

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

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^{†††}

[†]株式会社 システック リサーチ インク

^{††}諏訪東京理科大学大学院 工学・マネジメント研究科 工学マネジメント専攻

^{†††}諏訪東京理科大学 システム工学部 電子システム工学科

[†]〒252-0231 神奈川県相模原市中央区相模原 6-24-14

^{††}〒391-0292 長野県茅野市豊平 5000-1

E-mail: [†]{shunichi.tada, yoshio.nogami} @systec-r.com, ^{††}jg108063@ed.suwa.tus.ac.jp

^{†††}jgh{10607, 10629}@ed.suwa.tus.ac.jp, ^{††}{otakenko, , matsue}@rs.suwa.tus.ac.jp

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。その 4 つのセグメントすべてを用いてデータを同時送信し、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自動的に切り替える周波数ダイバーシチ方式を提案した。本稿では、AWGN およびマルチパスフェージング環境下において、各セグメントの符号誤り率特性を評価した後、周波数ダイバーシチ効果を引き出すことで符号誤り率特性が大幅に改善でき、その有効性を確認したので報告する。

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、周波数ダイバーシチ方式

A Study on the effect of Frequency Diversity in Return Transmission System using 42GHz-band for Millimeter-wave Mobile Camera

Yoshio NOGAMI[†] Shunichi TADA[†] Takuma YUI^{††} Ryoushou KOU^{††}

Kouhei MIYASAKA^{†††} Kenko OTA^{†††} and Hideaki MATSUE^{†††}

[†]SYSTEC RESEARCH INC.

^{††}Graduate School of Tokyo University of Science, Suwa

^{†††}Tokyo University of Science, Suwa

[†]6-24-14 Sagamihara, Chuou-ku, Sagamihara-City, Kanagawa, 252-0231, Japan

^{††}5000-1, Toyohira, Chino, Nagano, 391-0292 Japan

E-mail: {shunichi.tada, yoshio.nogami} @systec-r.com, jg{1080, 1080}@ed.suwa.tus.ac.jp,

jgh{10607, 10629}@ed.suwa.tus.ac.jp, {otakenko, matsue}@rs.suwa.tus.ac.jp

Abstract Return transmission system using 42GHz-band for 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 basic performance and performance of frequency diversity effect of the return transmission system.

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

1. まえがき

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る送り返し伝送が必要となる[1][2][3][4]。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]。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)技術を用いた送り返し伝送システムも開発されている[6]。

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低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に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[7]。

本稿では、42GHz帯ミリ波送り返し伝送システムとして、計算機シミュレーションにより4つのセグメントを受信側において、リアルタイムに無瞬断で切り替えることで、伝搬路で発生するマルチパスフェージングに対して符号誤り率特性を大幅に改善可能であることを示す。

2. ミリ波モバイルカメラシステム

2.1. 送り返し伝送の概要

42GHz帯ミリ波モバイルカメラにおける送り返し伝送は、撮影者の確認用映像やカメラの制御信号等撮影に必要な信号伝送を行う。そのためシステムとして切れにくい無線通信システムが要求される。本研究では伝送帯域54.4MHzを4分割し、それぞれ周波数の異なる4つのセグメントを構成し、送信データを4つのセグメントすべてに同時送信する周波数ダイバーシチ効果を利用した方式を検討する。分割したセグメントは周波数の低い方から、セグメントA、セグメントB、セグメントC、セグメントDとする。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、高品質化にも貢献可能となる。

2.2. 4システム自動切り替えシステムの提案

送信データを4つのセグメントすべてに同時送信し、受信側で各セグメントにおける符号誤りを検出し、

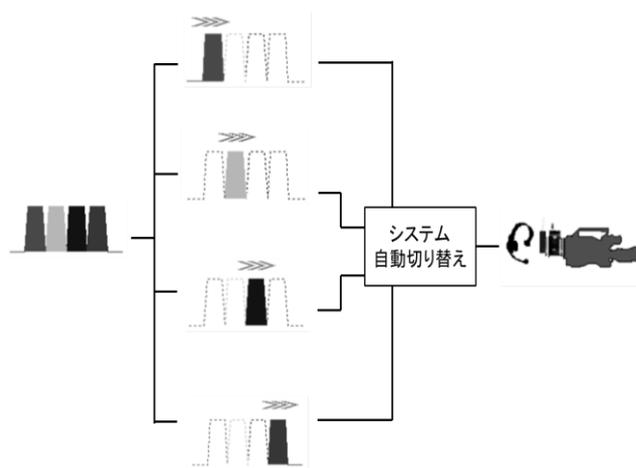


図1, 4セグメントを自動切り替えするシステム構成

最も符号誤りの少ないセグメントに自動的に切り替える方式を提案する。図1に概要図を示す。

具体的に、まず各セグメントから送信されてきた信号の符号誤りを算出する。この符号誤り率は連続信号を一定の符号数で区切り、その一定区間ごとにBER特性を算出する。その中で一番符号誤りの少ないセグメントに自動的に切り替えることで、マルチパスフェージングに対して最大の周波数ダイバーシチ効果を実現できる。

3. 4セグメントにおける基本特性及びシステム自動切り替えによる特性比較

4セグメントに対して基本特性と自動切り替えシステムによる符号誤り率特性を評価した。本研究で使用した各セグメントの諸元を表1に示す。各セグメント共通として、ARIB STD-B43規格をベースとしたハーフモードを適用。占有伝送帯域54.4/4MHz、OFDM変調方式のFFTポイント数1024、サブキャリア間隔は63.5kHzである。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、ガードインターバル長0.98μs(有効OFDMシンボル長の1/16)とした。1フレームあたりのOFDMシンボル数は408とし、誤り訂正符号として、畳み込み符号(R=1/2)を採用している。

各セグメントの違いとして、各サブキャリアの既知信号の数が異なっている。表1の各セグメントの表に対し、太枠で囲われた部分が主な違いとなる。最も多く既知信号が含まれているのはセグメントBであり、最も少ないのはセグメントAとなっている。

これら各セグメントの基本特性として、AWGNを付加したときのBER特性をシミュレーションにより

表 1 (a). セグメント A の諸元

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	畳込み符号 (R=1/2)	

表 1 (c). セグメント C の諸元

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	261
	データ	168
	CP	29
	TMCC	3
	AC	14
	NULL	47
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	畳込み符号 (R=1/2)	

表 1 (b). セグメント B の諸元

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	273
	データ	168
	CP	29
	TMCC	4
	AC	14
	NULL	58
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	畳込み符号 (R=1/2)	

表 1 (d). セグメント D の諸元

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	229
	データ	168
	CP	26
	TMCC	3
	AC	19
	NULL	13
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	畳込み符号 (R=1/2)	

評価した。その結果を図 2 に示す。

符号誤り率算出には AC サブキャリア用い、BPSK-OFDM 同期検波時の理論値、誤り訂正無し、誤り訂正有り（畳込み）の 3 つのグラフで評価した。

どのセグメントも理論値に対して少しの劣化で抑えられている。また、どのセグメントも誤り訂正を付加した場合において、誤り訂正無しと比較すると、符号

化利得約 3dB が得られているので、予想した結果が得られた。

これら各セグメントのモデルを用いて、マルチパスフェージングを付加した場合の BER 特性評価を行った。基本特性に使用した畳込み符号 (R=1/2) を使用し、図 3 に示すにマルチパスレーレーフェージングをかけ、AC サブキャリアにおける符号誤り率を測定し

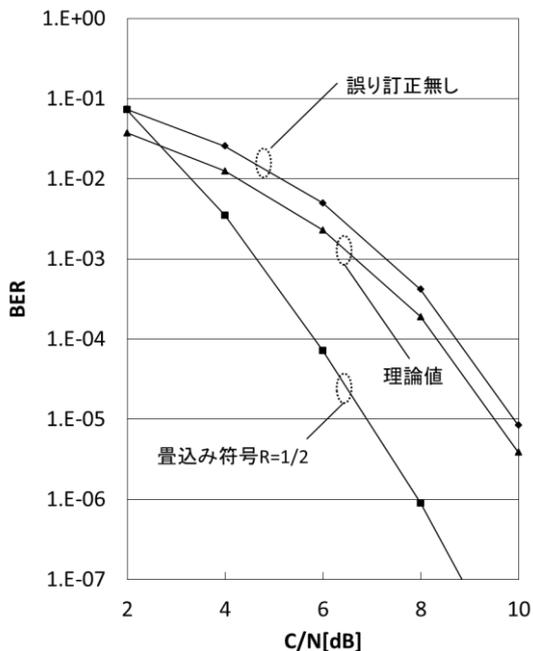


図 2(a). セグメント A システムの BER 特性

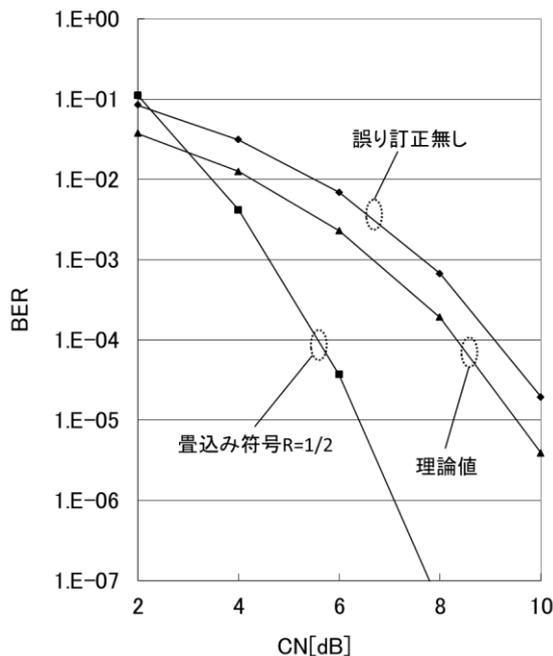


図 2(c). セグメント C システムの BER 特性

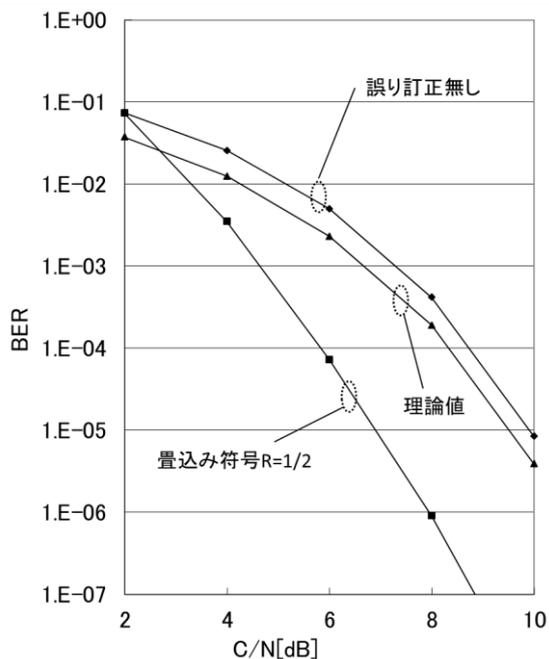


図 2(b). セグメント B システムの BER 特性

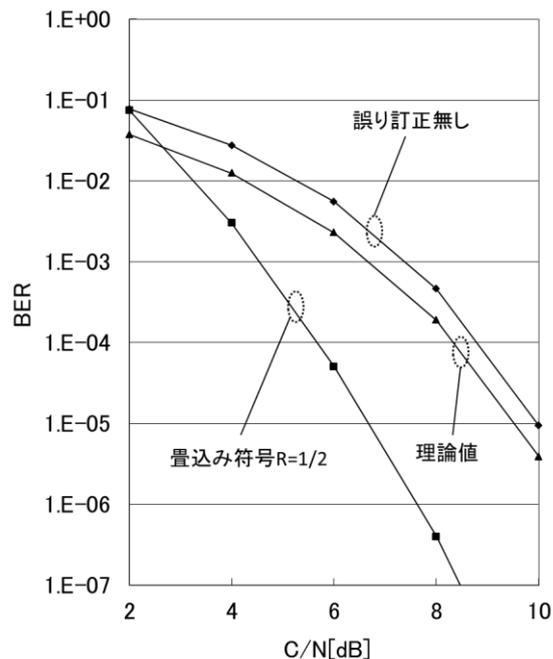


図 2(d). セグメント D システムの BER 特性

た. マルチパスフェージングは, 10 波独立レーレーフェージングモデル, 最大遅延時間は 237ns, 各波の平均電力差は 3~4dB となっている. 最大ドップラー周波数は $f_d=390\text{Hz}$ (今回使用する周波数帯が 42GHz, 周囲環境等の変動速度にして時速 10km 程度) とした. 同時に, 自動切り替え方式における BER 特性評価も行

った. 条件として送信データ 250 ビット毎に平均 BER を算出し, その中で最も特性の良いセグメントに自動的に切り替えるものとする. 以上の条件で行ったシミュレーションの結果を図 4 に示す.

各セグメントの BER 特性を比較すると, 多少のずれはあるものの平均 BER 特性は 2dB の C/N 値当り約 1 桁

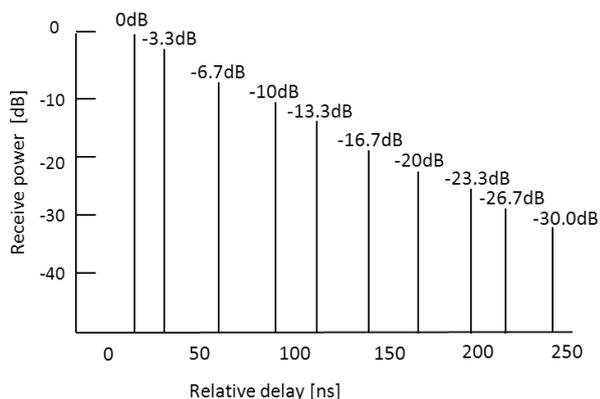


図 3. 10 波独立レーレーフェージングモデル(最大遅延時間 237ns)

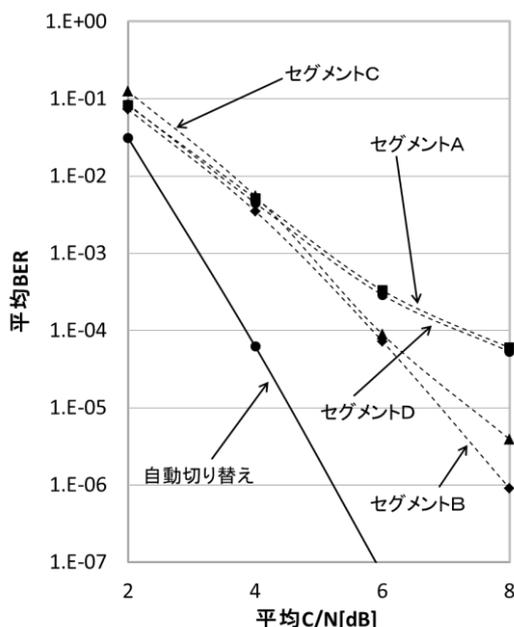


図 4. 4 つのセグメントのマルチパスフェージング環境下における符号誤り率とシステム自動切り替えの BER 特性 (ドップラー周波数 $f_d=390\text{Hz}$)

の傾きである。誤り訂正符号の効果もあって、厳しいフェージング環境下でも良好な BER 特性を得られているのが確認できる。次に、これらセグメントシステムを自動的に切り替える周波数ダイバーシチを行った系では、平均 BER 特性は 2dB の C/N 値当り約 2 桁の傾きになっており、大幅に符号誤り特性が改善されている。

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 等分割した 4 つのセグメントを自動的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ジング環境下において、符号誤り率特性を評価した。その結果 4 つセグメントを自動的に切り替えることにより、周波数ダイバーシチ効果を最大限に引き出すことができ、符号誤りも大幅に改善することが確認できた。

今後、このシステムをハードウェア化していくことを検討したい。

文 献

- [1]. 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
- [2]. 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
- [3]. 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
- [4]. 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
- [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
- [6]. 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
- [7]. 多田俊一, 野上昌雄「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」映像メディア学会技報, 報告