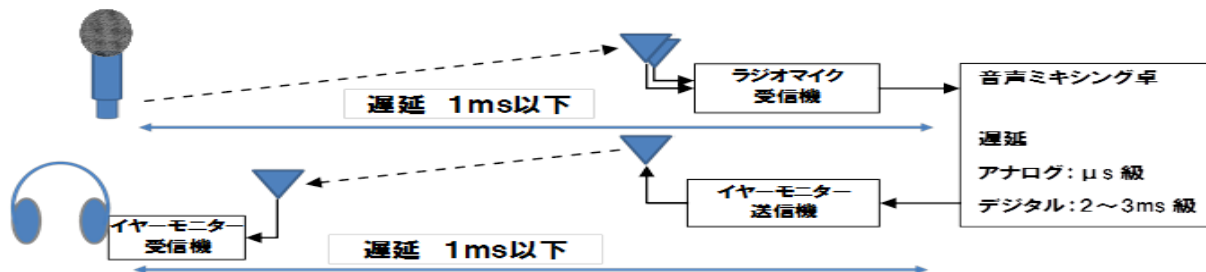
- 低遅延型デジタル特定ラジオマイクについて、必要な技術的条件の検討を行い、技術的条件をとりまとめた。
- 特定ラジオマイクとエリア型放送システムが相互に混信等の影響を受けない範囲で、周波数を共用することが可能な共用条件を検討、とりまとめた。

低遅延型デジタル特定ラジオマイクの要求条件

ITU-Rにおける最大遅延量許容値(1ms)やユーザーに対して行った実験結果から
低遅延型デジタル特定ラジオマイクに対する要求条件は以下の通りとした。

項目	デジタルラジオマイク	デジタルイヤーマニター
音声信号の周波数特性	20 Hz ~ 20kHz	20 Hz ~ 15 kHz
音声信号のダイナミックレンジ	100 dB 以上 (120dB 以上が望ましい)	95dB 以上
音声信号の遅延時間	1 ms 以下 (できるだけ小さいことが望ましい)	
モノラル/ステレオ	モノラル	ステレオ
伝送距離(最大値)	100 m	
その他	現行方式と同等以下のサイズ、低消費電力、現行方式と同等以上の同時利用本数	

- ITU-R レポート BS.2161によればスタジオやイヤーマニターの運用での要求条件として、スタジオでの運用では音声周波数20Hz-20kHz、ダイナミックレンジ100dB以上、最大遅延量許容値を1msとしている。
- イヤーマニターではステレオ方式で、音声周波数20Hz-15kHz、ダイナミックレンジ95-100dB、最大遅延量許容値を1msとしている。
- 音声遅延評価実験の結果によれば、①演奏者の80%が5msの遅延時間を知覚でき、②指揮者は5msの遅延時間で演奏は続行可能であるものの、演奏に支障が出る可能性があるとしており、なるべく遅延を少なくする事が望まれる。
- 所要CN比が低く雑音や干渉の影響を受けにくい、音質が良い、同時運用本数を増やせるなど、デジタルの特長を生かしつつ、低遅延伝送を実現する必要がある
- 遅延が1msのデジタル特定ラジオマイク、イヤーマニターであれば、デジタル方式のミキシング卓での2~3msの遅延と合わせ、システム全体の遅延を5ms程度とすることができる。



低遅延型デジタル特定ラジオマイクの技術的条件に関する検討(その1)

低遅延デジタル特定ラジオマイクの要求条件である、遅延時間1ms以下を実現できる技術的条件として変調方式、最大情報ビットレート、占有周波数帯幅、使用周波数帯を検討した。

■ 変調方式

➤ 直交周波数分割多重 (OFDM方式) が適当である。

- 低遅延型デジタル特定ラジオマイクでは、音質を重視した現行アナログ(リニア)方式と同等以上の音質及び低遅延を実現するために非圧縮PCM(Pulse Code Modulation)により音声信号をアナログ、デジタル変換しそのデジタル信号を、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)変調にて伝送を行う方式が適当である。
- OFDM変調を採用することにより、伝送による遅延時間が1msec以下にて、高音質音声伝送が弱電界エリアにおいても実現できる。
- イヤー・モニター向けの方式として、瞬時圧伸と呼ばれる遅延が極めて少ない圧縮方式と組み合わせることで、若干の音質劣化を伴うもののステレオ伝送を可能とする1ms以下の低遅延伝送方式も実現できる。

■ 最大情報ビットレート

- 現行アナログリニア方式と同等以上の音質及び低遅延を実現するため、非圧縮信号により、サンプリング周波数48kHzで24bitを伝送するための最大情報ビットレートは1152kbpsとする。

■ 占有周波数帯幅

- 非圧縮信号のサンプリング周波数48kHzで24bitの音声信号の伝送を可能とするビットレートである1152kbpsを確保し内符号と符号化率とキャリア変調方式を考慮して占有周波数帯幅は600kHzとすることが適当である。

■ 使用周波数帯

- 低遅延型デジタル特定ラジオマイクの使用周波数範囲は1240MHz-1260MHz(1252MHz-1253MHzは除く)が適当である。
- 伝送帯域幅が288kHz以下は高品質で低遅延な音声信号の伝送はできないが、OFDMの伝送耐性を生かしたシステムを構築できる可能性があることから、470MHz~714MHz(470MHz-710MHzはテレビホワイトスペース)の周波数帯では伝送帯域幅を288kHz以下のままでOFDM方式も利用可能とすることが適当である。

低遅延型デジタル特定ラジオマイクの技術的条件に関する検討(その2)

- 現行周波数帯の470MHz-714MHz及び1.2GHz帯の技術基準を基に、スプリアス発射の強度、空中線電力、空中線系、筐体について検討。
- スプリアス規定については、欧州規格との国際的な整合を考慮し、ホワイトスペース外のスプリアス規定を緩和。

■ スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

- 低遅延型デジタル特定ラジオマイクは使用周波数帯が1.2GHz帯であり、現行の1.2GHz帯を使用するデジタル特定ラジオマイクの許容値と同一とすることが適当と考えられるため、帯域内領域におけるスプリアス発射の強度の許容値及びスプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、それぞれ $2.5\mu\text{W}$ とすることが適当である。
- 470MHzを超え714MHz以下の周波数帯を使用するものにあつては、現行のスプリアス発射又は不要発射の強度の許容値は、中心周波数から $\pm 1\text{MHz}$ 以内のスプリアス領域にあつては $2.5\mu\text{W}$ 、それ以外の帯域にあつては地上デジタルテレビジョン放送への干渉量を軽減させるため 4nW 以下としているが、世界的に先行してテレビホワイトスペース帯でラジオマイクを使用している欧州においては、欧州の標準規格であるETSI EN 300 422において、欧州地上デジタルテレビジョン放送の帯域以外は許容値を緩和していることから、国際的な整合を考慮し、我が国においても、テレビホワイトスペース帯である470MHzを超え710MHz以下の帯域にあつては現行通りの 4nW とし、それ以外の帯域にあつては $2.5\mu\text{W}$ とすることが適当と考えられる。
- この許容値は同じ周波数帯を使用するアナログ特定ラジオマイク及びOFDM変調以外のデジタル特定ラジオマイクにおいても同様に適用することが適当と考えられる。

■ 空中線電力

- 低遅延型デジタル特定ラジオマイクの空中線電力は、要求条件の伝送距離を満足するために 50mW とすることが適当である。

■ 空中線系

- 現行と同様に 2.14dBi とすることが適当である。
- なお、イヤール・モニターは受信機を人体に取り付けるため人体損失が大きく、また受信機の小型化が必要なため、4受信ダイバーにより、フェージングマージン少なくすることで伝送マージンを高めることが困難である。低遅延型デジタルイヤール・モニターをより広いエリアでの使用を可能とし、伝送距離の要求条件 100m を確保するために、イヤール・モニターの送信空中線利得を 7dBi とすることが適当である。

■ 筐体

- ユーザの利便性を考慮し、1.2GHz帯においては、現行と同様に一つの筐体に収めることを要しない装置に空中線を加えることとする。

低遅延型デジタル特定ラジオマイクのチャンネル間隔及び同時使用可能本数

- 占有周波数帯域幅600kHzの低遅延型特定ラジオマイクのは、1.2GHz帯では23本が同時使用可能。
- 近接可能距離が現行の107m→85mと短くなるため、同一場所で多くのマイクが使用でき、周波数の有効利用に寄与。

- 9MHzあたりの同時使用本数は、現行のアナログ特定ラジオマイクでは7本(3次相互変調歪を考慮)に対し、低遅延型デジタル特定ラジオマイクは占有周波数帯幅は増加するものの、同時使用本数は11本に増加。
- 現行のデジタル特定ラジオマイクと比較した場合、9MHzあたりの同時使用本数は現行と同じ18本となるが、近接可能距離が現行の107mから85mと短くなるため、大規模イベント等では多くのマイクが使用でき、周波数の有効利用が可能。

種別	低遅延型 デジタル特定ラジオマイク	デジタル特定ラジオマイク	アナログ特定ラジオマイク		デジタル特定ラジオマイク (従来型)	
	モノラルマイク イヤール・モニター	モノラルマイク	モノラルマイク	イヤール・モニター	モノラルマイク	
変調方式	直交周波数分割多重(OFDM) [キャリア変調方式] リニア:16QAM 高耐干渉:QPSK		周波数変調		位相変調 周波数変調 直交振幅変調	
占有周波数帯幅	600kHz	288kHz	330kHz	110kHz 又は 160kHz	250kHz	288kHz
遅延時間	1ms以下	3~5ms程度	μs級	μs級	μs級	3~5ms程度
9MHzあたりの 同時利用本数	11	18	7	10	8	18
近接可能距離 (10mW送信時)	85m (リニア) 30m (高耐干渉)	85m	463m		107m	

表 同時使用本数、近接可能距離等

低遅延型デジタル特定ラジオマイクの技術的条件(案)

以上の検討結果をふまえ、低遅延型デジタル特定ラジオマイクの技術的条件については、以下のとおりとすることが適当である。

一般的条件

通信方式	単向通信方式又は同報通信方式
変調方式	直交周波数分割多重(OFDM方式) キャリア変調方式は、16値直交振幅変調(16QAM)方式、4相位相変調(QPSK)方式
使用周波数帯	占有周波数帯幅が ¹ 288kHzを超え600kHz以内ものは1.2GHz帯 占有周波数帯幅が ² 288kHz以内ものは470MHzを超え714MHz以下及び1.2GHz帯
空中線電力	50mW以下
空中線系	送信空中線の絶対利得は2.14dB以下 ただし、1.2GHz帯のイヤー・モニターの絶対利得は7dB以下 送信空中線の構造は、イヤー・モニターに使用する場合を除き、給電線及び設置装置を有しないものであること。

低遅延型デジタル特定ラジオマイクの技術的条件(案)

無線設備の技術的条件	
占有周波数帯幅の許容値	470MHzを超え714MHz以下の周波数の電波を使用するもの: 288kHz 1.2GHz帯の周波数の電波を使用するもの: 288kHz及び600kHz
周波数の許容偏差	$\pm 20 \times 10^{-6}$
空中線電力の許容偏差	470MHzを超え714MHz以下の周波数の電波を使用するもの: 上限20%、下限50% 1.2GHz帯の周波数の電波を使用するもの: 上限50%、下限50%
スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	<ul style="list-style-type: none"> ■ 470MHzを超え714MHz以下の周波数の電波を使用するもの: <ul style="list-style-type: none"> 帯域外領域のスプリアス発射: $2.5 \mu W$以下 スプリアス領域の不要発射: 中心周波数から$\pm 1MHz$以内: $2.5 \mu W$以下 <li style="padding-left: 40px;">470MHzを超え710MHz以下の帯域: $4nW$以下 <li style="padding-left: 40px;">上記以外の領域: $2.5 \mu W$以下 ■ 1.2GHz帯の周波数の電波を使用するもの: <ul style="list-style-type: none"> 帯域外領域のスプリアス発射: $2.5 \mu W$以下 スプリアス領域の不要発射: $2.5 \mu W$以下
隣接チャンネル漏えい電力	<ul style="list-style-type: none"> ■ 占有周波数帯域が288kHz: 搬送波から500kHz離れた周波数の(\pm)144kHzの帯域内において輻射される電力が搬送波電力より40dB以上低いこと。 ■ 占有周波数帯域が600kHz: 搬送波から800kHz離れた周波数の(\pm)300kHzの帯域内において輻射される電力が搬送波電力より40dB以上低いこと。
筐体	一の筐体に収められており、かつ、容易に開けることができないものであること。ただし、電源設備、送話器、空中線、付属装置その他これに準ずるもの、イヤール・モニター用ラジオマイクの無線設備の分配装置及び回線補償装置については、この限りでない。

ホワイトスペースにおける特定ラジオマイクとエリア放送システムとの共用条件

470MHz-714MHzの周波数の電波を使用する特定ラジオマイクはエリア放送と周波数を共用することから、その共用条件について検討を行った。

■ 検討の前提条件

- 「ホワイトスペース利用システムの運用調整の仕組み」(ホワイトスペース利用作業班)(平成25年1月)によれば、地上デジタルテレビジョン放送用周波数帯ホワイトスペース利用システム間の割当上の優先順位は、平成24年1月に取りまとめられた「ホワイトスペース利用システムの共用方針」を基本として考えることが適当であるとしており、優先順位は以下となる。

1	地上デジタルテレビジョン放送
2	特定ラジオマイク
3	エリア放送、センサーネットワーク、災害向け通信システム等のホワイトスペース利用システム

- また、周波数割当計画(平成20年総務省告示第714号)においても、エリア放送は特定ラジオマイクに有害な混信を生じさせてはならず、特定ラジオマイクからの混信に対し、保護を要求してはならないとされている。

■ 検討パターン

- 共用条件の検討にあたっては、上記の優先順位を踏まえ、下図のパターンにて、エリア放送(ワンセグ型、フルセグ型)から特定ラジオマイクへの与干渉について検討を行った。

希望波	妨害波
アナログ特定ラジオマイク	エリア放送(ワンセグ型)
	エリア放送(フルセグ型)
デジタル特定ラジオマイク	エリア放送(ワンセグ型)
	エリア放送(フルセグ型)
アナログイヤーマニター	エリア放送(ワンセグ型)
	エリア放送(フルセグ型)

- 周波数間隔については「移動通信システム委員会報告」(平成24年4月)では、テレビホワイトスペース帯を使用する特定ラジオマイクのチャンネル間隔については「周波数の有効利用を図る方策としてチャンネル間隔を細分化(5kHz、25kHz等)する方法が考えられるため、運用面を踏まえてチャンネル間隔を検討することが適当である。」としているので、共用条件を検討する特定ラジオマイクの周波数間隔をエリア放送の中心周波数から25kHz毎とし、最大±12MHzの帯域幅で検討を行った。

D/U基準による共用条件の検討

特定ラジオマイクとエリア放送システムがホワイトスペースにおいてお互いに共用を行うための条件として、エリア放送システムは免許で管理されること、また地上一般放送局として固定局であり、それぞれの諸元や運用が明確になっていること。ホワイトスペース利用システムの運用調整の仕組みが構築され、今後、運用調整も円滑に行われる想定がされていることから、特定ラジオマイクとエリア放送システムがホワイトスペース帯において干渉せずに、かつ、周波数を効率的に共用するために、所要DU比を共用条件とした。

■ 共用条件の検討

➢ 所要DU比の調査

- 希望波を特定ラジオマイク、妨害波をエリア放送とし、下表の試験方法により、所要DU比を求めた。

方式	試験方法
アナログ特定ラジオマイク	SINAD(A)が 50dB となるDU比
デジタル特定ラジオマイク	BERが 1×10^{-5} となるDU比
イヤーマニター	SINAD(A)が 45dB となるDU比

- エリア放送は、その送信スペクトルマスクが図5. 2. 1又は図5. 2. 2のようになるため定められていることから、信号発生器を用いて、その送信スペクトルマスクを再現し、最悪値の所要DU比を求めた。なお、SINAD(A)は、中心周波数差が 0kHz 付近は変動が激しく、測定誤差が大きい事が予想されるため、複数の測定値を平均化した。

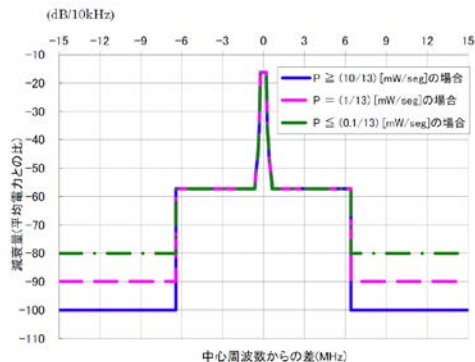


図5. 2. 1 ワンセグ型のスペクトルマスク

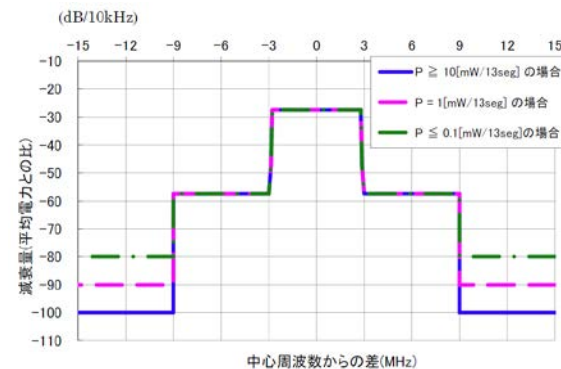


図5. 2. 2 フルセグ型のスペクトルマスク

希望波が特定ラジオマイクの場合の共用条件(その1)

共用条件を検討した結果、希望波が特定ラジオマイクの場合の所要DU比についてまとめた。

■ 希望波が特定ラジオマイク、妨害波がエリア放送(ワンセグ型)の場合の所要DU比

妨害波:エリア放送(ワンセグ型)			
中心周波数差	希望波:アナログ特定ラジオマイク 所要DU比	希望波:デジタル特定ラジオマイク 所要DU比	希望波:イヤーマニター 所要DU比
±0kHz~225kHz	32.0	15.0	21.0
±250kHz	25.0	7.5	14.0
±275kHz	19.0	1.3	5.9
±300kHz	11.3	-5.7	0.3
±325kHz	9.5	-7.5	-1.5
±350kHz	7.7	-9.3	-3.3
±375kHz	5.9	-11.1	-5.1
±400kHz	4.1	-12.9	-6.9
±425kHz	2.6	-14.6	-8.7
±450kHz	0.7	-16.1	-10.0
±475kHz	-0.9	-17.5	-11.3
±500kHz	-2.5	-18.8	-12.6
±525kHz	-4.0	-20.2	-13.9
±550kHz	-5.6	-21.5	-15.1
±575kHz	-7.2	-23.0	-16.4
±600kHz	-8.8	-24.3	-17.7
±625kHz	-10.4	-25.6	-19.0
±650kHz~6425kHz	-12.0	-27.0	-20.4
±6450kHz~12000kHz	-58.0	-66.0	-53.0

希望波が特定ラジオマイクの場合の共用条件(その2)

■ 希望波が特定ラジオマイク、妨害波がエリア放送(フルセグ型)の場合の所要DU比

妨害波:エリア放送(フルセグ型)			
中心周波数差	希望波:アナログ特定ラジオマイク 所要DU比	希望波:デジタル特定ラジオマイク 所要DU比	希望波:イヤーマニター 所要DU比
±0kHz~2800kHz	18.0	3.0	10.3
±2825kHz	8.0	-7.0	7.6
±2850kHz	1.0	-14.1	4.9
±2875kHz	-3.1	-18.7	2.3
±2900kHz	-4.9	-21.6	-2.2
±2925kHz	-6.6	-24.4	-6.6
±2950kHz	-8.4	-27.3	-11.1
±2975kHz	-10.2	-30.1	-15.5
±300kHz~9000kHz	-12.0	-33.0	-20.0
±9025kHz~12000kHz	-56.0	-72.0	-48.0

- 特定ラジオマイクとエリア放送以外のホワイトスペース利用システムとの共用条件については、免許条件や技術条件が未定のため、それらの検討とあわせ共用条件の検討が必要である。