

IEEE 802.11be無線LANの技術的条件の検討

2023年6月8日

浅井 裕介 (日本電信電話)

足立 朋子 (東芝)

城田 雅一 (クアルコムジャパン)

概要

- Wi-Fi 7対応機器の認証開始(2024年初頭)およびIEEE 802.11be(11be)規格策定完了(2024年12月予定)を控え、米国を中心に対応機器の市場が立ち上がろうとしている。
⇒11beの国内導入に向けた早期の制度整備が必要となっている。
- 11beにおける新規規定機能について、その概要を確認した。
- 11beの国内導入に向け、現行制度における共用条件との整合性を考慮した技術的条件案の検討を実施した。
 - 必要となる追加規定が、5925-6425MHzにおいて11beで新たに定義される320MHzチャネルに関連する下記項目であることを確認した。
 - 占有周波数帯幅・中心周波数の追加
 - 伝送速度規定の追加
 - 不要発射のEIRP許容値の新規定義
 - 空中線電力の新規定義
 - 併せて、その他の11beの新機能 (4096-QAM, MRU, R-TWT, 1024 Aggregation, Preamble Puncturing, ML, EPCS Priority Access)については、新たな規定を設けることなく利用可能であることを確認した。

11beにおける新規規定機能の概要

11beの主要技術

★: スループット向上

★: 遅延、ジッターの改善

11axから6GHz帯利用が始まった
ことで、その広帯域性に期待

- 従来規格からの拡張技術

- A) 最大チャネル帯域幅の拡張…11axは160MHzチャネル ⇒ **320MHzチャネル★**
- B) 最大変調多値数の拡大…11axは1024-QAM ⇒ **4096-QAM★**
- C) Resource Unit (RU)割り当て…11axは1 STA 1 RU ⇒ 1 STAに複数RU – **Multi-RU (MRU)★★**
- D) スケジューリング…11axのTWT (Target Wake Time) ⇒ 低遅延トラヒック用 – **Restricted TWT (R-TWT)★**
- E) フレーム集約…11axは256 aggregation ⇒ **1024 aggregation★**
- F) 周波数リソースの柔軟な割当…11axではオプション ⇒ 11beでは必須 – **Preamble Puncturing★★**

- 新規技術

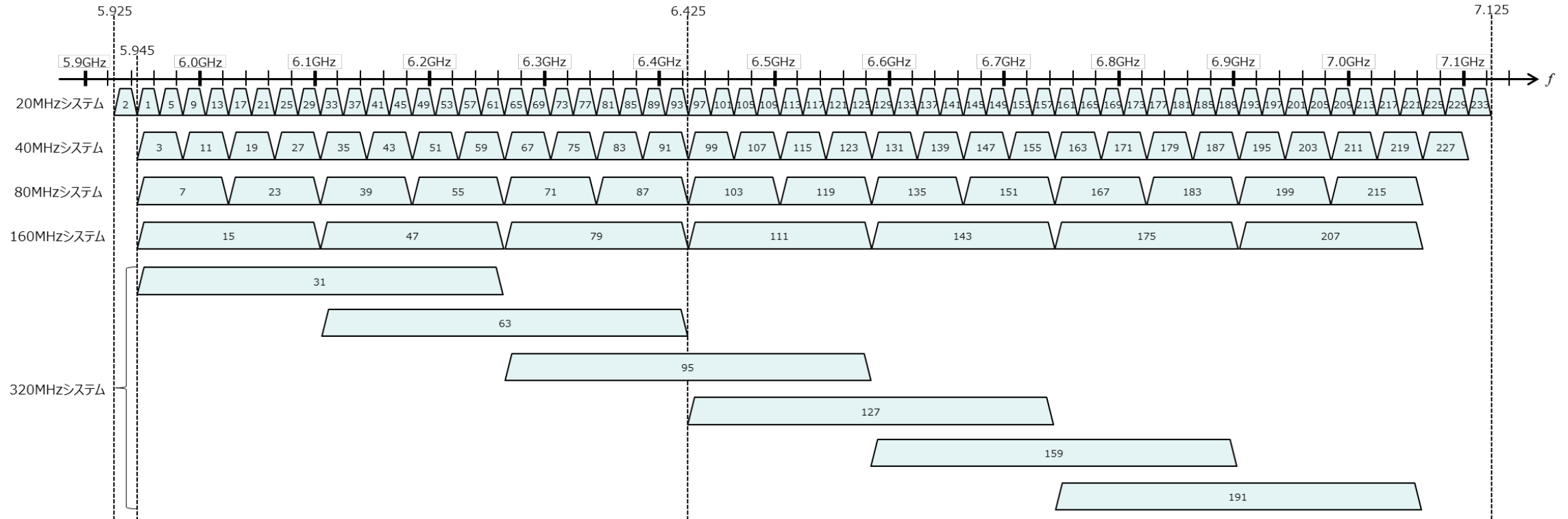
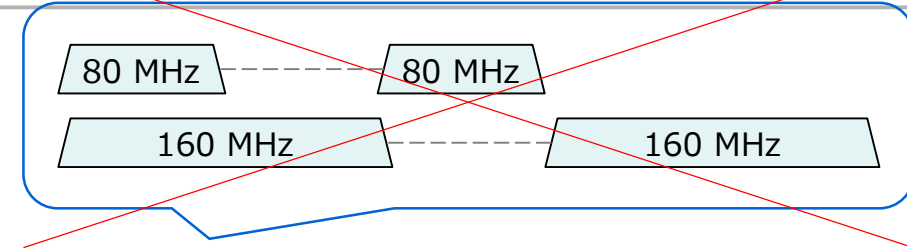
- G) 複数のリンクを用いたパラレル伝送 – **Multi-Link (ML)★★**
- H) 緊急警報用優先アクセス – **EPCS** (Emergency Preparedness Communication Service) **Priority Access★**

A) 320MHzチャンネル

11axに対し、×2 の高速化

• オプション機能、但し6GHz帯でのみ

- cf. 6GHz帯ではAPは160MHzは必須、STAは20MHzから可
- 160+160 MHz、いわゆるnon-contiguous channelは定義しない
 - チップベンダー／市場が11ac/axでの80+80 MHzを使わない選択をしている背景
- 240 MHzチャンネルは定義せず、320MHzにPreamble Puncturingを適用



※米国におけるチャンネル配置。日本では、5925-6425MHzが制度化

B) 4096-QAM、C) Multi-RU (MRU)、D) R-TWT、E) 1024 aggregation

B) 4096-QAM

11axに対し、×1.2 の高速化…

何らか高効率化の施策を入れないとこれだけでは効果は薄い

- オプション機能
 - 但し、11axの1024-QAMのように差別化技術として注力される予想

C) Multi-RU (MRU)

OFDMA時の1ユーザ当たりの高速化、干渉耐性向上

- オプション機能
- 組み合わせ数を削減するため、制限を設ける



- ex. 小さいRU(242トーン未満)同士の組み合わせ2つまで、大きいRU(242トーン以上)同士の組み合わせ4つまで
- 小さいRU利用はロバスト伝送用(256QAMまで、4ストリームまで)、大きいRUは高速伝送用に棲み分け

D) R-TWT

- オプション機能
- 低遅延トラヒック送信のためのスケジューリング期間を設ける。SCS (Stream Classification Service)を拡張し、サービス周期や要求伝送レート、サービス開始時刻などQoS関連のパラメータを細かく設定できるようにした

E) 1024 aggregation

高効率化によりスループット改善に寄与

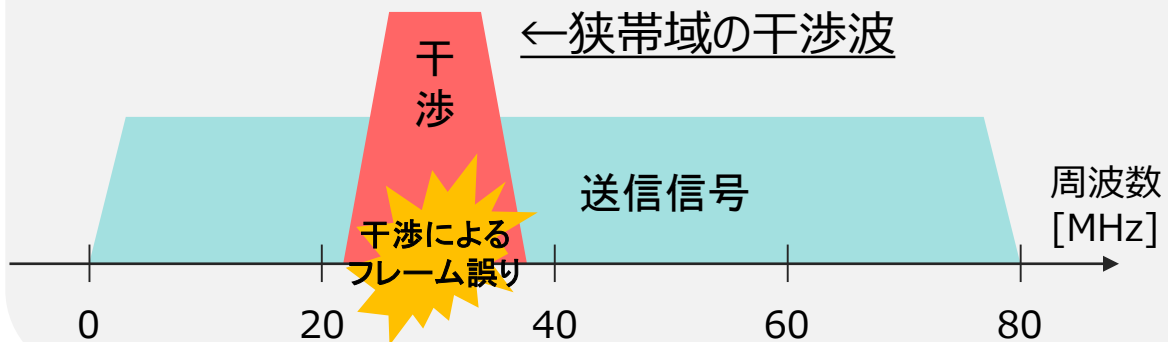
- オプション機能(ネゴシエーションにより設定)
- 一つの物理パケットに最大1024MACフレームまで集約可能。但し最大物理パケット長は11axと同じ(5484us)

F) Preamble Puncturing

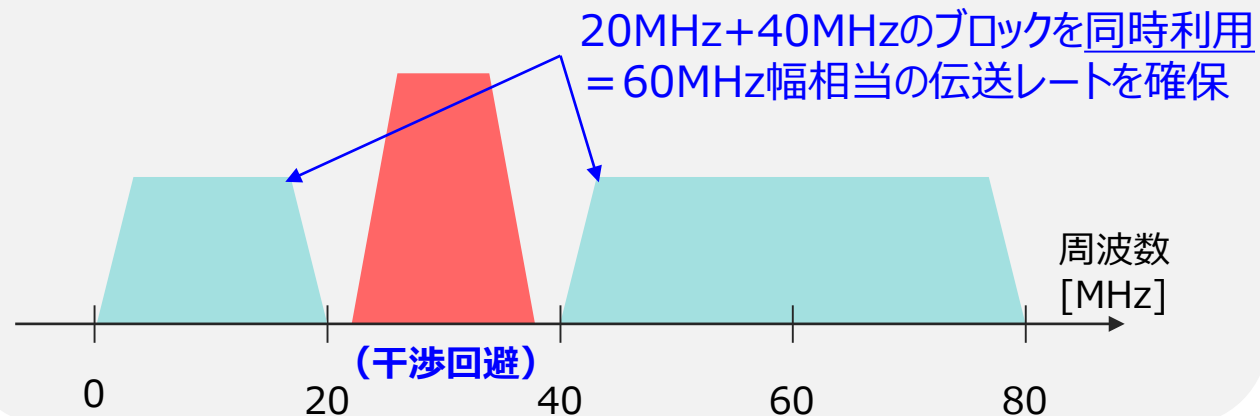
- 11axでオプション規定、11beで必須規定と位置付けられた。
- 課題：11acまでのチャンネル利用では連続する20/40/80/160MHzチャンネルの伝送形態のみが可能であった。
→広帯域チャンネルの一部が狭帯域システム(既存の11a/nといった、40MHz幅以下のチャンネルを用いるシステム)に占有される場合において、その干渉を回避するためには帯域幅を大幅に削減せざるを得なかった。
- 目的：広帯域チャンネルを分断する狭帯域干渉が存在する場合に、当該周波数領域のみをデータ伝送に用いないことにより、他の無線LANへの干渉を回避しつつ、可能な限りの広帯域伝送を確保・実現することを目的とする。
- 予めpuncturingの対象周波数領域を20MHzブロック単位で指定し、無線フレームを送信する際にその部分を間引いて(puncturing)送信する仕組みを規定した。
(puncturing対象となる周波数ブロックの情報は、APがビーコンフレーム等で報知することでセル配下の全てのSTAは予め把握する。また、運用中に随時変更することが可能)
- 対象となる周波数チャンネルは80/160/320MHz、対象周波数は5/6GHz。
(20MHzブロック単位でpuncturingされるため、40MHz以下の場合はこの概念が成立しない。
→2.4GHz帯・5GHz帯・6GHz帯の20/40MHzチャンネルは対象外)
- 関連して、11beでは20MHz単位でキャリアセンスを行う規定となった。

F) Preamble Puncturing (続き)

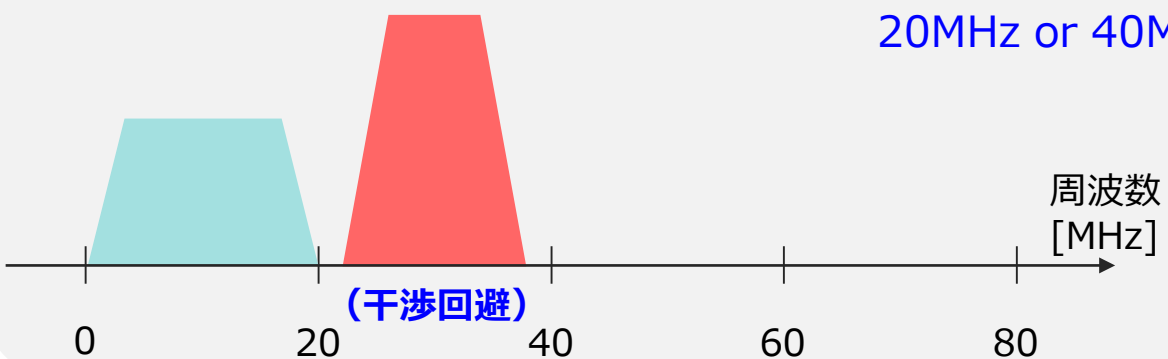
<狭帯域干渉が問題となる場合の例>



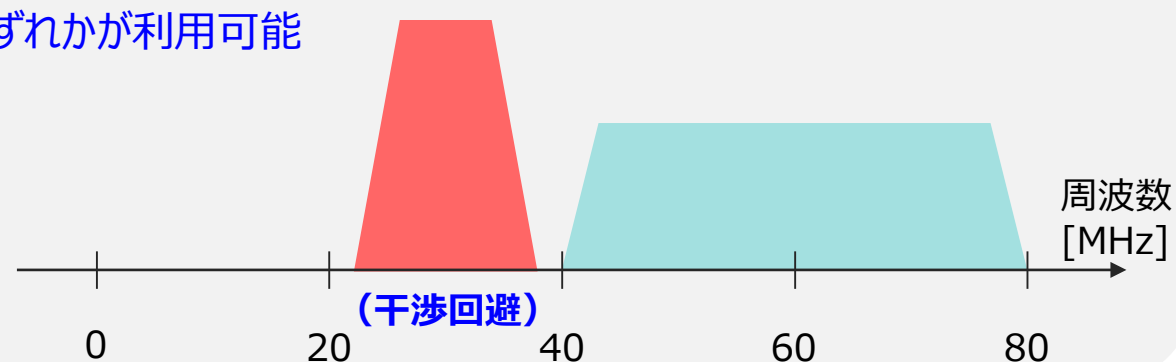
<Preamble Puncturingを用いる場合>



<Preamble Puncturingを用いない場合>



OR

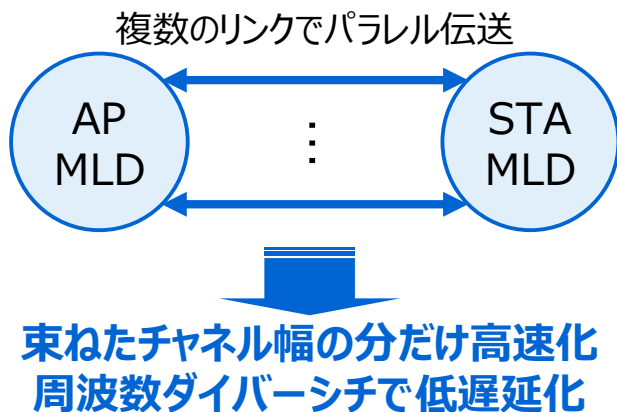


G) Multi-Link (ML)

11axに対し、リンク数倍の高速化

ex. 160MHz@5GHz帯 + 320MHz@6GHz帯で×3
320MHz@6GHz帯 2つで×4

- APでは必須機能



MLD: Multi-Link Device。一つのデバイス内に複数のAPを持つものがAP MLD、複数のSTAを持つものがSTA MLD

このコンセプトの登場で、11beでは
160+160MHzというチャネル拡張は不採用

MLを導入する際の課題

- あるリンクで送信したフレームを他のリンクで再送できるようにするにはどうすればいいか？
- 実装によってはリンク間で干渉が起こる場合がある。

単純に従来のマルチバンド対応デバイスで実現しようとする、

- 送信側では、
 - リンクごとにシーケンス番号の割り当てが独立なため、他のリンクですぐに再送を開始できない(シーケンス番号の再割当が必要)
 - 受信側から、他のリンクでの送達確認を取得できない。取得可能としても、自リンクのどのデータに該当するか即時判断することが困難
- 受信側では、
 - 異なるリンクから受信したデータを正しい順番で上位に渡せない

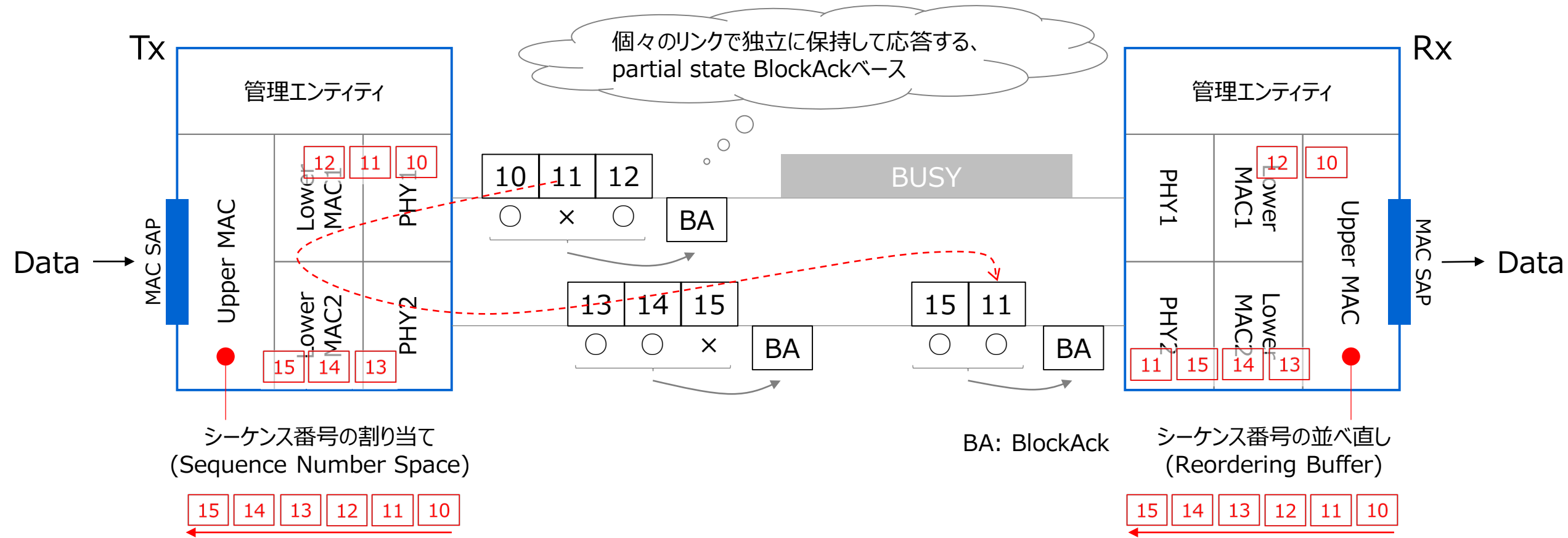
実装によって必要な離隔
周波数は一意ではない



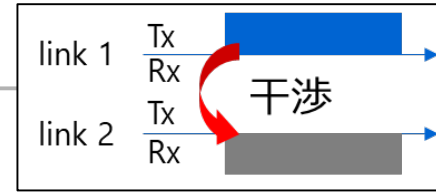
一方のリンクで送信している際に、他方のリンクで他の端末からの送信があることを正しく認識できない
⇒ リンク間で十分な離隔周波数を確保するなど、自己干渉の影響を抑制する実装が必要。

G) Multi-Link (ML) (続き)

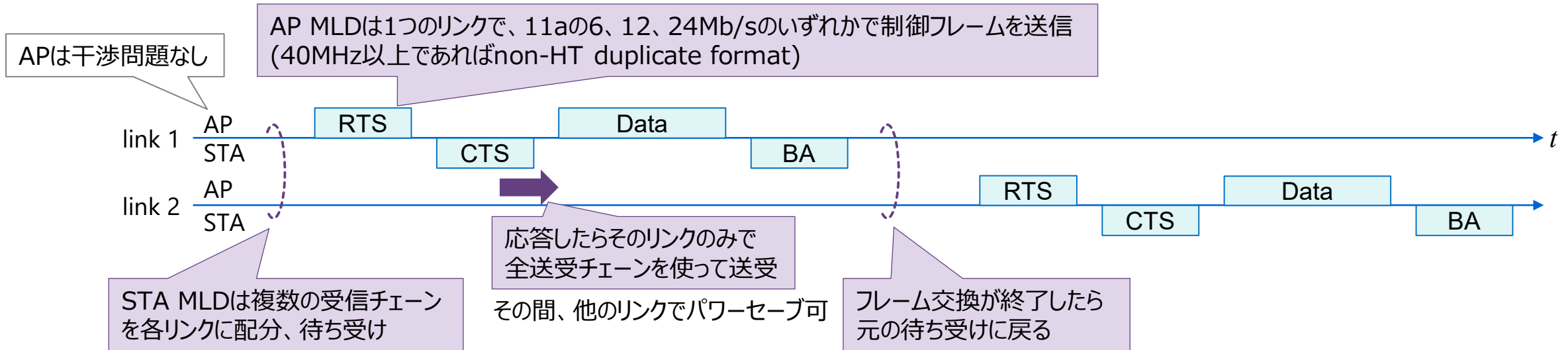
2つのリンクを用いた伝送の例



G) Multi-Link (ML) (続き)



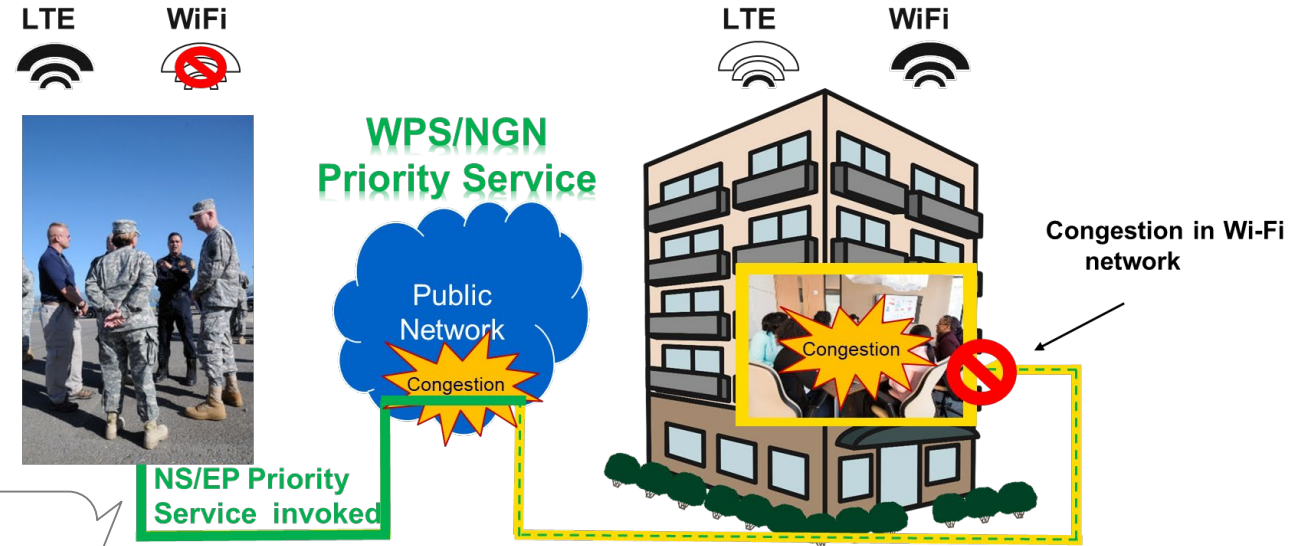
干渉があるリンクのうちいずれか一つにフレーム交換を制限する
… EMLSR (Enhanced Multi-Link Single Radio)



理想は独立に平行で送信できることだが、この方式はチャンネル拡張よりは送信権を獲得しやすい

H) EPCS Priority Access

- オプション機能
- 緊急警報の情報を優先的に送信できるようにする
 - 一部認証ユーザのアクセス権を優先する仕組み



元々NSEP (National Security and Emergency Preparedness)と呼んでいた。呼称変更

参照: doc.: IEEE 802.11-19/1901

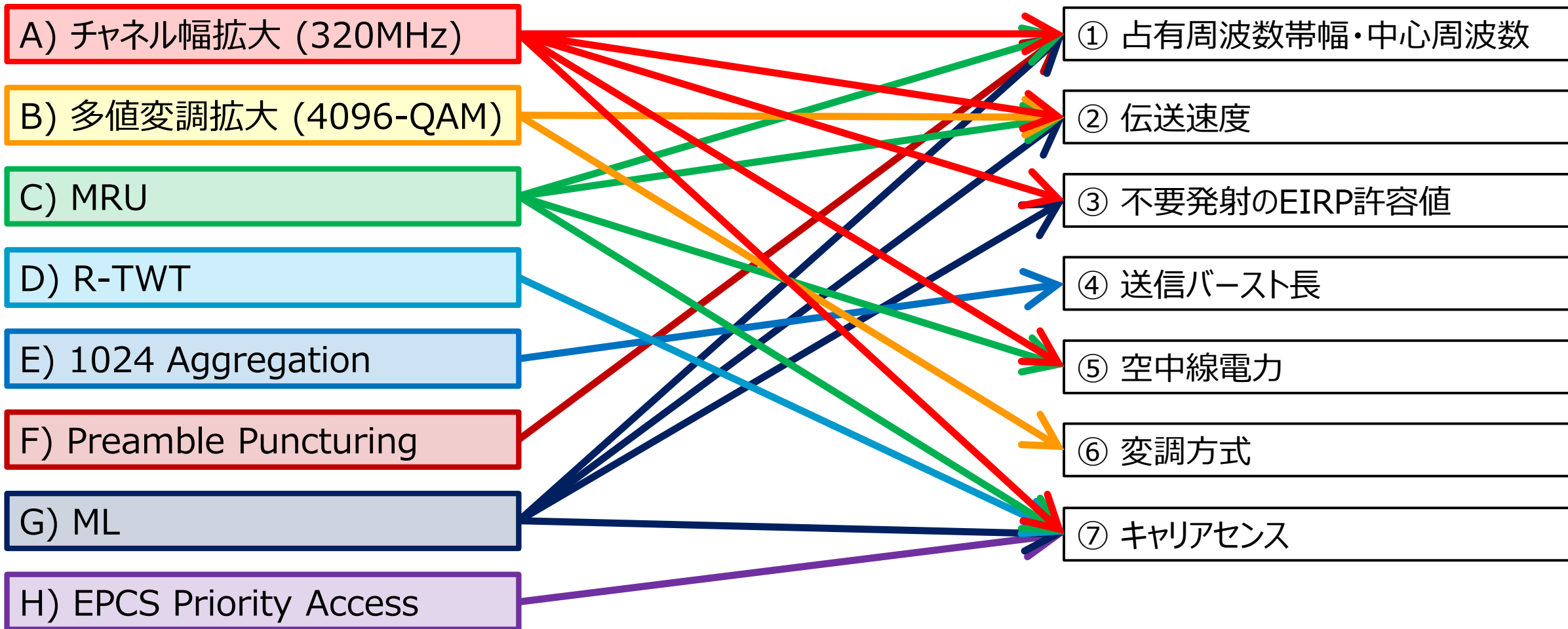
共用条件および技術的条件案の検討

11be技術と関連する電波法令との関係

- 11be無線LANにおける新機能と関連する（可能性がある）電波法令の項目との関係性を示す。

～IEEE 802.11be技術～

～電波法令における主な規定～



F) Preamble Puncturingについて

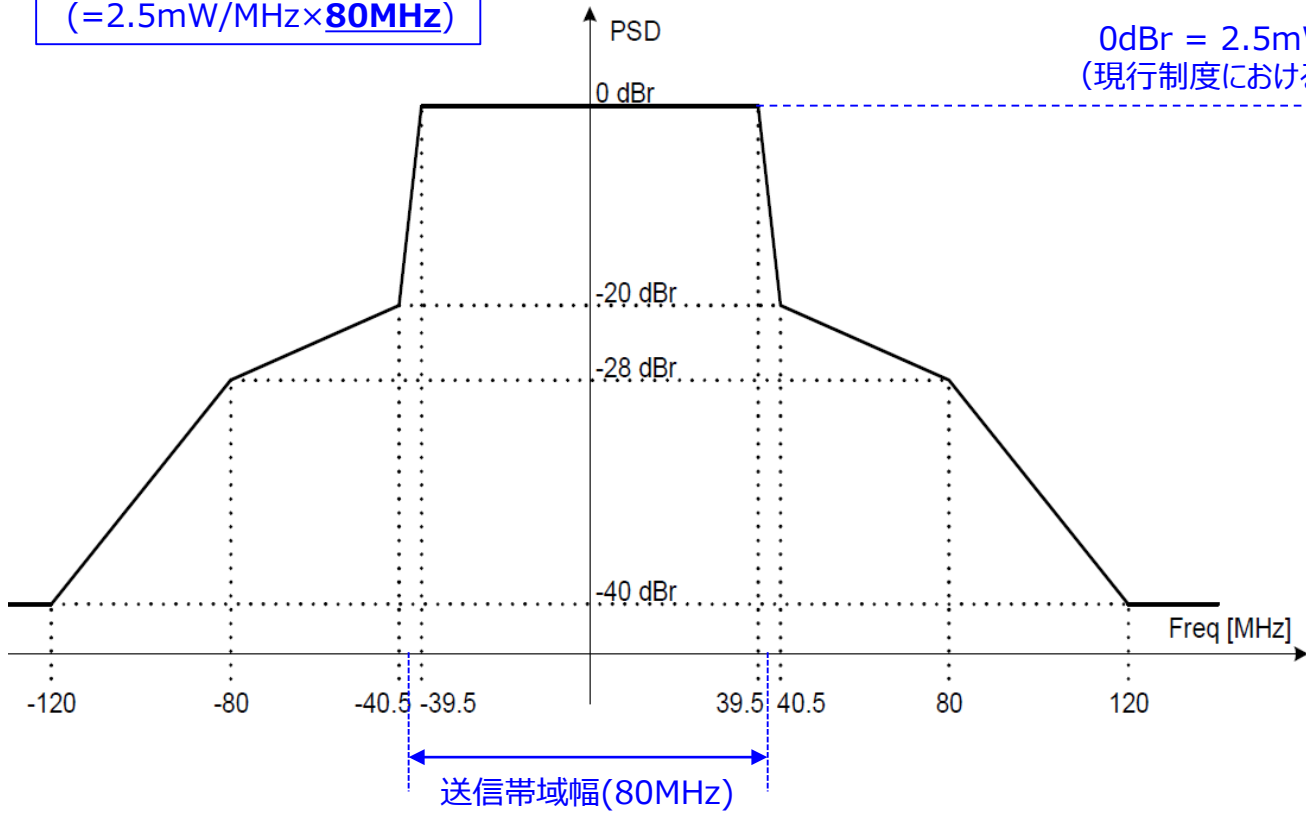
- puncturingされる周波数帯域（以下、puncturingブロック）に対して、11beでは以下の規定を設けている。
 - ① puncturingブロックに対する**スペクトルマスクを規定**している。
 - ② puncturingブロックに対して当該周波数領域を**データ伝送に用いない**ため**キャリアセンスを義務付けていない**。
 - ①**スペクトルマスク**については、puncturingブロックにおいてデータ伝送に用いない場合でも少なからず電力が放射されるため、同一周波数帯で運用される**既存の無線LAN(802.11a/n/ac/ax)**との**共用条件に影響を与える可能性がある**ため、確認が必要となる。
 - 5/6GHz帯の現行制度において、**キャリアセンスを行わない帯域において最大出力となるのは隣接チャネル**である。
→11beの**スペクトルマスク規定**を基に、puncturingブロックの漏えい電力と現行制度の隣接チャネル漏えい電力の最大値を比較し、その影響度合いを確認する。
 - 5/6GHz帯における**隣接チャネル漏えい電力の最大値は20MHzチャネルに対する隣接チャネル**である※。
→-2dBm/20MHz (=23dBm/20MHz - 25dB)
 - Preamble Puncturingは**80MHz/160MHz/320MHzチャネル**に対して規定されており、**puncturingブロックの漏えい電力が最大値を取る場合（最悪ケース）は、80MHzチャネルにおける20MHzのpuncturingブロック**である。
 - 11beの**スペクトルマスク（次頁参照）**を基に計算すると、**当該の20MHzのpuncturingブロックの電力は相対値で約-19.7dB_r、絶対値では約-2.7dBm/20MHz**となる。
(80MHzチャネルにおける最大電力密度は17dBm/20MHz)
- ⇒現行制度における隣接チャネル漏えい電力の最大値(-2dBm/20MHz)を下回るため、**既存無線LANと共存可能**と考えられる。

※ 5GHz帯/6GHz帯：無線設備規則第四十九条二十 三ル / 四ヌ

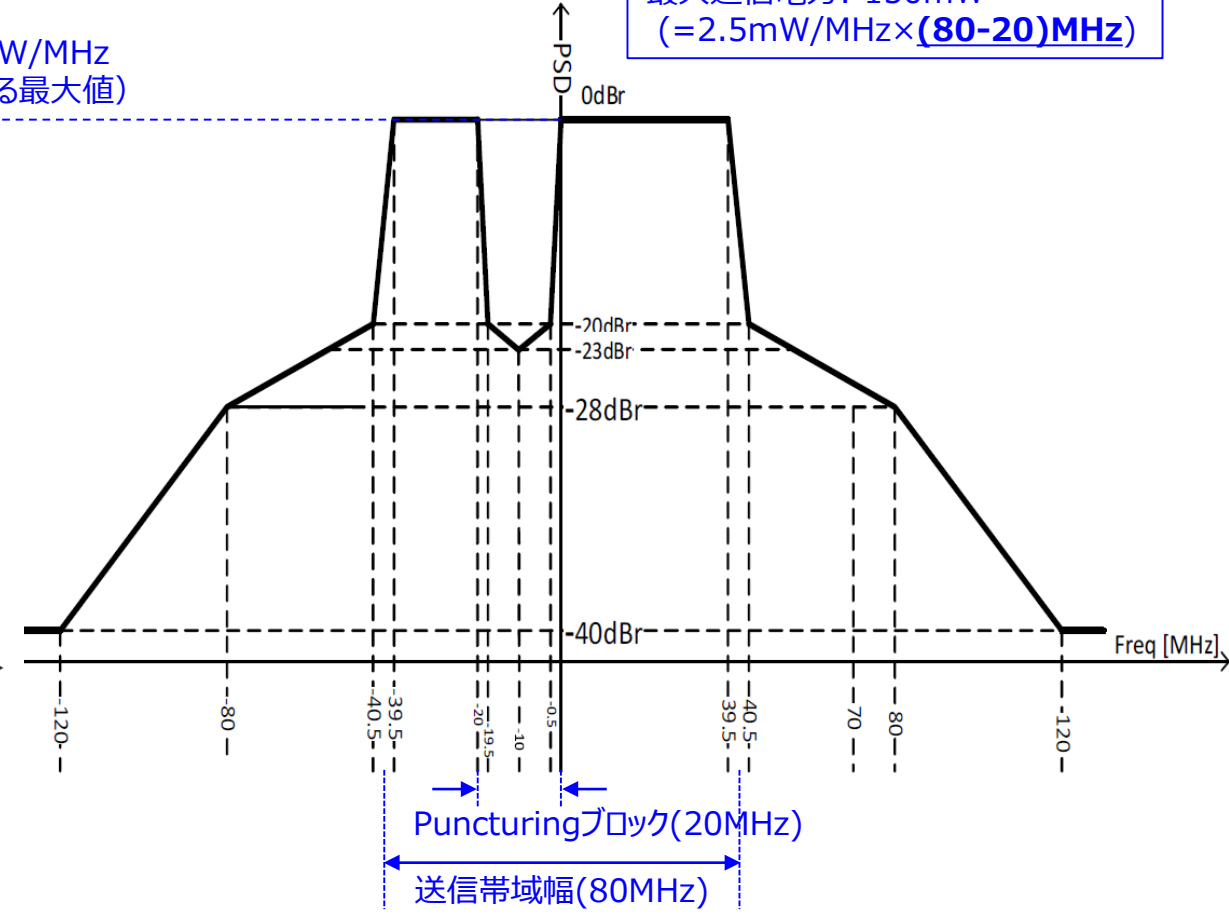
F) Preamble Puncturingについて (続き)

- 80MHzチャンネルのスペクトルマスク (Preamble Puncturingを行わない・行う場合)

最大送信電力: 200mW
(=2.5mW/MHz×80MHz)



最大送信電力: 150mW
(=2.5mW/MHz×(80-20)MHz)



Puncturingを行わない場合の80MHzチャンネルのスペクトルマスク

Puncturingを行う場合の80MHzチャンネルのスペクトルマスク

F) Preamble Puncturingについて（続き）

- ②キャリアセンスについては、puncturingを行わない20MHzブロック単位で現行の電波法令のキャリアセンス規定で求められる以上に厳格な形で実施している※。

（総務省告示第二百九十一号、5GHz帯も同様のルールを規定）

一 キャリアセンスは、通信の相手方以外の無線局の無線設備から発射された電波を受信し、受信空中線の最大利得方向における電界強度が毎メートル一〇〇ミリボルトを超える場合に、当該無線局の無線設備が発射する周波数の電波と同一の周波数の電波の発射を行わないものであること。

二 無線設備は、キャリアセンスを行った後、送信を開始するものであること。ただし、キャリアセンスを行った後八ミリ秒以内に、当該キャリアセンスを行った無線設備を使用する無線局又はこれを通信の相手方とする無線局が送信を開始する場合は、キャリアセンスを行うことを省略することができる。

※11beにおけるキャリアセンス閾値は、電波法令のそれよりも低い値に（厳格に）設定されている。

⇒本資料p.38参照

F) Preamble Puncturingについて（続き）

- キャリアセンスは、電波法第四条三（免許不要局の要件）における同一周波数帯で運用される同一システム（小電力データ通信システム）間の公平な共存を目的としており、既存の免許システムとの共存を目的としているわけではない。

（電波法第四条）無線局を開設しようとする者は、総務大臣の免許を受けなければならない。ただし、次に掲げる無線局については、この限りでない。

三 空中線電力が一ワット以下である無線局のうち総務省令で定めるものであつて、第四条の三の規定により指定された呼出符号又は呼出名称を自動的に送信し、又は受信する機能その他総務省令で定める機能を有することにより他の無線局にその運用を阻害するような混信その他の妨害を与えないように運用することができるもので、かつ、適合表示無線設備のみを使用するもの

- また、空中線電力は電力密度規定であるため、puncturing処理は、「同一システム間の干渉を回避するために、部分的な周波数ブロックに対して敢えて出力を下げる（電力制御を行う）」ことと等価な処理となる。
→そのため、既存システムにとっては被干渉が低減する（p.16参照）。

F) Preamble Puncturingについて（続き）

- Preamble Puncturingの利用において、標準規格のスペクトルマスクが適用された場合において現行制度における隣接チャネル漏えい電力以下の影響となること、および、現行制度のキャリアセンス要件を満足することから、現在の共用条件を満足すると考えられる。加えて、
 - 実装の観点では、puncturingはベースバンド処理（デジタル信号処理によるOFDM信号生成の際のnullingおよび送信帯域全体にかかるデジタル・アナログフィルタ）のみで行われることが想定され、11beドラフト策定においてはWLANチップベンダ各社が議論の上実装可能なレベルとして前頁のスペクトルマスクを規定しており、標準で規定されるマスクは十分実装可能であると考えられる。
 - 現行制度においても、11axで規定されたOFDMA伝送により、占有周波数帯幅および空中線電力の密度の範囲内において、周波数リソースを柔軟に設定した伝送が既に行われている。

案: puncturing帯域に対する技術的条件は特段規定しない

- ただし、DFS/AFCによって利用不可・あるいは送信出力制限がかかったチャネルに対して、puncturingを行うことを根拠に当該周波数ブロックを「利用していない」とみなすことは、マスクの性能が担保されていないため適切ではない。
- 今後、DFS/AFCによって利用制限がかかった帯域に対してpuncturingの適用を条件に利用可能とするためには、puncturingブロックの与干渉に関する技術的条件を改めて議論する必要がある。

G) ML(Multi-Link)について

• 11beドラフトにおけるMLの要点：

- MLの各リンクの物理・MACレイヤ仕様は既存の802.11無線LAN（シングルリンク）を拡張する形で策定されている。
- MLはアンライセンスバンドの複数無線リンクの活用であり、各リンク独立に既存の無線LANと同様のキャリアセンスを行い、他の無線局が利用していない場合においてのみ送信が可能となる。
→LTE-Advancedや5Gにおけるライセンスバンドのキャリアアグリゲーションとは本質的に異なり、標準規格として複数キャリアの同時送信を行うことを必須条件とした仕様ではない※。
- 周波数帯域が離れた複数リンクを用いる場合(2.4GHz+5GHz、2.4GHz+6GHz)において、リンク間が非同期に動作するSTRモード※を必須要件としている。
- 既存規格(11a/b/g/n/ac/ax)との共存を鑑み、各リンクのキャリアセンス条件・送信バースト長・チャンネル帯域幅等のパラメータについては、これまでと同等の条件を設定している。

※ 送受信同時動作時のアイソレーションが十分確保できない無線機に対して、以下のようなNSTRモードやEMLSRモードも定義されているが、送信機会獲得の観点では、非同期送受信を前提としたSTRモードと比較して、性能が低下する。以下に各モードを説明する。

•STR: Simultaneous Transmit and Receive. ある時刻において、複数リンク間で独立に送信状態と受信状態が混在するモード。11beの性能（高スループット・低遅延・低ジッタ）を活用するために主に用いられるモードと考えられる。

•NSTR: Nonsimultaneous Transmit and Receive. STRの逆で、ある時刻において複数リンク間で送信状態と受信状態が混在しないようAP側での制御により送信期間を同期させるモード（同時に送信することでリンク間での送信状態と受信状態の混在を避ける）。送信信号に対する回り込みのアイソレーションが十分に確保できない場合に利用される可能性がある。

•EMLSR: Enhanced Multi-Link Single Radio. 複数リンクを実装しリンクを切り替えるが、フレーム交換を実施する際はある単一のリンクに限定するモード。端末側で用いられることを前提としている。送信信号に対する回り込みのアイソレーションが十分に確保できない場合に利用される可能性がある。

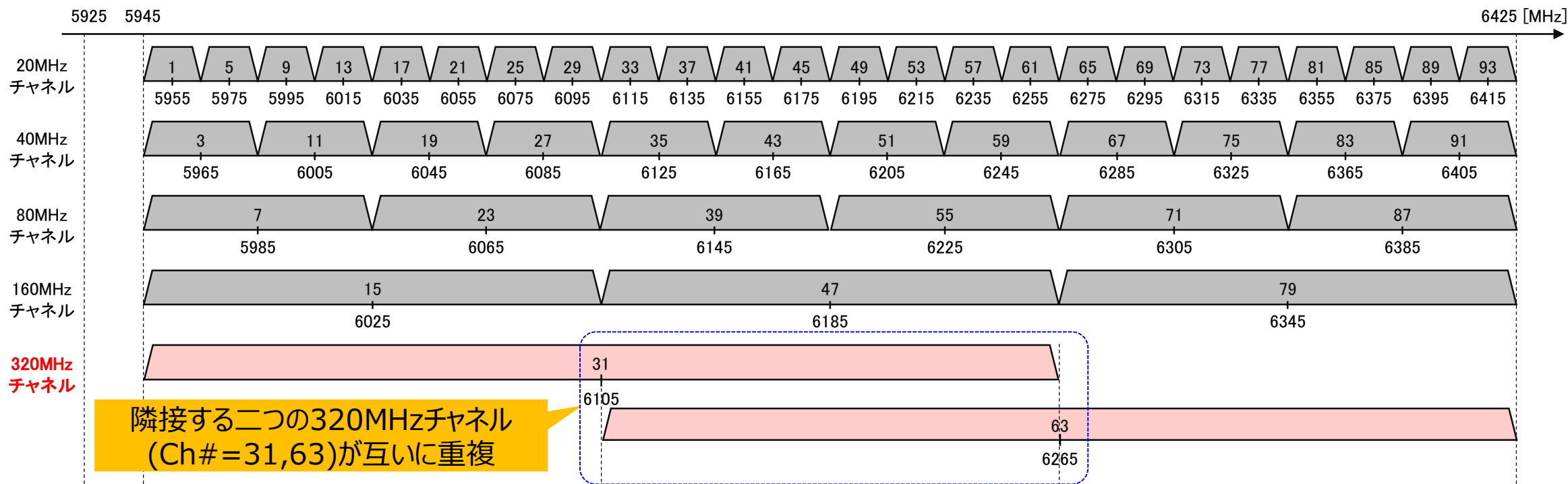
G) ML(Multi-Link)について (続き)

- MLの導入による共用条件への影響
 - MLはトラフィックを複数無線リンクに分散させ、また、新規規定される320MHzチャネルの活用も考慮すると、流入するトラフィック量が変化しなければリンクあたりの送信時間率は低下する。
 - ML対応無線機の動作は、現行法令で許容されている複数帯域対応アクセスポイントと同等である。この前例に倣い、現行制度（リンク毎に技術的条件を規定）を踏襲し、必要最低限の変更とすることが適当と考えられる。

案: ML伝送を包括した規定は設けないことが適当

① 占有周波数帯幅・中心周波数

- 11beドラフトでは、11axで規定されていた20/40/80/160MHzチャンネルに加えて新たに320MHzチャンネルを規定
- 占有周波数帯幅は11ax導入時に $20 \times 2^{(n-1)}$ ($n=1,2,3,4$)で定義
- 320MHzチャンネルは6GHz帯専用とされており、柔軟な周波数配置を実現する観点から隣接チャンネルとオーバーラップする配置を定義（既存の5/6GHz帯における20/40/80/160/80+80MHzチャンネルではオーバーラップ配置なし）。



図：11beドラフトにおける6GHz帯のチャンネル配置（国内制度化済の5925-6425MHzを抜粋（Annex E, Table E-4を基に作成）

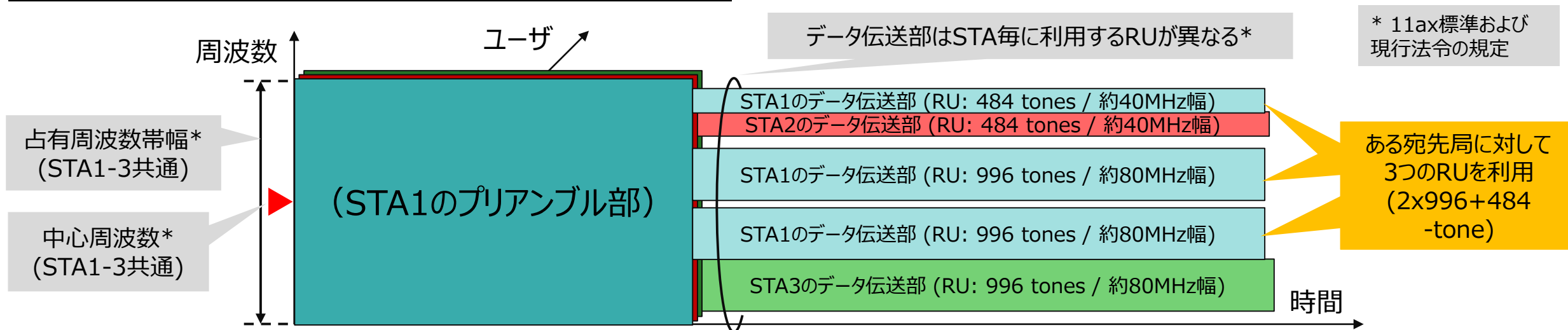
案：6GHz帯に320MHzチャンネル（占有周波数帯幅：320MHz、中心周波数：6105MHz/6265MHz）を追加

①占有周波数帯幅・中心周波数（続き）

• OFDMA伝送におけるMRU※に対する中心周波数・占有周波数帯幅

- 11ax/beでは、データ部分の伝送を、全帯域幅の一部を利用して伝送することで複数局同時通信(一对多/多対一)を実現
- 現行制度では、利用するRUの配置によらず、プリアンブル部はOFDMA伝送に用いられる全帯域幅(20/40/80/160/80+80MHzのいずれか)にわたり送信、11beの320MHzチャンネルでもこれを継承。

<例: 3台のSTAによるUL-OFDMA伝送 (320MHz) >



案: 変更なし (MRUの場合においても、従来同様に占有周波数帯幅の範囲で定義する)

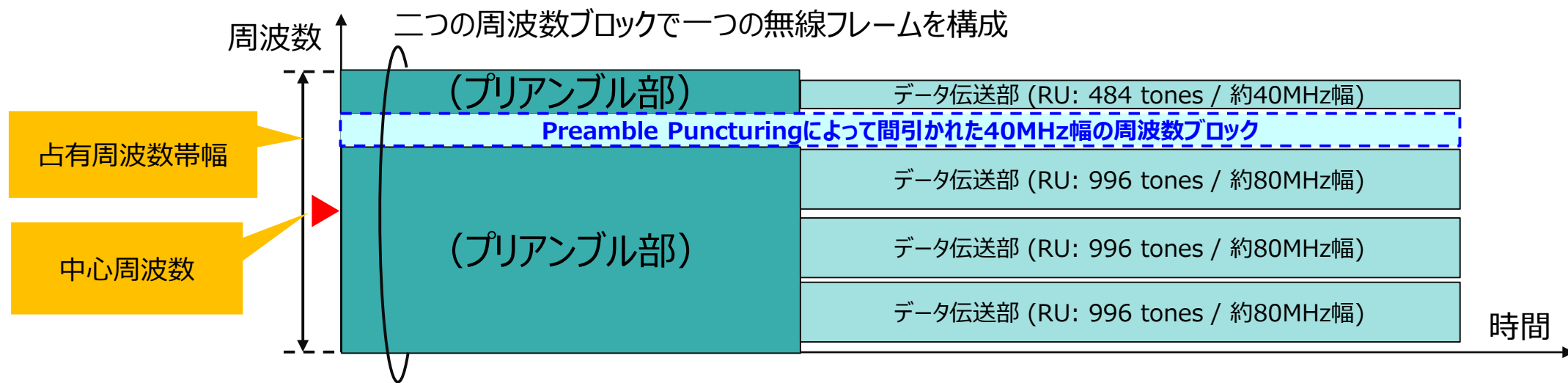
※ RU (Resource Unit): OFDMA伝送でユーザ (宛先端末) 毎に割り当てられるサブキャリアグループ。
11ax標準では宛先あたり最大で一つまでしかRU割当を行なかったが、11beではMRU(Multiple RU)と呼ばれる、複数RUの割当が新たに規定された。

①占有周波数帯幅・中心周波数（続き）

● Preamble Puncturingを用いた伝送

- 11axでオプション規定、11beでは必須規定
- Preamble Puncturingにより、干渉の影響が大きいチャンネルを20MHzブロック単位で間引く伝送形態を定義しており、干渉の影響を低減する。
- 原則として多数の20MHzチャンネルのごく一部を間引くため、周波数当りのサブキャリア数や中心周波数については、前頁のMRU同様に既存の定義を踏襲することが適当

<例：Preamble Puncturingを用いたSU-SISO(Single-User Single Input, Single Output)伝送（320MHz）>



案: 変更なし（Preamble Puncturingの場合も従来と同様の占有周波数帯幅の範囲で定義）

② 伝送速度

- 占有周波数帯幅に対応した最大伝送レートの下限保証の規定に関して
 - 5/6GHz帯は、高速無線システムの利用を前提に伝送速度を規定
 - ⇒ 現行制度では、20/40/80/160/80+80MHzシステムに対して、それぞれ20/40/80/160/160Mbps以上の伝送速度をサポートすることを必須規定※
 - 11beにおける最低スペックの端末（20MHz only non-AP STA）において、実装を必須とする伝送レートは86.0Mbps※※と規定、現行制度を満足（40MHzチャンネル以上についても同様）。
 - ⇒ 既存の20MHzシステムの規定に対する修正は不要

案：6GHz帯の320MHzチャンネルに対する伝送速度規定を追加(320Mbps以上)、それ以外は現行規定を維持

※ 2.4GHz帯：規定なし。

5GHz帯：無線設備規則第四十九条の二十三 木

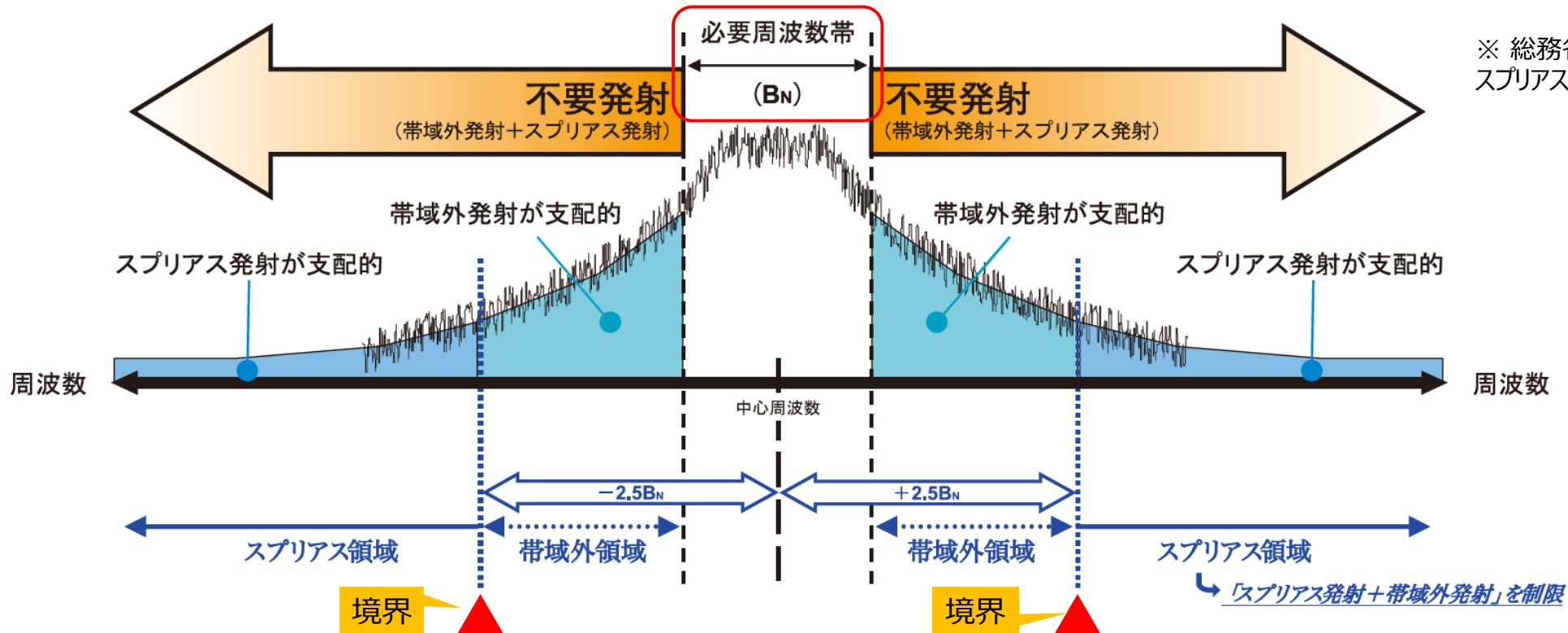
6GHz帯：令和四年総務省告示第二百九十一号 三

※※ 242-tone RU, Nss=1, MCS=7, GI=0.8us の場合 (IEEE P802.11be/D3.0より)

③ 不要発射のEIRP許容値

● 帯域外領域及びスプリアス領域は必要周波数帯(B_N)に基づき定義

- (電波法施行規則第二条六十二) 「必要周波数帯幅」とは、与えられた発射の種別について、特定の条件のもとにおいて、使用される方式に必要な速度及び質で情報の伝送を確保するためにじゅうぶんな占有周波数帯幅の最小値をいう。この場合、低減搬送波方式の搬送波に相当する発射等受信装置の良好な動作に有用な発射は、これに含まれるものとする。



※ 総務省パンフレット「無線機器のスプリアスの規格が変わりました。」より

③ 不要発射のEIRP許容値（続き）

- 現行制度における占有周波数帯幅・必要帯域幅

	占有周波数帯幅	必要帯域幅(B_N)
20MHzシステム	20MHz	20MHz
40MHzシステム	40MHz	40MHz
80MHzシステム	80MHz	80MHz
160MHzシステム	160MHz	160MHz
80+80MHzシステム	(周波数セグメント毎) 80MHz	(周波数セグメント毎) 80MHz

- **案: 320MHzチャンネルについて占有周波数帯幅・必要帯域幅ともに320MHzと規定**

	占有周波数帯幅	必要帯域幅(B_N)
320MHzシステム	320MHz	320MHz

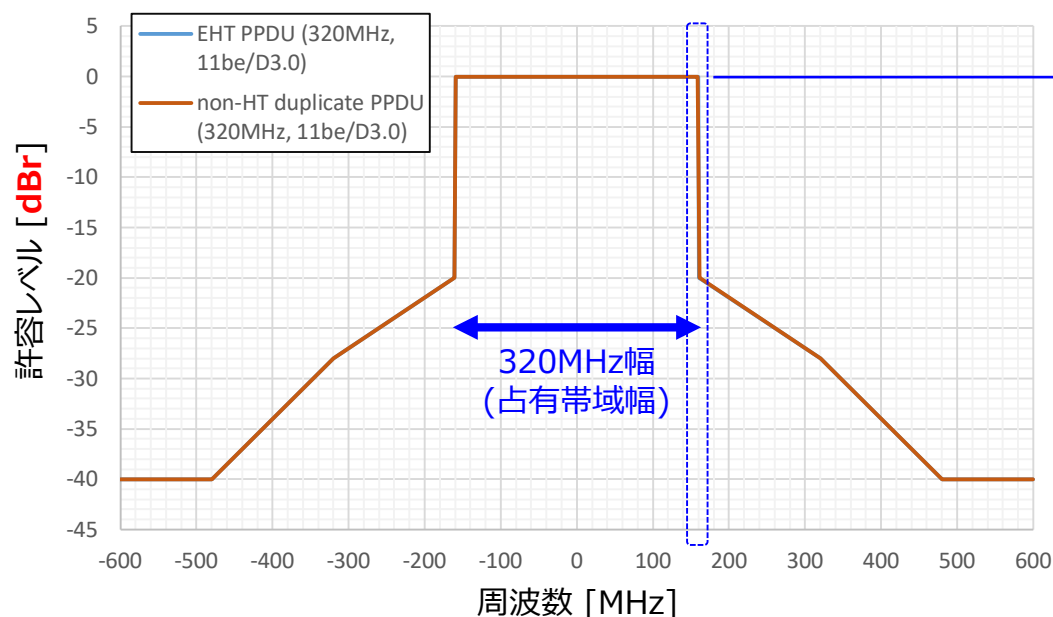
③ 不要発射のEIRP許容値 (続き)

- 11beドラフトでは、チャンネル帯域幅毎にスペクトルマスクを規定。

- 20/40/80/160MHzチャンネル: 11axと同一
- (80+80MHzチャンネル: 11beでは規定なし)

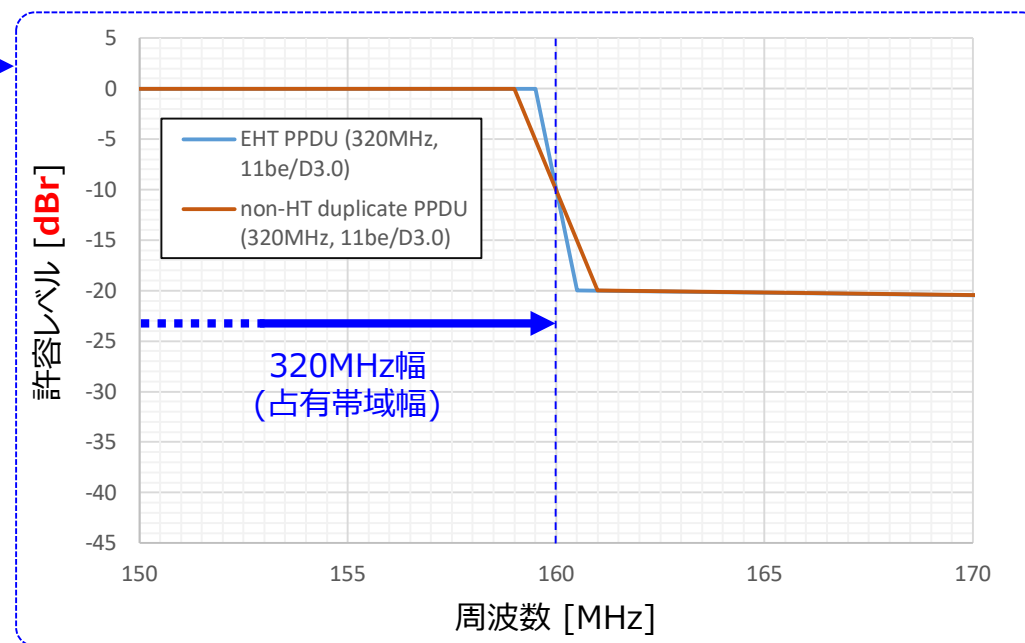
11axで制度化済のマスクで11beに対応が可能⇒変更不要

★320MHzチャンネル: 新規規定 (EHT / non-HT duplicate PPDU、6GHz帯のみ)



<320MHzチャンネルのスペクトルマスク (11be D3.0より)>

周波数軸を拡大



<占有帯域と帯域外領域の境界領域の拡大図>

⇒non-HT duplicate PPDU向けマスクの方が帯域外のレベルが高く設定されているため、これを基に検討を行う。

③不要発射のEIRP許容値（続き）

- 前回一部答申※における5925MHz以下、6425MHz以上の領域における不要発射のEIRP許容値に対する考え方が維持できれば、既存の共用検討結果が継承される。

● 5925MHz以下

(1) 5925MHz 以下の周波数に隣接するシステムとの検討

5925 MHz 以下の周波数の領域においては、放送事業用番組中継システム（FPU）が存在する。これについては既存の無線 LAN、5.6 GHz 帯の小電力データ通信システムが放送 FPU の帯域に適用される現行の帯域外漏えい電力の上限値 12.5 μ W/MHz を適用することにより有害な干渉を及ぼさないものと考えられる。

一方、5.9 GHz 帯において現在検討されている高度 ITS システム（V2X）が 5925MHz 以下の周波数の近傍に割り当てられる場合に 6GHz 帯無線 LAN からの影響を考慮し、諸外国の基準（FCC 85 FR 31390 及び ECC Decision (20)01）に準じて VLP モードの場合 0.2 μ W/MHz、LPI モードの場合 2 μ W/MHz とすることが適当である。

この場合には、無線 LAN は 5925MHz から 5945MHz までの 20MHz 幅にチャンネルを設定しても不要発射強度の許容値を満たすことが困難であることから将来の V2X の導入の議論を考慮し、5925MHz から 20MHz はガードバンドとして設定することが適当である。

● 6425MHz以上

(2) 6425MHz を超える周波数に隣接するシステムとの検討

6425MHz を超える周波数の領域において、放送事業用番組中継システム（FPU）が存在する。FPU への影響に関しては、無線設備規則第 7 条に基づき、帯域外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許容値は、帯域外領域 100 μ W/MHz、スプリアス領域 50 μ W/MHz を上限として規定している（ARIB STD B-71（1.1 版）では帯域外領域及びスプリアス領域ともに 50 μ W/MHz を上限としている。）。

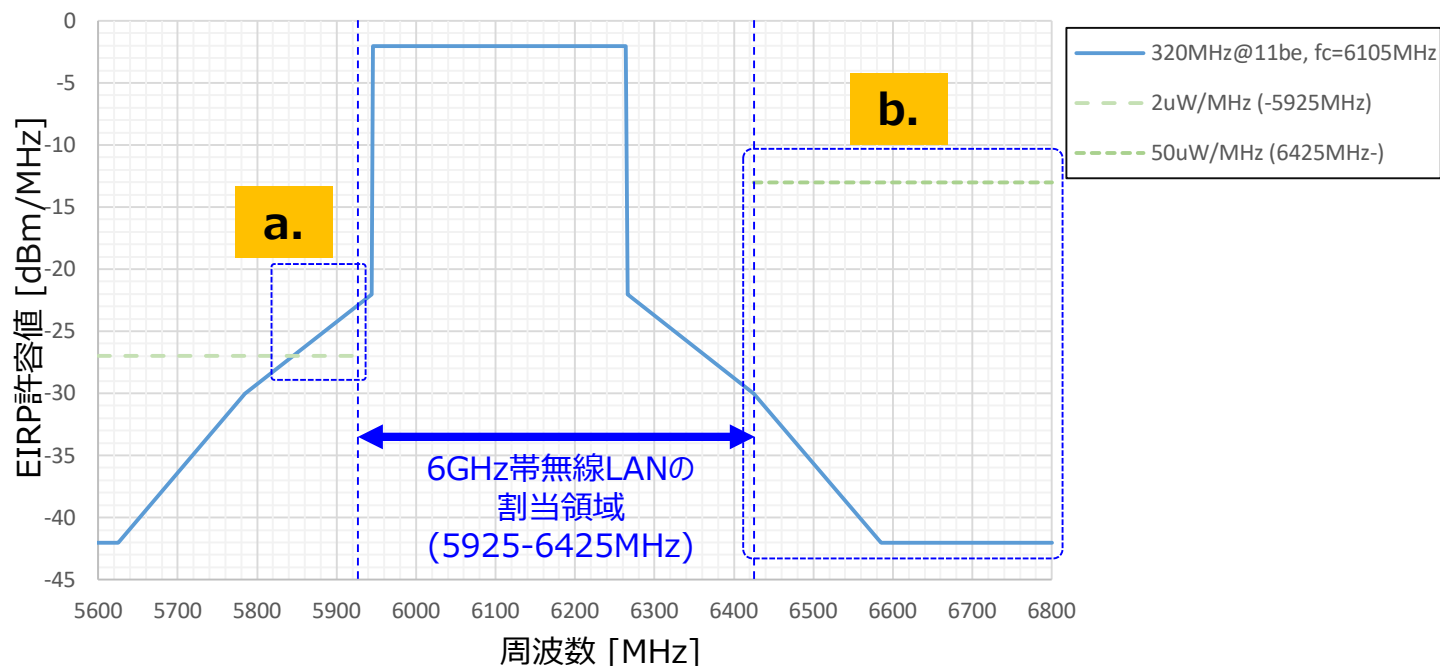
無線 LAN の広帯域チャンネルの運用を考慮すると、IEEE802.11ax で定義されている 6425 MHz に隣接するチャンネルまで利用できることが望ましく、そのため上記（1）と同様なガードバンドは設定せずに、より厳しい帯域外領域における不要発射強度の許容値を規定することとした。

具体的には、（1）同様に、5.6 GHz 帯の小電力データ通信システムにおける帯域外漏えい電力の上限値と同様に 12.5 μ W/MHz としつつも、6425MHz の近傍は無線設備規則と ARIB 標準の厳しい方の値である 50 μ W/MHz とすることとする。50 μ W/MHz が適用される範囲は、IEEE802.11ax のスペクトルマスクで不要発射強度の許容値が 12.5 μ W/MHz 以上となる無線 LAN チャンネル近傍とし、VLP モード及び LPI モードにおいてそれぞれの占有周波数帯幅ごとに規定する。

※ 総務省 報道資料「6GHz帯無線LANの導入のための技術的条件」－情報通信審議会からの一部答申－（2022年4月19日） 一部答申（別紙1）p.124-125
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban12_02000142.html

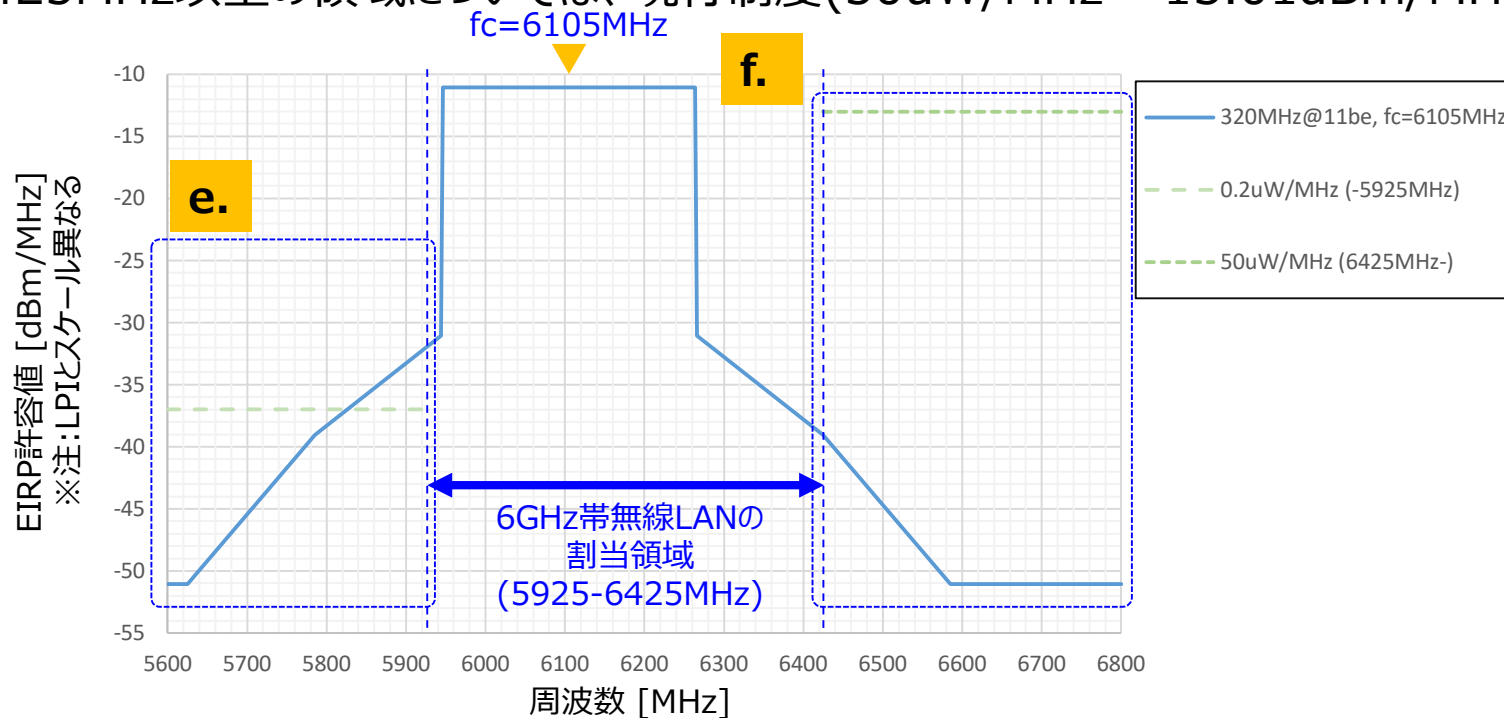
③不要発射のEIRP許容値（続き）

- 11beドラフトのマスクと現行マスクを比較（LPI/左側320MHzチャンネル($f_c=6105\text{MHz}$)の場合)
 - 空中線電力の最大値を従来のLPI同様無線機あたり200mWとし、占有帯域の電力密度を0.625mW/MHzに設定。（スペクトルマスクの「0dBr」を、「-2.04dBm/MHz」に換算）
 - 現行制度の範囲内のマスクとすることで既存システムとの共存が可能とみなせるので、その適合性を確認。
 - a. 5845.6～5925MHzの領域において現行制度(2uW/MHz=-27dBm/MHz)を5dB程度超過するが、前回一部答申を踏まえ、11beマスクより厳しい一律2uW/MHzと規定することが適当。
 - b. 6425MHz～の領域については、現行制度(50uW/MHz=-13.01dBm/MHz)に対して十分なマージンを確保。



③ 不要発射のEIRP許容値（続き）

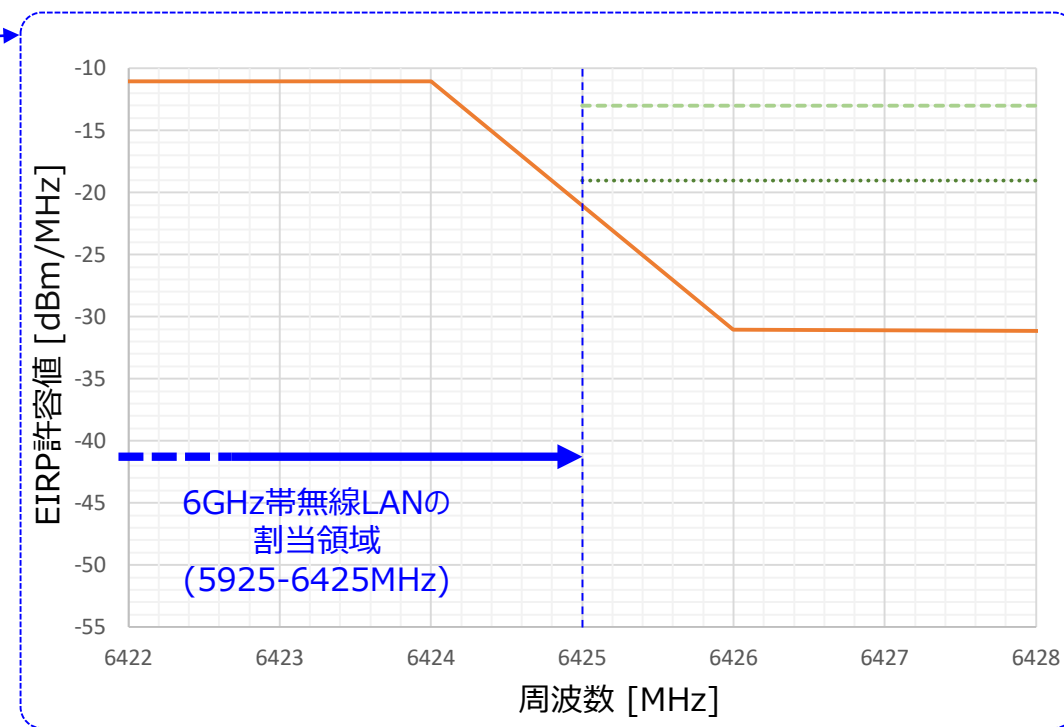
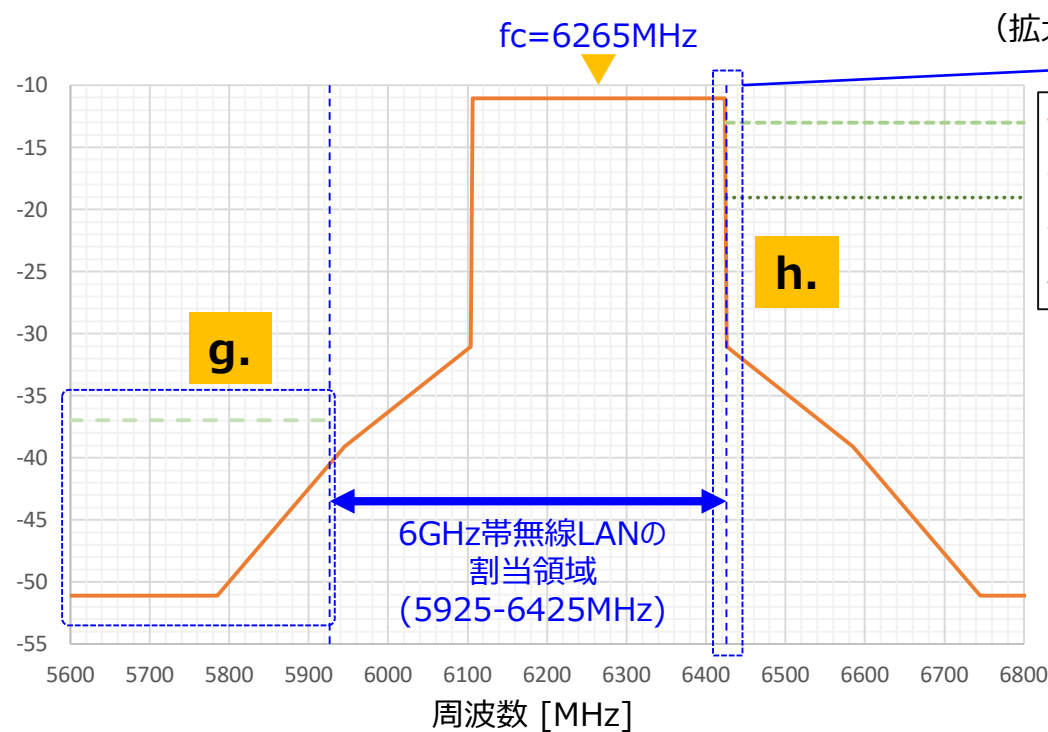
- 11beドラフトのマスクと現行マスクを比較（**VLP/左側320MHzチャンネル($f_c=6105\text{MHz}$)**の場合）
 - 空中線電力の最大値を従来のVLP同様無線機あたり25mWとし、占有帯域の電力密度を0.078125mW/MHzに設定。（スペクトルマスクの「0dBr」を、「-11.07dBm/MHz」に換算）
 - LPIと同様に、現行制度の範囲内のマスクとすることで既存システムとの共存が可能とみなせるので、適合性を確認。
- e. 5825.5～5925MHzの領域において、現行制度(0.2uW/MHz=-37dBm/MHz)を最大5dB程度超過するが、前回一部答申を踏まえ、11beマスクより厳しい一律0.2uW/MHzと規定することが適当。
- f. 6425MHz以上の領域については、現行制度(50uW/MHz=-13.01dBm/MHz)に対して十分なマージンを確保。



③ 不要発射のEIRP許容値 (続き)

- 11beドラフトのマスクと現行マスクを比較 (VLP/右側320MHzチャンネル($f_c=6265\text{MHz}$)の場合)
 - g. 5925MHz以下の領域において、現行制度($0.2\mu\text{W}/\text{MHz}=-37\text{dBm}/\text{MHz}$)に対して十分なマージンを確保
 - h. 6425MHz以上の領域において、5.6GHz帯相当($12.5\mu\text{W}/\text{MHz}$)のマスクの範囲内となるため、前回一部答申を踏まえ、一律 $12.5\mu\text{W}/\text{MHz}$ と規定することが適当。

EIRP許容値 [dBm/MHz] ※注: LPIとスケール異なる



③不要発射のEIRP許容値（続き）

- 案：320MHzチャンネルの不要発射のEIRP許容値を以下の通り規定することで、既存の共用検討結果が踏襲されるものと考えられる。

空中線電力	占有周波数帯幅	基準チャンネル	周波数の範囲	不要発射の強度の許容値 (任意の1MHzの帯域幅における 等価等方輻射電力)	基準チャンネルからの 差の周波数(f)
25mWを超え 200mW 以下 (LPI)	160MHzを超え 320MHz以下	6105MHz	5925MHz以下	2uW以下	180MHz以上
		6265MHz	6425MHz以上 6425.7MHz未満	50uW以下	160MHz以上 160.7MHz未満
			6425.7MHz以上	12.5uW以下	160.7MHz以上
25mW 以下 (VLP)	160MHzを超え 320MHz以下	6105MHz	5925MHz以下	0.2uW以下	180MHz以上
		6265MHz	6425MHz以上	12.5uW以下	160MHz以上

④送信バースト長

● 現行制度: 8ms以下

- 11ax制度化の一部答申※において、標準規格上で規定される無線フレーム長の最大長や送信ビームフォーミングのトレーニング信号等を考慮し、4msから8msに拡張。
- 前回一部答申（6GHz帯制度化）において、上記5GHz帯の送信バースト長を踏襲し6GHz帯無線LANについても8msに設定。
⇒現行制度では、5GHz/6GHzともに最大8msに統一されている(2.4GHz帯は規定なし)。
- 11beドラフトでは、MACレイヤにおいてアグリゲーション数を拡張(1024 Aggregation)しているが、無線フレームの最大長は11axと同一である(5.484ms)。
- また、ビームフォーミングのためのフレームシーケンスに一部修正が加えられているが、フレームシーケンス長が大幅に長くなるような内容ではない。
- 現行制度化において、5/6GHz帯における11a/n/ac/axの共存は最大送信バースト長8msが前提となっていることも考慮する必要がある。

● 案: 変更なし（5/6GHz帯のバースト長最大値である8msを維持）

※ 総務省 報道資料「次世代高効率無線LANの技術的条件」－情報通信審議会からの一部答申－（2019年4月26日）
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban12_04000251.html

⑤ 空中線電力

- 既存の共用条件を維持するためには、現行制度における無線局あたりの最大空中線電力（LPI:200mW/VLP:25mW）を維持する必要がある。
 - 現行制度では、帯域幅に反比例する形で最大空中線電力密度を規定。
- 案：320MHzチャンネル向けの空中線電力の上限を下表の通り定義

占有周波数帯幅	最大空中線電力密度
20MHz以下	LPI: 10 mW/MHz VLP: 1.25 mW/MHz
20MHzを超え40MHz以下	LPI: 5 mW/MHz VLP: 0.625mW/MHz
40MHzを超え80MHz以下	LPI: 2.5 mW/MHz VLP: 0.3125mW/MHz
80MHzを超え160MHz以下	LPI: 1.25 mW/MHz VLP: 0.15625mW/MHz
160MHzを超え320MHz以下	LPI: 0.625 mW/MHz VLP: 0.078125mW/MHz

新規

x 20/40

x 20/80

x 20/160

x 20/320

⑥変調方式

● 現行制度:

- OFDMA伝送における一部のRUのみの伝送を許容
- 11ax(1024-QAMを追加、サブキャリア間隔変更) 対応の一部答申※ (右に引用) おいて、変更は行われていない。

● 11be:

- 11axと同様にOFDMをベースとしており、サブキャリア配置も同等。新規で4096-QAMを追加し320MHz向けのRU配置を定義しているが、帯域拡大以外の技術的条件に対する影響は無い。

● 案: 変更なし

3.1.8. 変調方式

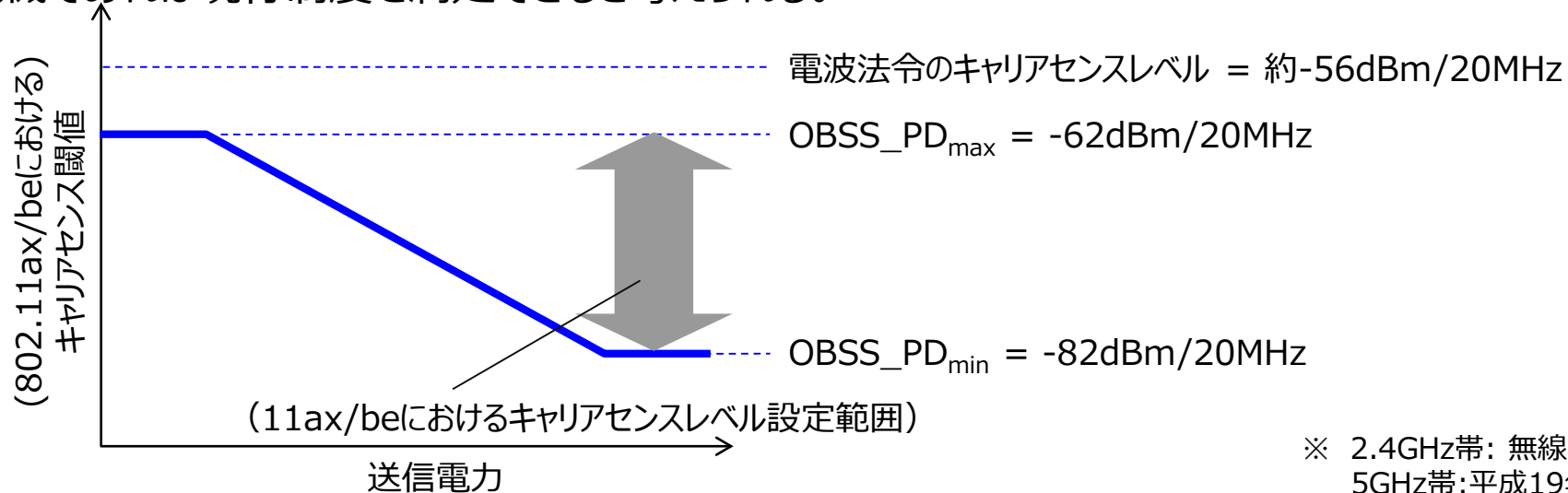
802.11axはOFDMを用いるため、従来どおりの変調方式としてOFDMを規定することが望ましい。また、802.11axではユーザ多重方式として上り/下りリンクOFDMAを用いるが、OFDMAはトーン(サブキャリア)が互いに直交配置されているため、信号形式としてはOFDMに包含される。OFDMの信号形式を定めるサブキャリア密度規定について、現行基準では「1MHz当たり1」以上としている。802.11axでは、サブキャリア間隔を11acの1/4(78.125kHz)としており、現行の技術基準の範囲となる。また、20MHzよりも狭い周波数リソースを用いる狭帯域のUL-OFDMA信号については、占有周波数帯幅を $20\text{MHz} \times 2^n$ ($n=0, 1, 2, 3$) で定義すると、パケットのペイロード部分(RU)におけるサブキャリア本数が疎となり、ごく一部のRU(全113パターンのうち4パターン)については、1MHz当たりのサブキャリア数が1以下となる場合が存在する。しかし、無線フレームのうちプリアンブル部分は従来と同様に $20\text{MHz} \times 2^n$ ($n=0, 1, 2, 3$) の帯域を持つため、現行基準を満足していると解釈される。また、11axは新たに1024QAMを採用しているが、サブキャリア変調方式については、国際的に特段の限定がないことから、我が国における次世代高効率無線LANの導入においても限定しないこととする。なお、現行の技術基準においてサブキャリア変調方式に関する項目(変調精度等)は存在しない。

※ 総務省 報道資料「次世代高効率無線LANの技術的条件」 - 情報通信審議会からの一部答申 - (2019年4月26日)
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban12_04000251.html

⑦ キャリアセンス

- 現行制度※：5/6GHz帯は閾値を100mV/m(約-56dBm/20MHz)としてキャリアセンスを実施。2.4GHz帯はOFDMを用いた40MHzシステム(11n/axが対象)のみ実施義務(具体的な閾値規定は無し)。
 - キャリアセンスは同一帯域内で運用される免許不要局同士の共存を目的とした規定である。
 - 11beにおけるキャリアセンス閾値は11ax以前を踏襲し周波数帯幅によらず20MHzあたりの閾値を電力で規定(320MHzチャンネルでも同様)
 - 閾値の設定範囲も11axを踏襲しており現行制度よりも低いレベル(現行制度より厳格な規定、下図)。
 - 無線フレームの優先制御やスケジューリングに関する規定(MRU, R-TWT, EPCS Priority Access)範囲はMACレイヤのみとなっており、既存の物理レイヤのキャリアセンス規定を前提としている。

⇒11be準拠無線機であれば現行制度を満足できると考えられる。



- 案：キャリアセンスレベルについては、変更なし

※ 2.4GHz帯：無線設備規則第四十九条第二十ホ
5GHz帯：平成19年総務省告示第48号
6GHz帯：令和4年総務省告示第291号

まとめ：11be導入に必要なとなる電波法令の見直し項目（案）

- 11be無線LANにおける新機能と関連する電波法令の項目との関係性を示す。

～IEEE 802.11be技術～

A) チャンネル幅拡大 (320MHz)

B) 多値変調拡大 (4096-QAM)

C) MRU

D) R-TWT

E) 1024 Aggregation

F) Preamble Puncturing

G) ML

H) EPCS Priority Access

～電波法令における主な規定～

① 占有周波数帯幅・中心周波数

② 伝送速度

③ 不要発射のEIRP許容値

④ 送信バースト長

⑤ 空中線電力

⑥ 変調方式

⑦ キャリアセンス

