

42GHz 帯ミリ波モバイルカメラにおける送り返し伝送システムについて

多田 俊一 野上 昌雄

株式会社 システック リサーチ インク 〒252-0231 神奈川県相模原市中央区相模原 6-24-14

E-mail: {shunichi.tada, yoshio.nogami} @systemec-r.com

あらまし 42GHz 帯ミリ波モバイルカメラにおける送り返し伝送システムについて、伝送帯域 54.4MHz を 4 等分割してそれぞれ周波数の異なる 4 つのセグメントを構成する。そして送信データを 4 つのセグメントすべてに同時送信し、受信側において各セグメントにおける符号誤りを検出して最も符号誤りの少ないセグメントに無瞬断に切り替える方式を提案した。本報告では、AWGN およびマルチパスフェージング環境下において、符号誤り率特性を評価した結果、4 つのセグメントシステムに対して良好な特性が得られることを確認した。

キーワード ミリ波モバイルカメラ, 送り返し伝送システム, セグメント化, マルチパスフェージング

Return Transmission System using 42GHz-band for Millimeter-wave Mobile Camera

Shunichi Tada Yoshio Nogami

SYSTEMEC RESEARCH INC. 6-24-14 Sagamihara, Chuou-ku, Sagamihara-City, Kanagawa, 252-0231, Japan

E-mail: {shunichi.tada, yoshio.nogami} @systemec-r.com

Abstract Return transmission system using 42GHz-band in Millimeter-wave Mobile Camera, of which the transmission band is divided into 4-segmentations, the 4-segmentation systems transmit the same data simultaneously, and the segmentation system that has the most excellent quality is selectively switched in the receiver, is proposed. The report describes the outline of the return transmission system and basic performance, which is evaluated by computer simulation.

Keyword Millimeter-wave Mobile Camera, Return Transmission System, Segmentation, Multipath fading

1, はじめに

スポーツ中継や音楽番組の撮影において、ケーブルの制約がないモバイルカメラ[1]は大変有効な撮影ツールである。ケーブル接続のカメラと比較して、可搬性に優れ、また被撮影者に対してもケーブルがないことから安全性にも優れている。モバイルカメラでは、カメラから副調整室に撮影映像を送信する本線伝送と、副調整室からカメラに制御信号や確認映像などを送信する送り返し伝送が必要となる。[2] これまでに、42GHz 帯を用い、複数の送受信アンテナによる MIMO 技術[3][4]を適用することでハイビジョン映像を低圧縮、低遅延で伝送可能な本線無線伝送が実現されている。[5][6][7] また、この本線無線伝送技術は ARIB STD-B43 規格として採用されている。[8]

さらに、複数の送信アンテナにより空間、時間的に符号化を行う STBC (Space Time Block Coding) 技術を用いた 42GHz 帯送り返し伝送システムも開発されている。[9]

今回、42GHz 帯ミリ波を用いた送り返し伝送システムとして、54MHz の帯域を 4 分割し、4 つのセグ

メントを構成して受信側において最も符号誤りの少ないセグメントにリアルタイムに無瞬断に切り替えることで、伝搬路で発生する過酷なマルチパスフェージングに対して周波数ダイバーシチ効果を最大限に得ることが可能で高品質な送り返し伝送システムを提案する。

本稿では、42GHz 帯ミリ波送り返し伝送システムとして 4 つのセグメントのシステムの概要を紹介し、計算機シミュレーションによりその基本特性を明らかにしたので述べる。

2, 送り返し伝送システムの概要

42GHz 帯ミリ波モバイルカメラにおける送り返し伝送システムについて、伝送帯域 54.4MHz を 4 等分割してそれぞれ周波数の異なる 4 つのセグメントを構成する。そして送信データを 4 つのセグメントすべてに同時送信し、受信側において各セグメントにおける符号誤りを検出して最も符号誤りの少ないセグメントに無瞬断に切り替える方式を提案する。本方式では、伝搬路で発生するマルチパスフェージングに対して周波数ダイバーシチ効果を得ることで、高品質な送り返し伝

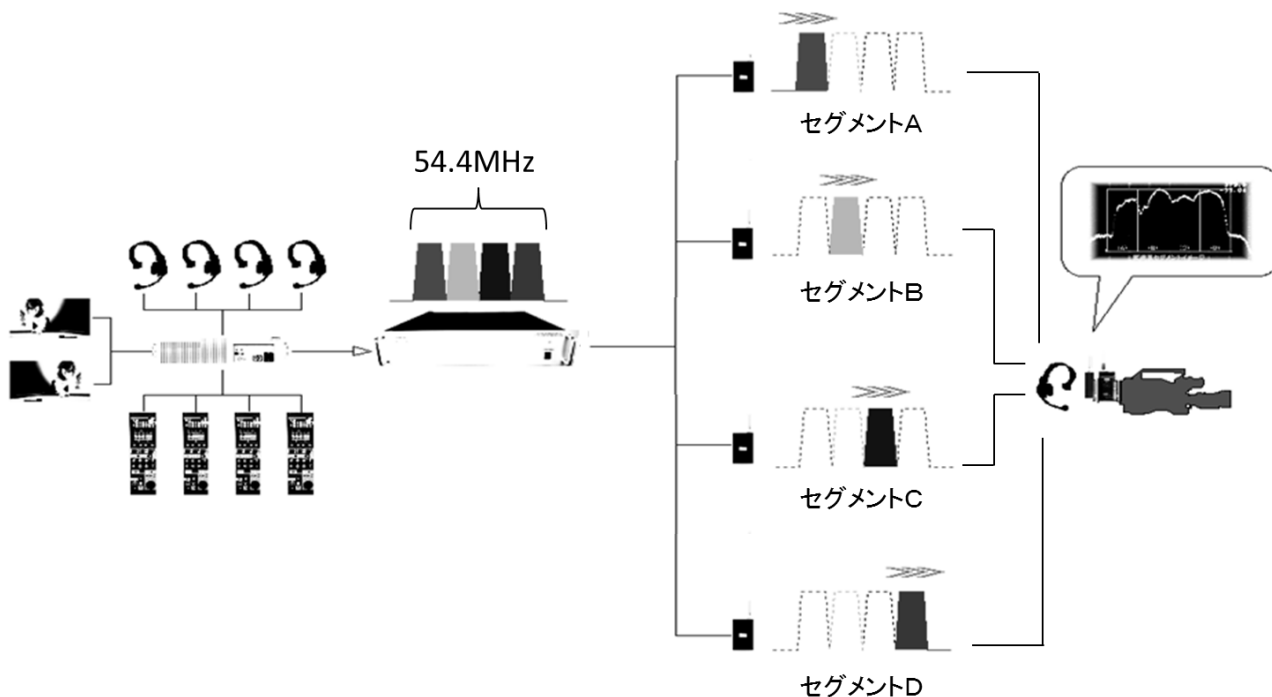


図 1. ミリ波モバイルカメラにおける送り返し伝送システムの構成

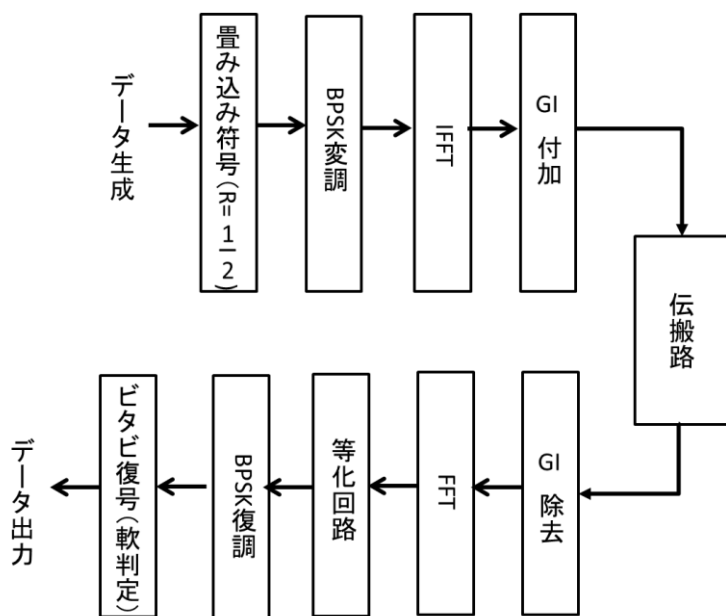


図 2. 送り返し伝送システムのセグメントにおける変復調部の構成

表 1. 送り返し伝送システムのセグメント A の主要諸元

項目	規格	
モード	ハーフモード	
FFTポイント数	1024	
占有帯域幅[MHz]	54.4/4	
キャリア間隔[kHz]	63.5	
サブキャリア数	総数	222
	データ	168
	CP	24
	TMCC	3
	AC	19
	NULL	8
ACキャリア変調方式	BPSK	
FFTサンプリングクロック[MHz]	65	
シンボル数/フレーム	408	
有効シンボル長[μ s]	15.75	
ガードインターバル長[μ s]	0.98(1/16)	
シンボル長[μ s]	16.74	
フレーム長[ms]	6.83	
誤り訂正	畳み込み符号(R=1/2)	

送システムが実現可能となる。また、1つの伝送帯域が1/4になるため、送信電力密度を4倍に高めることが可能であり、高品質化に貢献可能となる。送り返し伝送システム全体の構成の概要を図1に、また、1つのセグメントシステムの変復調部の構成を図2に示す。また、一例としてセグメントAシステム(最も周波数の低いシステム)の主要諸元を表1に示す。他のセグメントについては、無線周波数が異なるが他は既知のパイロット信号数が少し異なるほかは同じである。ARIB STD-B43規格をベースにしており、ハーフモードを適用、占有伝送帯域は54.4/4MHzである。OFDM変調方式のFFTポイント数は1024、サブキャリア間隔は63.5kHzである。データサブキャリア数は222本、サブキャリア変調は最も通信品質の高いBPSK変調を採用している。有効OFDMシンボル長15.75μs、本システムの適用環境として、最大遅延時間約250ns程度を想定してガードインターバル長は0.98μs(有効OFDMシンボル長の1/16)を選定した。1フレームあたりのOFDMシンボル数は408を採用した。さらに、誤り訂正符号として、畳み込み符号(R=1/2)を採用した。

3、送り返し伝送システムの基本特性

3.1 AWGNによる符号誤り率特性の評価

送り返し伝送システムのセグメントAシステムにおけるAWGNを付加した場合の符号誤り率特性を評価した。その結果を図3に示す。

誤り訂正なしの場合BPSK-OFDM同期検波時の理論値に対して約0.3~0.5dBの劣化に抑えられている。また、誤り訂正として畳み込み符号を適用した場合、誤り訂正なしに比べ、例えばBER=10⁻⁴において、符号化利得約3dBが得られており、予想どおりの結果が得られている。

3.2 マルチパスフェージングに対する符号誤り率特性の評価

マルチパスフェージングモデルとして図4のモデルA、図5のモデルBの2つのモデルについて評価した。モデルAフェージングでは20波が独立にレーレー分布に従って変動し最大遅延時間は240nsであるが、直接波と第1の遅延波との平均電力差は20dBと大きいため、実質はラースフェージングと見なすことができる。一方、モデルBフェージングでは10波が独立にレーレー分布に従って変動し最大遅延時間は237nsであるが各波の平均電力差は3~4dB程度と小さいため、非常に厳しいレーレーフェージングとなっている。

今回使用する周波数帯が42GHz、周囲環境等の変動速度が2.79m/s(約10km/h)程度と想定すると、最大ドップラー周波数fdは約390Hzとなる。図6に2つのレー

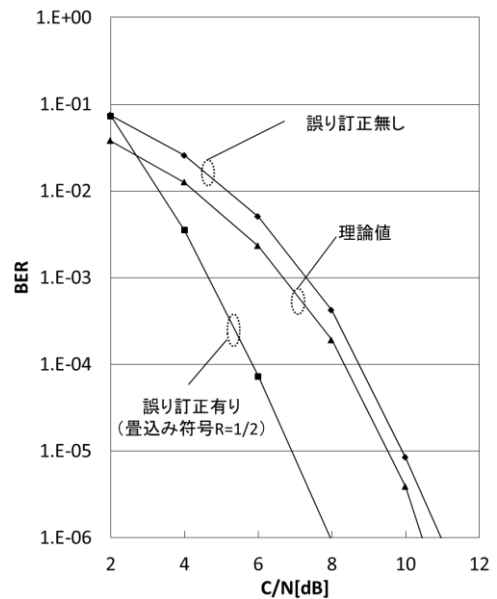


図3. AWGN付加による符号誤り率特性 (セグメントA)

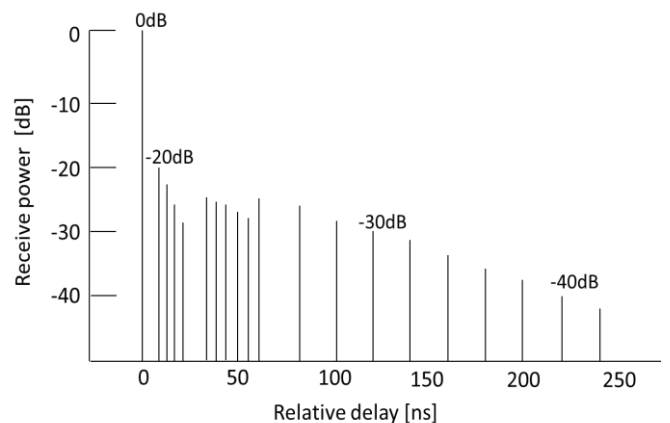


図4, モデルAフェージング (20波独立レーレーフェージング: 最大遅延時間=240ns)

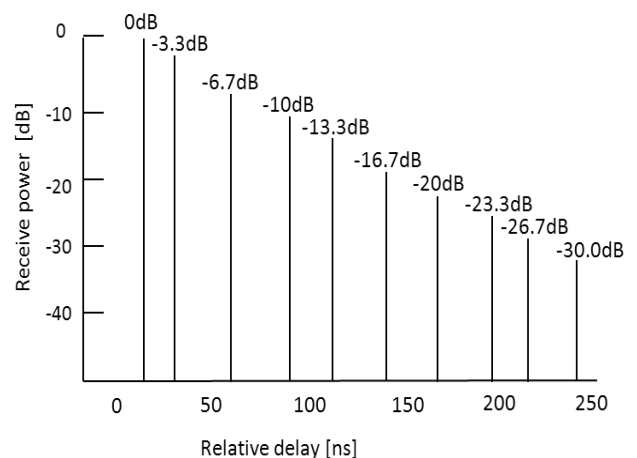


図5, モデルBフェージング (10波独立レーレーフェージング: 最大遅延時間=237ns)

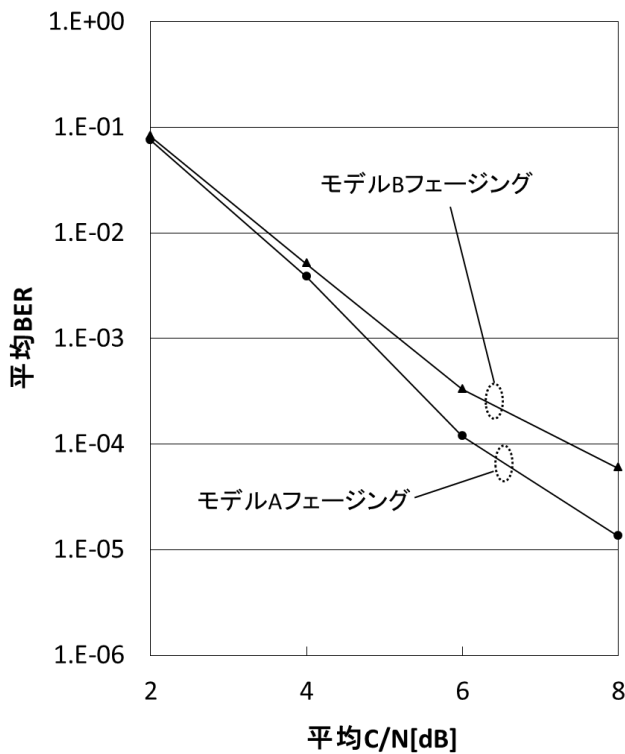


図 6. 2つのフェーディングに対する符号誤り率特性の比較 (fd=390Hz, セグメント A)

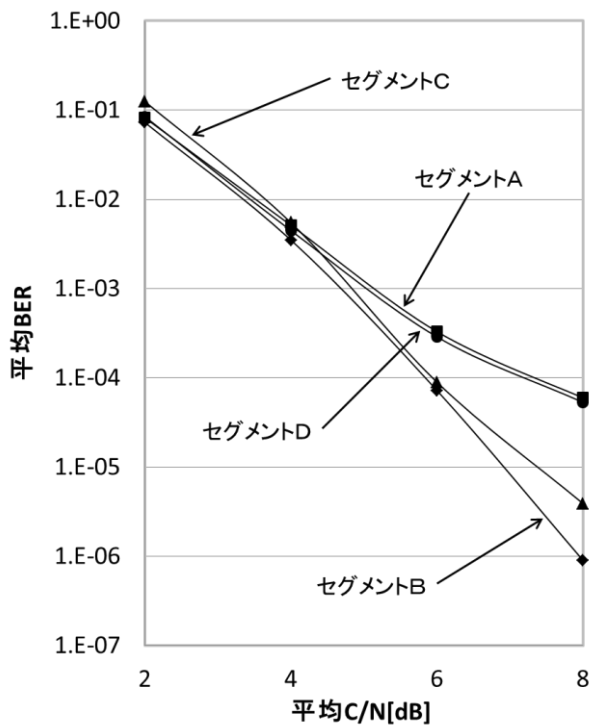


図 7. 4つのセグメントに対するマルチパスフェーディング環境下の符号誤り率特性(モデル B フェーディング, fd=390Hz)

レーフェージングモデルについて, 最大ドップラー周波数 $f_d=390\text{Hz}$ の場合の符号誤り率特性を評価した結果を示す. なお, 誤り訂正として畳み込み符号 $R=1/2$, を適用している. その結果, モデル B フェーディングのほうが厳しい特性となっており, 平均 $C/N=6\text{dB}$ の点で平均 $BER=2 \times 10^{-4}$, 平均 $C/N=8\text{dB}$ の点で平均 $BER=7 \times 10^{-5}$ が得られており, 厳しいフェーディング条件にも関わらず良好な通信品質が得られている.

図 7 に, セグメント A~セグメント D の 4 つのシステムに関するマルチパスフェーディング環境下における符号誤り率特性をまとめて示す. マルチパスフェーディングは, 厳しいモデル B フェーディング, そして最大ドップラー周波数 $f_d=390\text{Hz}$ の場合である. 4 つのシステムに対して良好な符号誤り率特性が得られていることを確認した.

4. まとめ

42GHz 帯ミリ波モバイルカメラにおける送り返し伝送システムについて, 伝送帯域 54.4MHz を 4 等分割してそれぞれ周波数の異なる 4 つのセグメントを構成する. そして送信データを 4 つのセグメントすべてに同時送信し, 受信側において各セグメントにおける符号誤りを検出して最も符号誤りの少ないセグメントに無瞬断に切り替える方式を提案した. そして, AWGN およびマルチパスフェーディング環境下において, 符号誤り率特性を評価した結果, 良好な特性が得られることを確認した.

今後は, マルチパスフェーディング環境下において受信側にて 4 つのセグメントシステムを切り替える周波数ダイバーシチ効果を検証[10]するとともにハードウェアの実現を目指す.

文 献

- [1]. 中川孝之, 「ミリ波モバイルカメラ」NHK 技研 R&D No.128, pp26-33, Jul. 2011 年
- [2]. 中島健二, 池田哲臣, 「スタジオ用ワイヤレスカメラのシステム要求条件の検討」2002 年映像メディア学会年次大会 10-5, Aug. 2002. 年
- [3]. 古田浩之, 池田哲臣, 「スラジカカメラ用無線ネットワークのための MIMO-OFDM 用チャネル推定方法の一検討」信学技報, AP2003-216, RCS2003-222, pp. 43-48, Nov. 2003 年
- [4]. 鈴木慎一, 古田浩之, 伊能英男, 「MIMO-OFDM 伝送におけるシンボル検出方法の検討 ~ガードインターバル検出 S/N による評価」信学技報, RCS2004-220, pp. 55-60, Nov. 2004 年
- [5]. 古田浩之, 池田哲臣, 「ミリ波モバイルカメラ用 MIMO-OFDM 伝送装置の試作とレーフェーディング環境下での伝送性能の評価」信学技報,

- RCS2005-141, pp.101-106, Jan. 2006 年
- [6]. 鈴木慎一, 中川孝之, 池田哲臣, 「42GHZ 帯ミリ波モバイルカメラの開発」, 信学技報, EMCJ2009-126, pp1-6, Mar. 2010 年
- [7]. 古田浩之, 池田哲臣, 「ミリ波モバイルカメラ用 MIMO-OFDM 伝送装置の試作とレーレーフェージング環境下での伝送性能の評価」 信学技報, RCS2005-141, pp.101-106, Jan. 2006 年
- [8]. テレビジョン放送番組素材伝送用可搬形ミリ波帯デジタル無線伝送システム, 「標準規格, ARIB-STD=b43 1.0 版」電波産業会, 2008 年
- [9]. 鈴木慎一, 中川孝之, 池田哲臣, 「ミリ波モバイルカメラ用 42GHZ 帯送り返し伝送システムの開発」, 映像メディア学会技報, BCT2011-38, pp35-38, Feb. 2011 年
- [10]. 野上昌雄, 多田俊一, 油井拓磨, 高 凌翔, 宮坂浩平, 大田健紘, 松江英明, 「42GHz 帯ミリ波モバイルカメラにおける送り返し伝送システムの周波数ダイバーシチ効果について」 映像メディア学会技報, 報告