

# 固定通信システムの動向および標準 化動向

2020年9月

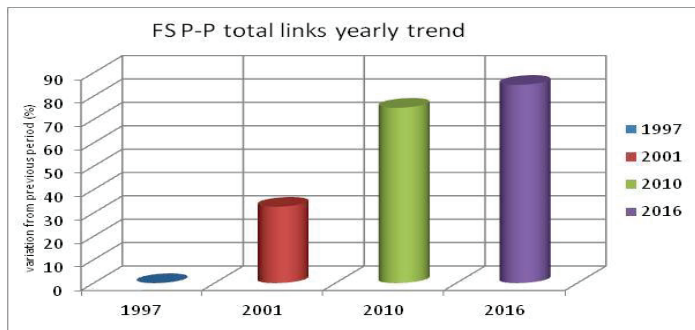
ノキアソリューションズ&ネットワークス合同会社

NOKIA

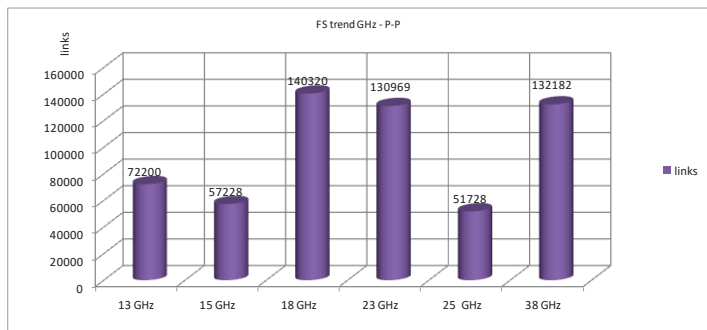
# 固定通信システムの海外動向

# 固定無線システムの成長(欧州)

全回線数の近年のトレンド



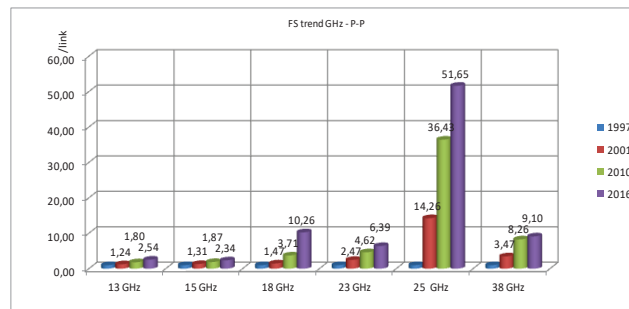
2017年の周波数帯別稼働回線数



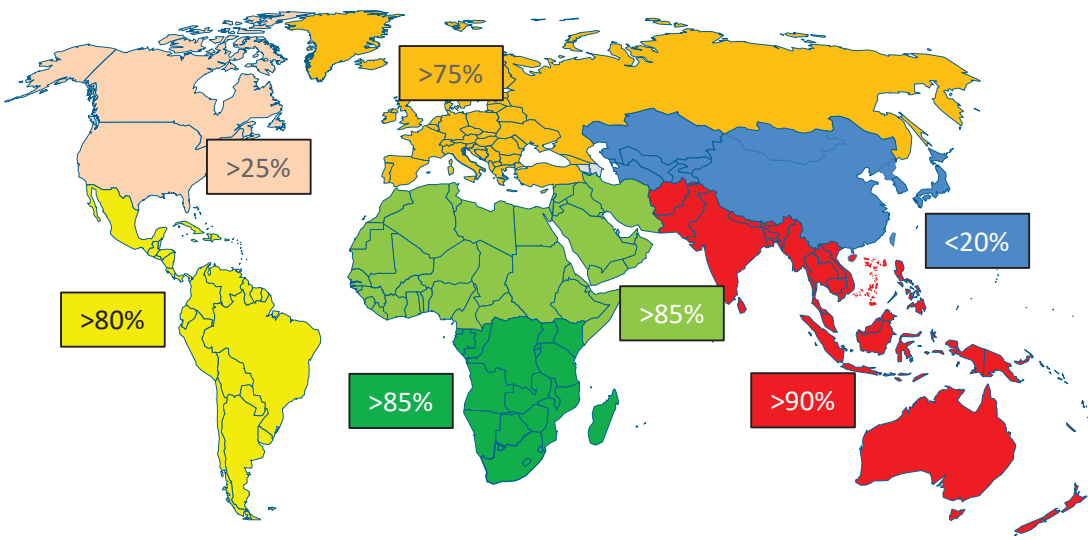
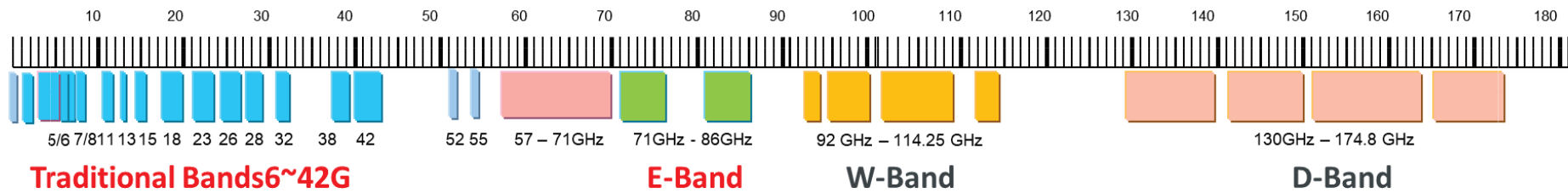
- 欧州ECCLレポート 173(2018年改版)

- 2016年CEPT調査で、回答国の合計でP-P 回線数740000
- 1997-2016年で、年率 8.5%の成長
- 主に3G/4Gの成功が寄与
- フランスでは80%が移動通信事業者による利用
- 18, 23, 38 GHz帯がよく使われており、それぞれ10万回線以上
- 前回調査と比べ、18 GHz帯が 23 GHz帯と38 GHz帯を上回り、また、25GHz帯も近年急速に伸びている

1997年を1としたときの伸び率

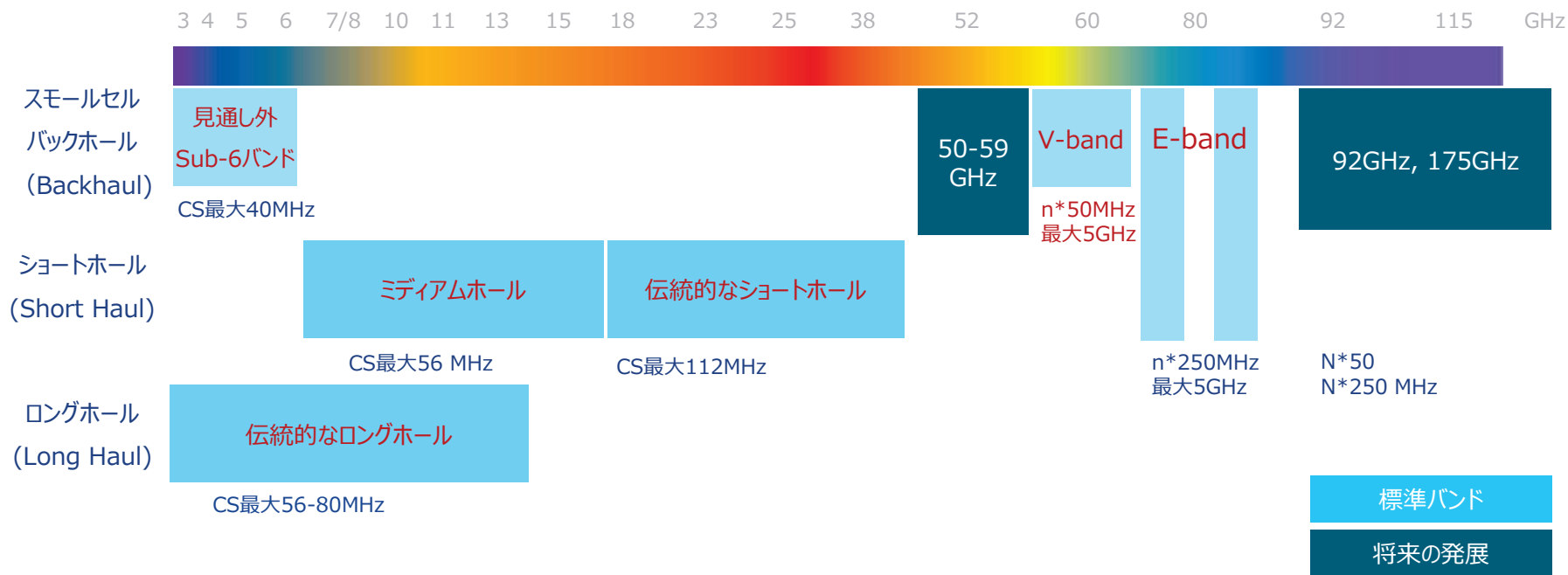


# 移動体通信における無線バックホールの役割



- 全世界では400万回線が稼働中
- 地域により差が大きいですが、世界的にはマクロ基地局の7割以上が無線バックホールで接続されている。
- 光ファイバー回線接続が得られない、もしくは高価すぎるエリアが大半を占めている。
- このため、多くの国において、固定マイクロ波回線のための適切な周波数割当、制度整備が、4Gや5Gシステムの迅速な導入のために重要となっている。
  - 無線バックホールは様々な地形条件への対応や、迅速なネットワーク展開およびコスト面で優位な事が多い。より高度なシステムの需要増。

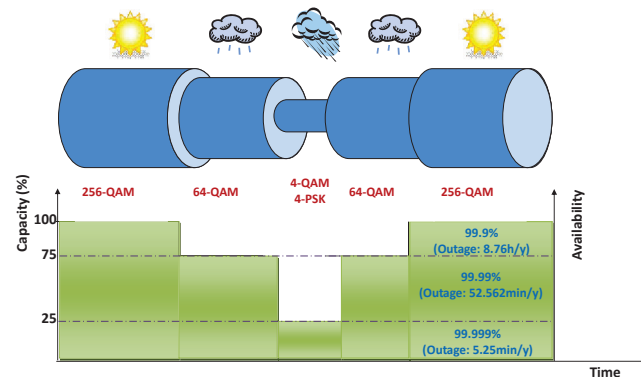
# 周波数利用の進化



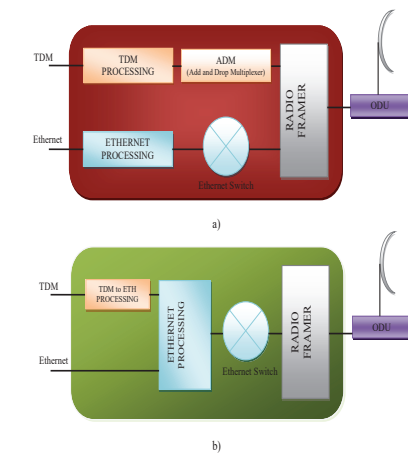
高い周波数帯、広いチャネル帯域幅へのトレンド

# 技術トレンド

- 高次の変調方式（最大4096 QAMまで）
- 広いチャネル幅
  - CEPTでは18GHz帯以上でCS224MHzの規格化が検討されている
  - ただしこの帯域は混み合ってきておりチャネル幅を増やす余地は少なくなっている
- TDM/Ethernetハイブリッドから完全パケット方式へ
  - 異なるQoS レベルの対応に適している
- 適応変調符号化技術
  - 伝搬及び干渉条件の変化に適応
  - プライオリティ制御に基づく適応
- キャリアアグリゲーション
  - 周波数バンド間アグリゲーション(低いバンドはリンクの安定性・継続性、高いバンド（E-band等）はベストエフォートで高伝送容量を達成）
  - 同一周波数バンド内非隣接チャネル間アグリゲーション(混み合った帯域では隣接複数チャネルを使うのは難しいので離れたキャリアによるキャリアアグリゲーションのほうが実現性が高い。キャリア間の送信マスクの緩和が必要。)
- 新しい周波数帯
  - Dバンド、Wバンド



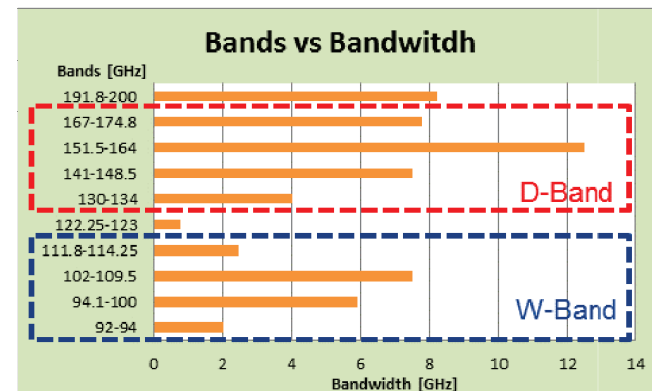
## 適応変調の例



Hybrid MWからPacket MWへ

## D/Wバンドの動向

- 固定無線での想定用途：5G基地局等のショートバックホール、およびIAB(Integrated Access and Backhaul)等
  - 幅広い帯域が利用可能、CS 250MHz, 128QAMで1Gbps、アグリゲーションにより最大10~40Gbpsまで
  - 電波伝搬はE-bandとくらべて極端には劣らない。(FSL 130dB/km vs 132/136 dB/km,降雨の影響も小)
  - 大伝送容量のショートバックホール用途に適合
- ETSI ISG mWTの2015年以降のプロモーションによりW-bandおよびD-bandの開発、標準化、制度化の流れが加速。
- CEPTでも検討が進められ、周波数アレンジメントに関して、ECC勧告(ECC/REC(18)01, ECC/REC(18)02, ECC/REC(14)01)が2018年に承認。
- 欧州のHorizon 2020下の研究開発プロジェクトとしても予算がついており、dream (D-band Radio solution Enabling up to 100 Gbps reconfigurable Approach for Meshed beyond 5G networks)に引き続き、DRAGON (D-band RAdio 5G netwOrk techNology)が承認。
- また、米国で発足したmmWave Coalitionの働きかけなどにより、FCCで未整備であった95GHz帯以上の利用の検討が進んでいる。Spectrum Horizons Licenseと呼ばれる実験用ライセンスにより、新帯域における新システムの研究開発が促されている。さらに、一部の帯域、116-123, 174.8-182, 185-190, 244-246GHzについては免許不要としている。
- 今後さらに、標準化、製品開発が進む見込み。



欧州におけるDバンド、Wバンドの周波数帯および帯域幅

NOKIA

# 固定マイクロ波の制度と標準規格



## 欧米の制度概要

### 周波数帯

- 概ね同様の周波数帯の割当が95GHz帯程度までの割り当てがある。

### 周波数アレンジメント

- 周波数帯ごとにいくつかの周波数アレンジメントがあるが、欧米間で異なる。
- ITU-R勧告には周波数帯毎に様々なアレンジメントが規定されているが、各主管庁から提案されたものがそれぞれ反映されており、国際調和が進んでいるわけではない。
- 欧州でもERC/ECC Recommendations のみで、より強制力の高いECC Decisionや EC Decisionはない。また勧告化されていないレガシーシステムも一部残っている。

### チャンネル間隔(Channel Separation)

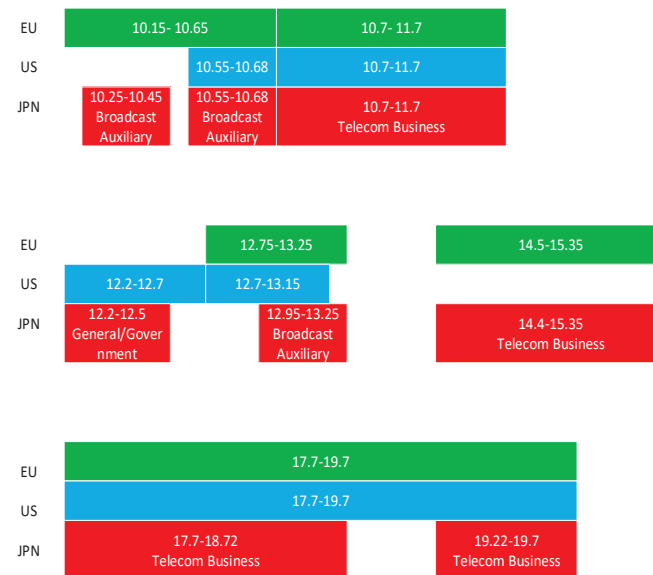
- 周波数帯毎に複数のCSが規定されている。
- 欧州のコアバンド(6~42 GHz)ではCSは 1.75 /3.5 MHz~112 MHz、ただし、11GHz以下のレガシーシステムでは例外もあり。
- 米国ではCSは5MHzの倍数または約数。
- 71-76 GHz / 81-86 GHz では250 MHzの倍数

### ライセンス方式

- 日本のように回線毎のライセンスおよび集中管理による干渉調整が中心である。
- 新規バンドにおいては免許人に対する周波数ブロック割り当てを導入している国もある。
- 大手免許人への優先割り当てが導入されている国もある。
- そのほか、70/80GHz帯では登録制、5.8/60GHz帯では免許不要等などの導入国もある。

欧米以外の国では、欧米システムを参考にシステムが導入されている事が多い。

日米欧における割り当て(11-18GHz帯)



## CEPT/FCCで規定される周波数帯およびチャンネル間隔(11-18GHz帯)

地域	周波数帯	チャンネル間隔 (MHz)	注
CEPT	10.0-10.68 GHz	3.5; 7; 14; 28	ERC/REC12-05, ITU-R F.747
	10.7-11.7 GHz	28; 40 (勧告外の7/14 MHz 導入国もあり)	ERC/REC12-06, ITU-R F.387
	12.75-13.25 GHz	1.75; 3.5; 7; 14; 28; (56)	ERC/REC12-02, ITU-R F.497
	14.5-14.62//15.23-15.35 GHz	1.75; 3.5; 7; 14; 28; 56	ERC/REC12-07, ITU-R F.636
	17.7-19.7 GHz	13.75; 27.5; 55; 110	ERC/REC12-03, ITU-R F.595
FCC	10.55-10.68 GHz	400; 800 kHz; 1.25; 2.5; 3.75; 5 MHz	
	10.7-11.7 GHz	1.25; 2.5; 3.75; 5; 10; 30; 40; 80 MHz	
	12.2-12.7 GHz	レガシー(新規割り当てなし)	
	12.7-13.25 GHz	5; 8.33; 12.5; 25; 50 MHz	
	17.7-19.7 GHz		
	- 17.70-17.74 GHz	1.25; 2.5; 5 MHz	単方向
	- 17.06-18.15 // 19.62-19.70	1.25; 2.5; 5 MHz	
	- 18.140-18.142	2 MHz	単方向
	- 18.76-18.82 //19.10-19.16	5 MHz	
	- 17.7-18.14 //19.26-19.7	10; 20; 30; 40; 50; 80 MHz	
- 18.58-18.82 // 18.92-19.16	10; 20 MHz		

## 標準規格概要

		欧州	米国
RE指令		2014/53/EU	無線機器の無線インターフェースの標準規格は無し。47 CFR Part 101 Fixed Microwave Servicesにて規定。
PtP 標準		ETSI EN 302 217	
PMP 標準		ETSI EN 302 326	
関連標準	Safety	EN 60950-1; EN 60825-1; EN 60825-2	GR-1089; GR-3108
	EMC	EN 301 489-1; EN 301 489-4	GR-1089; IEEE1613
	Metro Ethernet Forum	MEF 2.0, MEF 8, MEF 9, MEF 14; MEF 22	

- 標準規格EN 302 217シリーズがETSIにより制定されており、無線機の規格であるEN 302 217-2は欧州整合規格として承認済みである。
- 米国では無線インターフェースの標準規格は制定されていないが、Title 47 of the Code of Federal Regulationsに固定マイクロ波の技術的基準が制度化されている。
- チャンネル間隔やデュプレックス間隔は両地域で必ずしも同じではないが、不要輻射等の欧州規格はより厳しい条件になっている。
- 欧州規格に準拠した無線機であれば、サンプリングクロックのスケーリングによりFCC規則を満たす事が可能である。

## EN 302 217 システムパラメータ概要

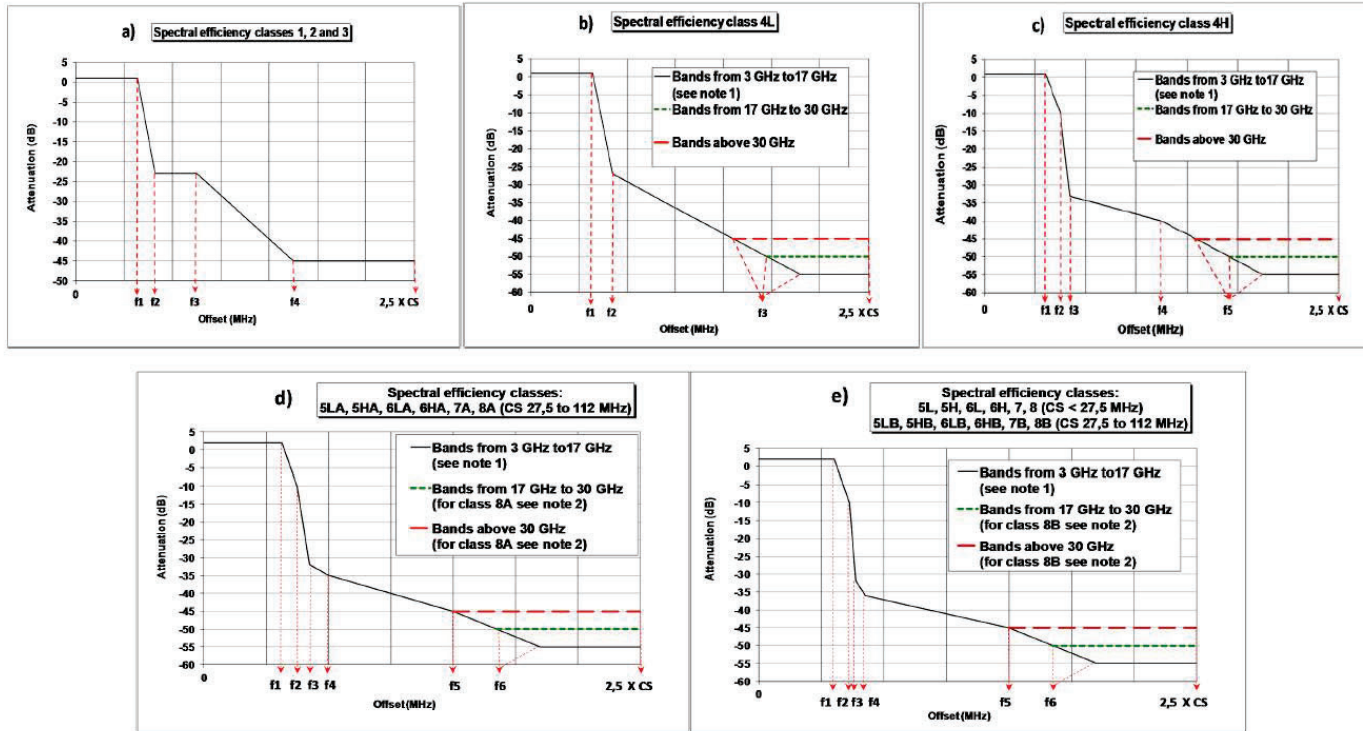
パラメータ	レンジ
周波数	1 GHz ~ 86 GHz
トラフィック容量	9.6 kbit/s ~ 622 Mbit/s 一番高い周波数帯では ~ Gbit/s あるいはそれ以上
チャンネル間隔	25 kHz ~ 112 MHz 一番高い周波数帯では ~ GHz あるいはそれ以上
変調フォーマット	BPSK ~ 2048 QAM
アプリケーション	P-P コネクション: ルーラル/アーバン 低/中/高 容量 リンク (移動通信インフラ), 伝送/中継回線 (ロングホール), FWA/BWA/MWAバックホール, アクセス回線, 政府系 (非軍事)リンク, プライベート固定ネットワーク, 放 送業務用 P-P 音声 及び ビデオ リンク スタンド アローン アンテナ: 統合アンテナでない場合、上記すべての例に対応

## EN 302 217 無線機規格概要(11/15/18GHz帯)

パラメータ	レンジ
空中線電力許容偏差	+/-2 dB
周波数偏差	+/-15 ppm
占有帯域幅	規定なし
スペクトルマスク	周波数帯およびspectrum efficiency classと呼ばれる周波数利用効率の異なるシステムごとに規定
スプリアス輻射	ITU-R勧告SM.329 Category B相当
アンテナ利得	複数のRPE(radiation pattern envelope)クラス(1~4) が規定されておりサイドローブ(離隔5度以上)の抑圧を規定している。
受信感度	各送信レート(変調、CS)においてBER=10 <sup>-6</sup> , 10 <sup>-8</sup> , 10 <sup>-10</sup> を満たす受信電力が規定される
受信機選択度	同一チャネル、隣接チャネル、次隣接チャネル選択度が規定される。不要波は希望波と同じシステムとし同帯域幅とし、各送信レート(変調、CS)で、EN 302 217-2に規定のC/IにおいてBER=10 <sup>-6</sup> の受信機感度の劣化が1dB(3dB)以内に収まること。
受信機ブロッキング/スプリアスレスポンス	各送信レート(変調、CS)において、スプリアス領域でCW干渉波+30dBで、BER=10 <sup>-6</sup> の受信機感度の劣化が1dB以内に収まること。(ただしCS 14MHz以下の場合は5xCSまでは+20dB)
受信機スプリアス輻射	いわゆる副次発射で、送信スプリアスと同様の条件を満たす事
IRF	規定なし

※比較すると、主にIRF、雑音指数、受信所要CNRが日本特有の要件。

# スペクトルマスク (EN 302 217-2)



NOTE 1: See note (1) in table 3a through table 3g.

NOTE 2: For classes 8, 8A and 8B the limit for bands within the range 17 GHz to 30 GHz is valid also above 30 GHz; see note (2) and note (3) in table 3d through table 3f and note (1) and note (2) in table 3g.

Figure 7: Spectrum masks (frequency bands in the range below 57 GHz)

**NOKIA**