

ミリ波帯4K・8K-FPUに関する ARIB規格改定の動向

2016年12月5日

一般社団法人電波産業会（ARIB）
素材伝送開発部会
地上無線素材伝送作業班
ミリ波素材伝送TG

ミリ波帯4K・8K-FPUの規格改定の背景

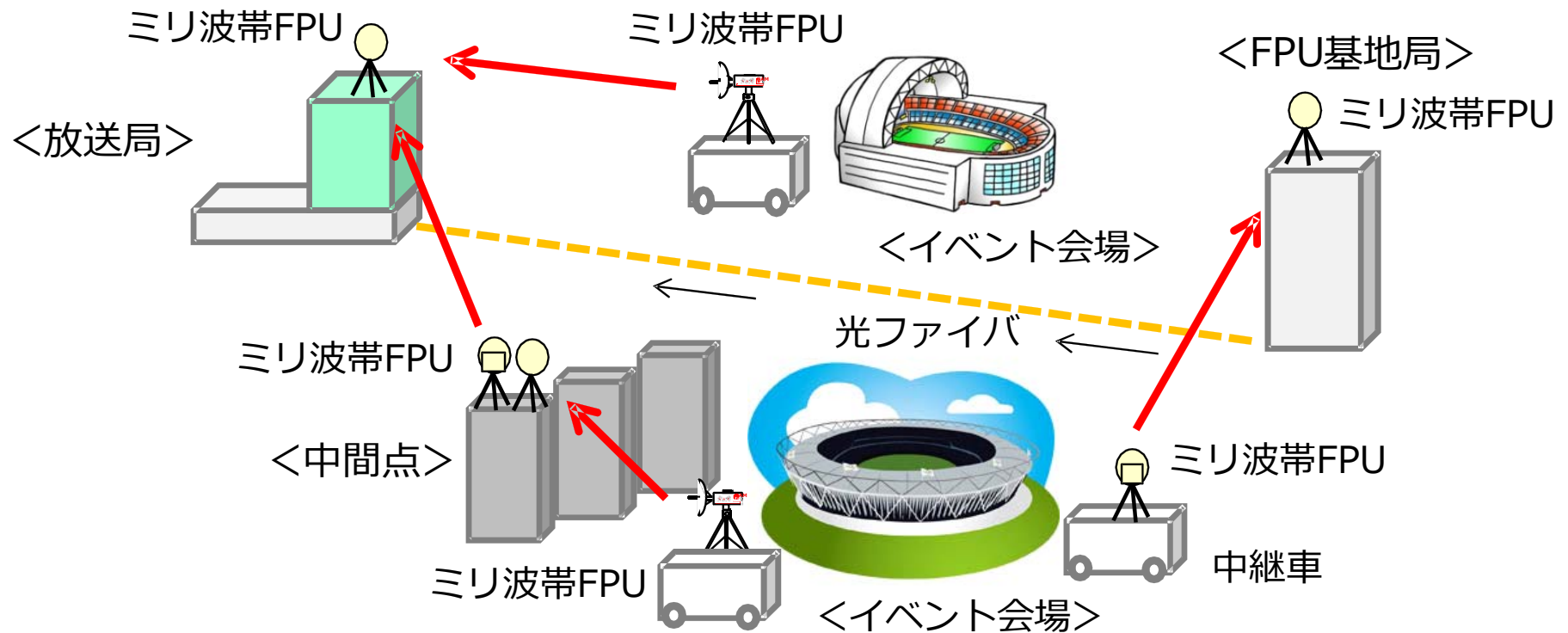
1

- 4K・8K素材伝送の実現に向けて、高伝送容量で低遅延の伝送が可能なミリ波帯の活用が期待されている。
- ミリ波帯デジタル方式FPUは、平成19年に42GHz帯及び55GHz帯で制度化され、平成20年にARIBの標準規格（ARIB STD-B43）が策定されているが、未だ利用は少ない状況（平成28年11月時点で16局）。
- 半導体技術の進展等により、ミリ波帯デジタル方式FPUにおいて大容量伝送の実現が可能となったことから、ARIB STD-B43を改定して4K・8K素材伝送への対応を行うことにより、ミリ波帯の利用促進を図る。

ミリ波帯4K・8K-FPUの利用シーン

2

- 放送局外（イベント会場）から放送局へ、4K・8K番組素材を無線伝送
 - 放送局外から直接、放送局まで伝送
 - 放送局外からFPU基地局を介して放送局まで伝送
 - 放送局外から中間点を設けて放送局まで伝送



ミリ波帯4K・8K-FPUの要求条件

3

□ 映像ビットレート

- 素材伝送用HEVCコーデック評価JTGの実験結果
素材伝送（3回カスケード）の要求条件を満足する映像ビットレート
(60P、通常遅延)

	映像ビットレート	伝送ビットレート(204バイトTS)
4K	145Mbit/s	174Mbit/s
8K	285Mbit/s	326Mbit/s
	383Mbit/s	434Mbit/s

- 映像フレームレート120Pや超低遅延コーデックへの対応も考慮して、383Mbit/s（伝送ビットレート434Mbit/s）以上を想定

□ 伝送距離

- 3km以上（降雨時含む）

ミリ波帯デジタル方式FPUの主な技術基準（１）

- 平成19年にミリ波帯デジタル方式FPUを制度化
 - 42GHz帯及び55GHz帯にシングルキャリア方式及びOFDM方式（MIMOを含む）を導入

無線設備 規則	電波法関係 審査基準	情報通信審議会 答申		放送システム委員会報告（抜粋）
		項目	内容	
○	○	周波数帯	42GHz帯： 41.0～42.0GHz 55GHz帯： 54.27～55.27GHz	緊急報道などでの在京放送局の需要を考慮し、8ch以上を同時に利用できる1GHz幅の周波数帯が必要
○		通信方式	単向通信方式又は同報通信方式	FPU、ワイヤレスカメラの本線等として単向通信方式、リターン信号等の伝送は同報通信方式
		周波数配置	125MHzシステム （ハーフモード）： 62.5MHz間隔×16ch （フルモード）： 125MHz間隔×8ch 500MHzシステム： 500MHz間隔×2ch 1GHzシステム： 1GHz×1ch	42GHz帯と55GHz帯で共通 125MHzフルモードで8ch確保 初期段階での機器の実現性や運用の柔軟性を考慮し、ハーフモードを導入
○		変調方式	位相変調、直交振幅変調、直交周波数分割多重変調	ミリ波の利用拡大のために、今後の新しいアプリケーションへの対応可能性を考慮
		伝送容量	伝送帯域幅と変調方式から決まる値	ミリ波の利用拡大のために、今後の新しいアプリケーションへの対応可能性を考慮
		偏波	特に規定しない	ミリ波の有効利用のために、各種のアプリケーションに合わせた最適な偏波を利用

ミリ波帯デジタル方式FPUの主な技術基準（２）

無線設備 規則	電波法関係 審査基準	情報通信審議会 答申		放送システム委員会報告（抜粋）
		項目	内容	
	○	占有帯域幅の 許容値	[シングルキャリア方式] 125MHzシステム （ハーフモード）： 54MHz （フルモード）： 106MHz 500MHzシステム： 425MHz 1GHzシステム： 841MHz [OFDM方式] 125MHzシステム （ハーフモード）： 60MHz （フルモード）： 112MHz	周波数配置から周波数の許容偏差を考慮 シングルキャリア方式は、ロールオフ率 0.3～0.5のロールオフを考慮
○	○（最大）	空中線電力の 最大値・許容偏差	最大値： 1W 許容偏差： 上限50%、下限50%	MIMO伝送方式の場合には、空中線電力の 総和がこの値を上限とすることが適当
○		周波数の許容偏差	シングルキャリア方式： 25×10^{-6} OFDM方式： 7×10^{-6}	OFDM方式はマイクロ波の規定と統一 シングルキャリア方式は、アナログ方式の 規定と統一
○	○	電波の形式	G7W、D7W、X7W	ミリ波の利用拡大のために、今後の新しい アプリケーションへの対応可能性を考慮
○		スプリアス	[帯域外領域] 42GHz帯： 100μW以下 55GHz帯： 50μW以下 [スプリアス領域] 42GHz帯、55GHz帯： 50μW以下	MIMO伝送方式を用いる場合には、スプリ アス発射又は不要放射の電力値の全送信装 置にわたる総和の最大値が許容値を満たす ように規定

ミリ波帯デジタル方式FPU標準規格ARIB STD-B43の改定案

6

□ 技術規定…125MHzシステム※について、4K・8Kの伝送が可能な規定に改定

※500MHz及び1GHzシステムは現行規格で4K・8K素材伝送の対応が可能

<125MHzシステム>

項目	ARIB STD-B43 現行規格	ARIB STD-B43 改定案
<最大伝送ビットレート>	・8PSK-SC、16QAM-SC、16QAM-OFDM、16QAM-MIMO-OFDM（ハーフモードのみ）について、2K伝送を想定して規定 ・最大伝送ビットレートは、446Mbit/s以下（16QAM-OFDM:フルモード及び16QAM-MIMO-OFDM:ハーフモードの時） SC：シングルキャリア	・「伝送帯域幅と変調方式から決まる値とする。」旨規定 ・マイクロ波帯のシングルキャリア方式（STD-B11）及びOFDM方式（STD-B33）の最大伝送ビットレートに対して、フルモード、ハーフモードそれぞれ伝送帯域幅に比例した値を目安として明記（BPSK～64QAM） ・OFDM方式について、MIMOの適用を考慮して、各空中線端子についての値とする
<所要C/N>	BPSK～16QAMについて規定	BPSK～16QAMに加えて、32QAM、64QAMまで拡張して規定する
（参考）変調方式	・シングルキャリア：PSK, QAM ・OFDM：64QAM, 32QAM, 16QAM, QPSK, DQPSK, BPSK, DBPSK	（変更なし）

ミリ波帯デジタル方式FPU標準規格ARIB STD-B43の改定案

7

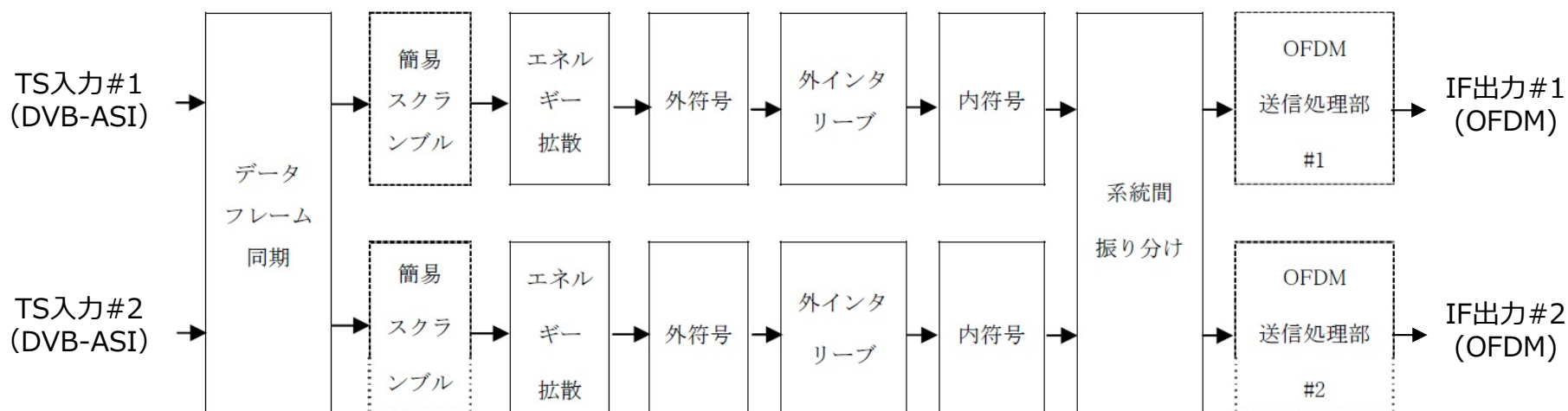
□ メーカー間互換性規定…4K・8K素材伝送が可能な規定に修正

課題	ARIB STD-B43 改定案
1. 8K番組素材の伝送ビットレートは、434Mbit/s以上を想定	1. MIMO-OFDM方式を125MHzシステムのフルモードに拡張する
2. DVB-ASIの最大TSレートが約213Mbit/s	2. 外部との213Mbit/sを超えるTS入出力は、DVB-ASIの2系統や、GbE（TS over IP）で行う
3. ビタビ復号の処理速度の上限を上回る	3. 誤り訂正処理を2系統に並列化して処理速度を下げる

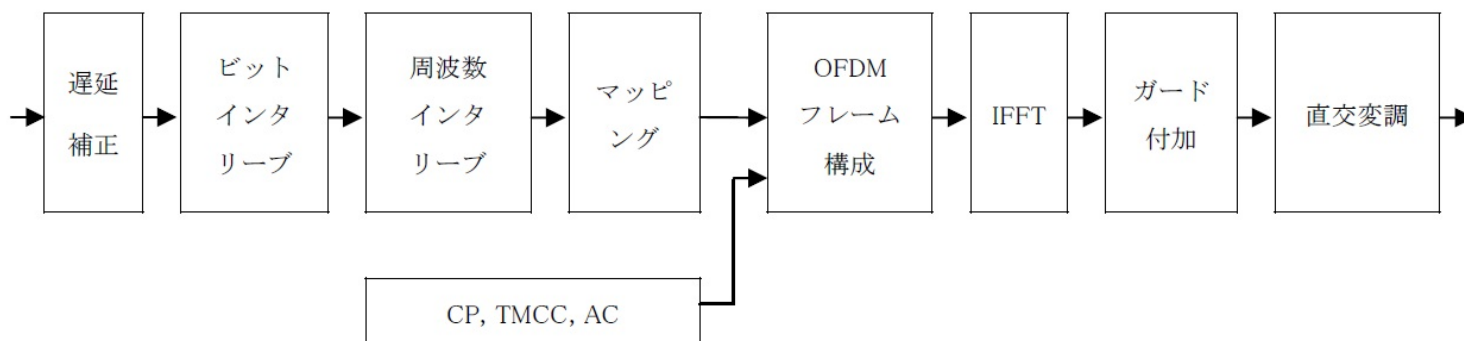
ミリ波帯デジタル方式FPU標準規格ARIB STD-B43の改定案

8

□ MIMO-OFDM方式の変調器ブロック構成



(a) MIMO送信処理部（2系統で処理する方法）



(b) OFDM送信処理部

ミリ波帯デジタル方式FPU標準規格ARIB STD-B43の改定案

9

□ 2x2MIMO-OFDM回線設計例（フルモード） TSレート480Mbit/s

変調方式 (符号化率)	16QAM (3/4)	16QAM (3/4)	16QAM (3/4)	16QAM (3/4)
送信周波数 f [GHz]	42.0	55.0	42.0	55.0
送信出力 W [W]	0.5	0.5	0.1	0.1
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0	20.0	20.0
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	40.0	40.0	40.0	40.0
送信給電線損失 Lt [dB]	0.5	0.5	0.5	0.5
実行放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	66.5	66.5	59.5	59.5
伝送距離 d [m]	4159	3224	3320	2571
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	137.3	137.4	135.3	135.5
大気(酸素+水蒸気)による吸収損失 [dB] 0.2dB/km@42GHz, 5dB/km@55GHz	0.83	0.64	0.66	0.51
降雨減衰マージン [dB](偏波 V と H の平均) 5.8dB/km@42GHz, 7.5dB/km@55GHz 降雨強度 20mm/h	24.12	24.18	19.25	19.28
所要マルチパスマージン Fmr [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	40.0	40.0	40.0	40.0
受信給電線損失 Lr [dB]	0.5	0.5	0.5	0.5
受信電力 Ci [dBm]	-60.2	-60.2	-60.2	-60.2
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
等価雑音帯域幅 B [MHz]	109.2	109.2	109.2	109.2
等価雑音帯域幅 B [dBHz]	80.4	80.4	80.4	80.4
受信機雑音指数 F [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信機熱雑音 Ni=kT ₀ BF [dBm]	-83.4	-83.4	-83.4	-83.4
受信機熱雑音 C/N [dB]	23.2	23.2	23.2	23.2
所要 C/N [dB]	17.2	17.2	17.2	17.2
伝送マージン [dB]	6.0	6.0	6.0	6.0

※直交偏波を用いることを前提とし、片側偏波の回線計算を示した。降雨減衰は 42.0GHz における垂直、水平偏波の降雨減衰の平均をとって 5.8dB/km とした。55GHz 帯について同様に 7.5dB/km とした。伝送マージンは、この場合の MIMO 信号分離処理のされやすさから、OFDM 方式の値である 6.0dB とした。

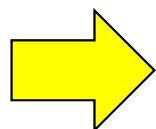
□ 2x2MIMO-OFDM回線設計例（ハーフモード） TSレート：240Mbit/s

変調方式 (符号化率)	16QAM (3/4)	16QAM (3/4)	16QAM (3/4)	16QAM (3/4)
送信周波数 f [GHz]	42.0	55.0	42.0	55.0
送信出力 W [W]	0.5	0.5	0.1	0.1
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0	20.0	20.0
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	40.0	40.0	40.0	40.0
送信給電線損失 Lt [dB]	0.5	0.5	0.5	0.5
実行放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	66.5	66.5	59.5	59.5
伝送距離 d [m]	4537	3518	3676	2848
自由空間伝搬損失 $(\lambda/4\pi d)^2$ [dB]	138.0	138.2	136.2	136.3
大気(酸素+水蒸気)による吸収損失 [dB] 0.2dB/km@42GHz, 5dB/km@55GHz	0.91	0.70	0.74	0.57
降雨減衰マージン [dB](偏波 V と H の平均) 5.8dB/km@42GHz, 7.5dB/km@55GHz 降雨強度 20mm/h	26.31	26.38	21.32	21.36
所要マルチパスマージン Fmr [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	40.0	40.0	40.0	40.0
受信給電線損失 Lr [dB]	0.5	0.5	0.5	0.5
受信電力 Ci [dBm]	-63.3	-63.3	-63.3	-63.3
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8
等価雑音帯域幅 B [MHz]	54.4	54.4	54.4	54.4
等価雑音帯域幅 B [dBHz]	77.4	77.4	77.4	77.4
受信機雑音指数 F [dB]	10.0	10.0	10.0	10.0
受信機熱雑音 Ni=kT ₀ BF [dBm]	-86.5	-86.5	-86.5	-86.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	23.2	23.2	23.2	23.2
所要 C/N [dB]	17.2	17.2	17.2	17.2
伝送マージン [dB]	6.0	6.0	6.0	6.0

※直交偏波を用いることを前提とし、片側偏波の回線計算を示した。降雨減衰は 42.0GHz における垂直、水平偏波の降雨減衰の平均をとって 5.8dB/km とした。55GHz 帯について同様に 7.5dB/km とした。伝送マージンは、この場合の MIMO 信号分離処理のされやすさから、OFDM 方式の値である 6.0dB とした。

□ ミリ波帯4K・8K-FPU

- 400Mbit/sを超える伝送レートを実現
- 回線計算により、降雨時でも3km以上の伝送が見込める
- ARIBにて、ミリ波帯デジタル方式FPUの標準規格（STD-B43）に、ミリ波帯4K・8K-FPUに関する技術規定を追加する改定作業中
（平成29年3月頃を予定）



最新の技術動向を考慮してARIB規格を改定し、ミリ波帯4K・8K-FPUを実現することで、ミリ波帯の利活用を推進する。

補足資料

42GHz帯4K・8K-FPU (NHK試作)

12

- 現行制度の範囲で実現
- 大容量伝送を実現するために2×2偏波MIMO方式を採用
- 送受信機およびアンテナは1対向のセットで可搬性を実現



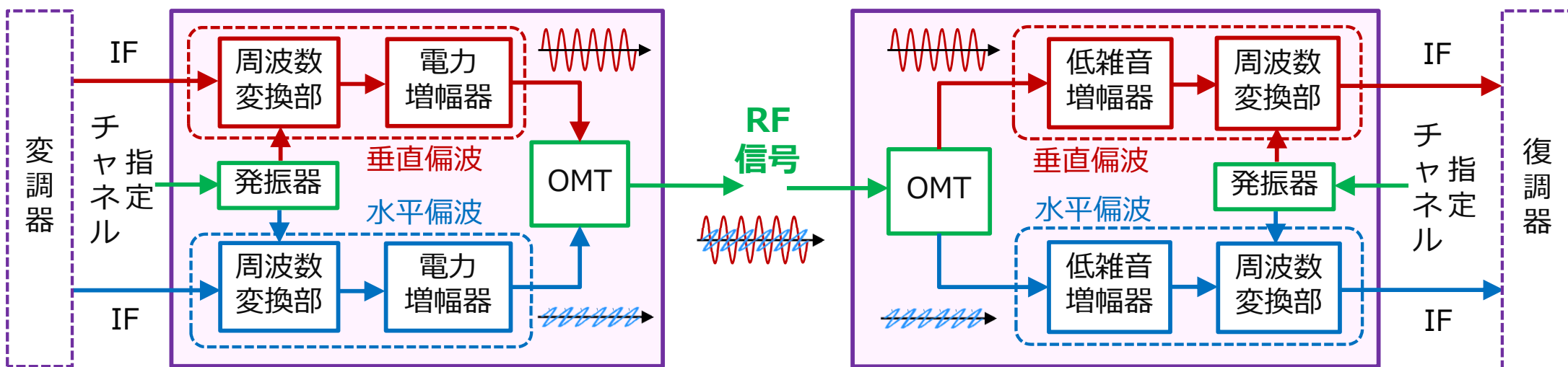
42GHz帯4K・8K-FPU送受信機（NHK試作）

13

- ❑ 2系統のIF信号を垂直偏波と水平偏波で伝送
- ❑ OMTを内蔵し、送受信機内で偏波合成及び分離することで筐体を一体化

42GHz帯送信機

42GHz帯受信機



周波数変換部：

IFからRFへ周波数変換（送信機）、または、RFからIFへ周波数変換（受信機）するブロック

電力増幅器：

送信信号が所定の送信電力となるように電力を増幅するブロック

OMT（Ortho-mode Transducer）：

直交する直線偏波の信号を合成または分離するブロック

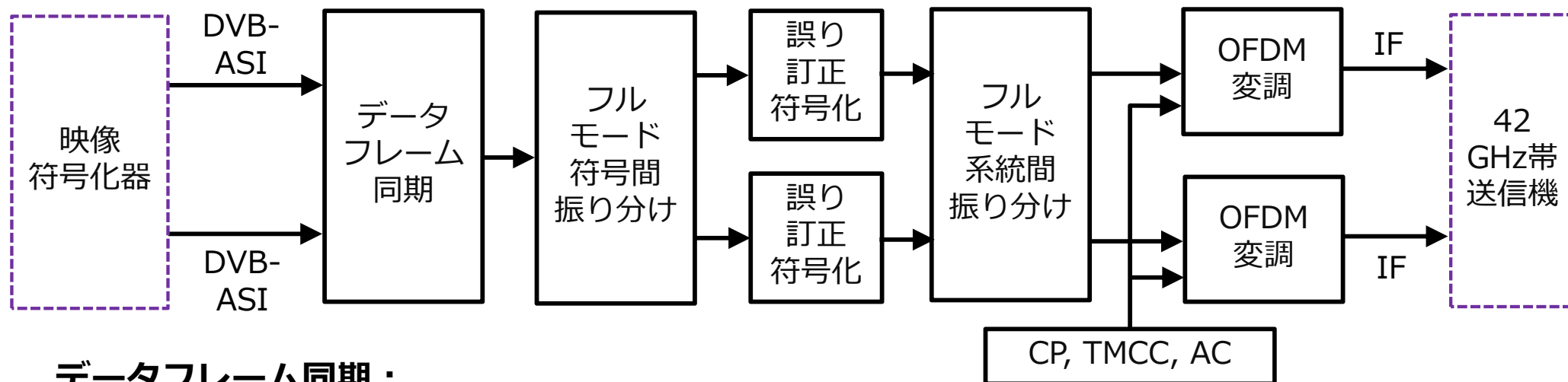
低雑音増幅器：

受信信号の品質（C/N）劣化を抑えて受信信号を増幅するブロック

42GHz帯4K・8K-FPU変調器（NHK試作）

14

- ❑ 2送信の空間多重型MIMO-OFDM方式
- ❑ 2系統のASI入力で213Mbit/sを超えるTSレートに対応
- ❑ 誤り訂正の2系統化でフルモードの信号処理速度増加に対応



データフレーム同期：

2系統のDVB-ASI入力の同期処理や無線伝送のためのフレームを構成するブロック

フルモード符号間振り分け：

誤り訂正符号化を2系統化するためのデータ振り分けを行うブロック

誤り訂正符号化：

外符号（RS符号）、内符号（畳み込み符号）による誤り訂正符号化を行うブロック

フルモード系統間振り分け：

OFDM変調処理を2系統で行うための誤り訂正符号化出力の振り分けを行うブロック

OFDM変調：

IFFTやガードインターバルの付加などOFDM信号を生成するブロック

42GHz帯4K・8K-FPUの諸元（NHK試作）

15

MIMO-OFDM変復調器の諸元

伝送方式	2×2 MIMO-OFDM	
伝送モード	ハーフモード	フルモード
OFDM信号の占有帯域幅	54.4 MHz	109 MHz
キャリア変調方式	QPSK, 16QAM, 32QAM	
誤り訂正方式（外符号）	RS (204,188) 符号	
誤り訂正方式（内符号）	畳込み符号（符号化率：1/2, 2/3, 3/4）	
データキャリア数	672	1344

送受信機・偏波共用アンテナの諸元

伝送モード	ハーフモード	フルモード
RF周波数	41.0～42.0 GHz	
1チャンネルあたりの帯域幅	62.5 MHz	125 MHz
送信電力	1偏波あたり100, 200, 250 mW MIMO伝送時は2倍	
アンテナ（利得）	偏波共用型カセグレンアンテナ 0.3mφ（40dBi）	

42GHz帯4K・8K-FPUの回線設計例

16

- 伝送距離を5kmとした場合の回線計算例
- 降雨減衰は5.8dB/km（降雨強度約20mm/h）を想定

変調方式 (符号化率、伝送レート等)	フルモード 2×2 32QAM 符号化率1/2 400Mbit/s	フルモード 2×2 32QAM 符号化率2/3 530Mbit/s	フルモード 2×2 32QAM 符号化率3/4 600Mbit/s	フルモード 2×2 16QAM 符号化率1/2 320Mbit/s	フルモード 2×2 16QAM 符号化率2/3 430Mbit/s	フルモード 2×2 16QAM 符号化率3/4 480Mbit/s	フルモード 2×2 QPSK 符号化率1/2 160Mbit/s	フルモード 2×2 QPSK 符号化率2/3 215Mbit/s	フルモード 2×2 QPSK 符号化率3/4 240Mbit/s
送信周波数f [GHz]	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
送信出力W [W]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
送信出力W [dBm]	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
送信アンテナ利得Gt [dBi]	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
送信給電線損失Lt [dB]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5
伝送距離d [km]	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
自由空間伝搬損失 ($\lambda / 4 \pi d$) ² [dB]	138.9	138.9	138.9	138.9	138.9	138.9	138.9	138.9	138.9
大気(酸素+水蒸気)による吸収損失 [dB] 0.2dB/km@42GHz	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
降雨減衰マージン [dB] (VH偏波の平均) 5.8dB/km@42GHz, 降雨強度 20mm/h	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
所要マルチパスマージンFmr [dB]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
受信アンテナ利得Gr [dBi]	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
受信給電線損失Lr [dB]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
受信電力 Ci[dBm]	-69.9	-69.9	-69.9	-69.9	-69.9	-69.9	-69.9	-69.9	-69.9
ボルツマン定数k [W/(Hz・K)]	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6	-198.6
標準温度 T ₀ [dBK]	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
等価雑音帯域幅B [MHz]	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2	109.2
等価雑音帯域幅B [dBHz]	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
受信機雑音指数F [dB]	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
受信機熱雑音 Ni=kT ₀ BF [dBm]	-88.4	-88.4	-88.4	-88.4	-88.4	-88.4	-88.4	-88.4	-88.4
受信機熱雑音 C/N [dB]	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
所要C/N [dB]	13.6	16.4	18.1	10.6	13.4	15	4.9	7.5	8.6
伝送マージン [dB]	4.9	2.1	0.4	7.9	5.1	3.5	13.6	11.0	9.9

42GHz帯4K・8K-FPUの伝送容量（NHK試作）

17

※表中の数値はパケットサイズが204ByteのTS伝送レート（単位はMbit/s）

	ハーフモード (帯域幅：54.4MHz)				フルモード (帯域幅：109MHz)			
符号化率 変調方式	1/2	2/3	3/4	5/6	1/2	2/3	3/4	5/6
64QAM	240	320	360	400	480	640	720	800
32QAM	200	265	300	330	400	530	600	660
16QAM	160	215	240	265	320	430	480	530
QPSK	80	105	120	130	160	210	240	260

42GHz帯4K・8K-FPU試作機で
伝送可能なレート

42GHz帯4K・8K-FPUによる8K素材伝送

18



NHK技研公開2016での展示の様子