

OFDM 信号に対する簡易型衛星中継器における 非直線増幅の影響について

桑村 秀嗣[†] 小川 明[†] 山里 敬也[‡]

[†]名城大学理工学研究科 〒468-8503 名古屋市天白区塩釜ロー丁目 501

[‡]名古屋大学エコトピア科学研究所 〒464-8603 名古屋市千種区不老町

E-mail: [†] aogawa@ccmfs.meijo-u.ac.jp, [‡] yamazato@ieee.org

あらまし 本論文は、広帯域衛星アクセス通信を目指した衛星中継器の実験モデルの特性評価に関するものである。高速で柔軟なインターネットアクセス衛星通信システムを実現するために、簡易な構成の衛星再生中継器の実験モデルを試作した。この中継器では、受信入力が入力 A/D 変換され、蓄積されるが、データ部分の同期復調や誤り制御などの複雑な処理は行われず、地球局に任せられる。信号はパケット状で送られ、その情報データ部分は OFDM で多値 QAM 変調される。衛星内ルーティングのための情報は、パケットの先頭にあるプリアンブル部分に置かれて差動 BPSK で送られ、遅延検波で復調される。本論文では、このような簡易再生中継器についてビット誤り率特性を測定した結果を示す。

キーワード 衛星アクセス通信, 再生中継器, パケット通信, 衛星内ルーティング

An effect of nonlinearity onboard the simplified satellite repeater for OFDM signal transmission

Hidetsugu Kuwamura[†] Akira Ogawa[†] and Takaya Yamazato[‡]

[†]Graduate School of Science and Technology, Meijo University

1-501 Siogamaguchi Tenpaku-ku Nagoya 468-8503, Japan

[‡]Eco Topia Science Institute, Nagoya University

Furo-cho Chikusa-ku Nagoya 464-8603, Japan

E-mail: [†] aogawa@ccmfs.meijo-u.ac.jp, [‡] yamazato@ieee.org

Abstract— This paper is concerned with performance evaluation for an experimental model of a repeater for broadband satellite communications. For the purpose of realizing a high speed and flexible internet satellite communication system, we propose a simplified configuration of satellite regenerative repeater. In this repeater, the amount of signal processing is limited so that the input signal is only AD converted and stored, but a complex function of error control is left to the earth stations. While the information data are modulated with multi-level QAM based on OFDM, the necessary information for the onboard routing is carried on the preamble portion placed at the top of the packet and modulated with the differential binary PSK. In this paper, measured results of the bit error rate for this simplified regenerative repeater are described.

Keyword— satellite access communications, regenerative repeater, packet communications, onboard routing

1. はじめに

本論文では、高速インターネット衛星通信システムのコア部分にあたる再生中継方式として、簡易でかつ高速化を実現できる新しい方式（簡易再生中継方式）について検討した結果を示す。

衛星通信における衛星の基本的機能は、発信元地球

局から送られてきた信号を増幅する機能と、相手先地球局に送り届ける交換機能とからなるが、これらの機能は、対象とする通信網の性格によって規模的にも質的にも変わる。ここでは、超小型地球局間でインターネット通信を可能とするようなパケット通信網を考える。このような通信網に対して、衛星中継器では、通常再

生中継と情報の誤り制御を行って品質の確保を図ると共に、地上における同様の IP パケットの交換ができることが望ましい。しかしこのようにすると、衛星内での処理規模が大きくなると同時に、高速化を阻害する要因となる。また、情報伝送速度の変化に対応できず、柔軟性に欠ける問題も生じる。

そこで本論文では、衛星での信号処理を最小限に抑え、地球局にその役割を担わせることとして、高速伝送に有利かつ柔軟性を維持できる構成にすることを考える。この考えに基づき、情報部分については、衛星側で完全な再生中継処理を行うことにせず、誤り制御に関する処理についても地球局で行う簡易再生中継方式の検討を行う。

本簡易再生中継方式では、衛星側では IF 段階で A/D 変換を行い、この簡易再生データを中継する。そして衛星側での誤り制御に関する処理を地球局で行うことで、誤り制御技術の進歩に対応できるようにする。さらに衛星側の処理を軽減することによって高速化を図る。これらの検討結果から衛星中継される信号の高速化をはかるには、OFDM 化することが望ましいことがわかり、情報は OFDM で伝送することとした。この場合、信号のレベル変動が大きくなり、中継器での非直線性が問題となる。そこで本論文では非直線として A/D 変換器の影響を実験的に評価した結果を示す。

2. 従来技術による再生中継方式

従来の衛星再生中継方式の 1 例は、図 1 に示される。この場合、中継は以下の手順で行われる。

- (1) 受信した信号に硬判定を行う。
- (2) 誤り訂正復号を行う。

- (3) 再生されたデータの誤り検出を行い、誤りがある場合は送信側に再送要求をかける。
- (4) 再生データに誤りがない場合、再生された中継すべきデータに対し誤り訂正符号化される。
- (5) ルーティング処理を行う。
- (6) 最後に変調を行い、衛星より信号が送信される。

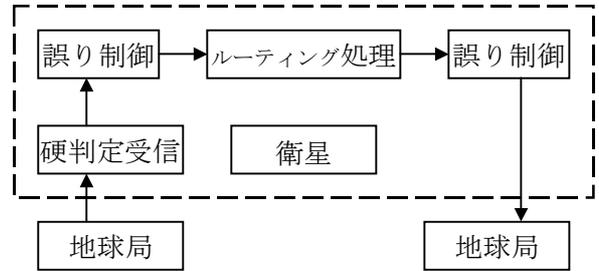


図 1 再生中継方式の構成

3. 簡易再生中継方式

簡易再生中継方式が従来の再生中継方式と異なる点は、再生中継時に必須となる誤り制御を省く点にある。

簡易再生中継方式は以下の手順で行われる。

- (1) 受信 IF 信号を A/D 変換しメモリに保存する。
- (2) 中継情報を復調し、それに基づきルーティング処理を行う。
- (3) 中継すべきデータを変調して送信する。

つまり、通常の手順で行う上記(2)~(4)を省く。

試作した実験機の衛星部の構成を図 2 に示す。

実験機の仕様を表 1 に示す。

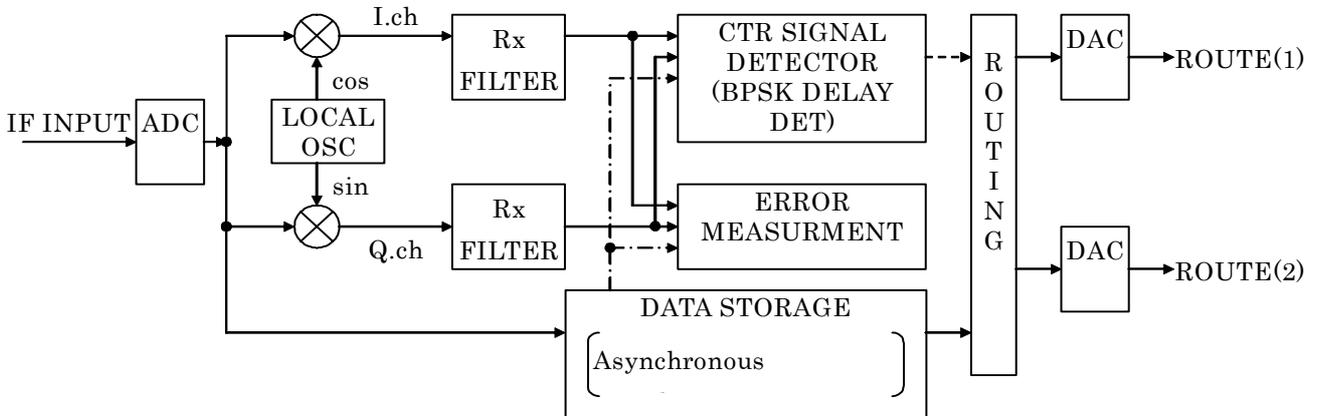


図 2 簡易再生中継の実験モデル

表.1 実験機の仕様

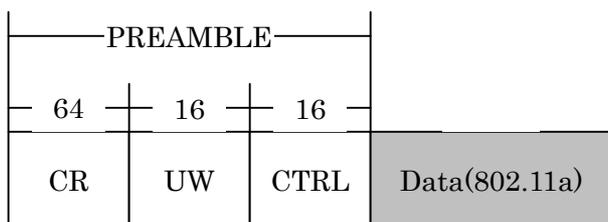
IF carrier freq.	50MHz
DAC	Quantize accuracy of 12bit MAX. Sampling Frequency 200MHz
ADC	Quantize accuracy of 12bit MAX. Sampling Frequency 210MHz
Data Modulation	OFDM (16QAM,64QAM)
Symbol rate	3.125Msymbol/sec

4. パケットフォーマット

パケットフォーマットは大きく分けて2つの部分(制御情報を含むプリアンプルとデータ部)からなる(図3).

プリアンプルは、差動2相PSKで変調されており、遅延検波で復調する。このようにしても信頼度の高い信号検出を行なうのに十分な搬送波電力対雑音比(C/N)が得られることを想定している。

またデータ部は、IEEE 802.11aを想定したOFDMを実装している。これは衛星上では完全に再生しない利点を活かしていると言える。



CR:clock recovery UW:unique word CTRL:control

図3 パケットフォーマット

5. 地上局と衛星局のA/D変換器の特性

増幅器の非直線増幅による影響の特性を測る前に地上局と衛星局のA/D変換器をOFDMの環境で採った。

地上局の特性は16QAMと64QAMで16QAMはC/N≒20[dB], 64QAMはC/N≒26[dB]でA/D変換器の入力レベルを変化させて採った。

測定回路は図4に測定結果は図5に示す。

測定結果の-7[dBm]付近以下は同期が取れず測定ができなかった。

このことから地上局は-6~-2[dBm]の範囲で測定に使用することとする。

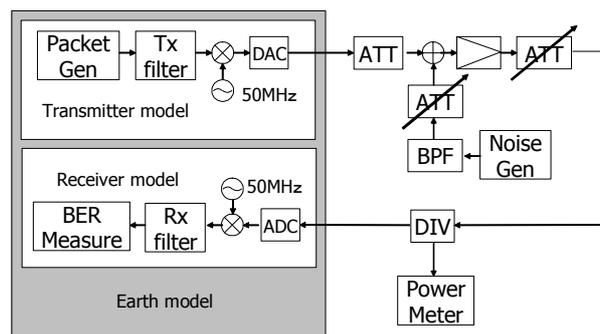


図4 地上局AD変換器の入力特性測定回路

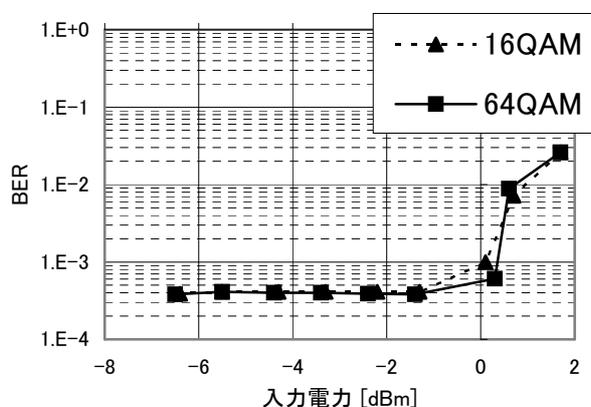


図5 地上局 A/D 変換器の入力電力対 BER 特性

衛星局の特性は16QAMでC/N≒22[dB]でA/D変換器の入力レベルを変化させて採った。

測定回路は図6に測定結果は図7に示す。

測定には地上局のA/D変換器の影響を受けないようにして衛星局のA/D変換器を測定した。

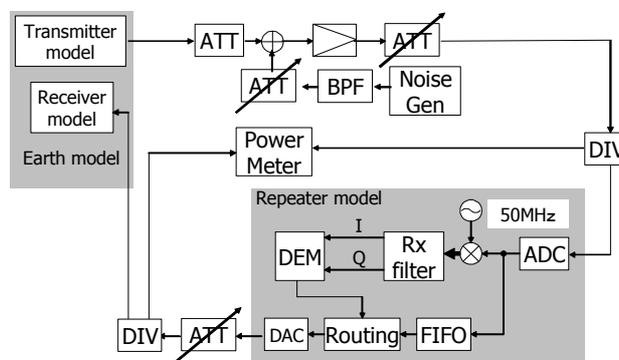


図6 衛星局AD変換器の入力特性測定回路

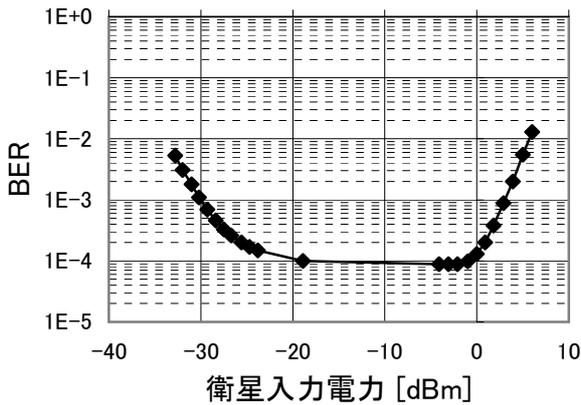


図 7 衛星局 A/D 変換器の入力電力対 BER 特性

測定結果から衛星局は $-3 \sim -20$ [dBm]の範囲で測定に使用する。

6. 前置増幅器の非直線増幅による影響の測定

衛星中継器における受信用前置増幅器の非直線による影響を測定するための回路を図 8 に示す。

測定は 16QAM $C/N \approx 22$ [dB]で地上局と衛星局の A/D 変換器の特性に影響されないように A/D 変換器の前で調整して測定を行なった。

測定結果を図 9 に示す。

それと参考までに測定に使用した増幅器の特性を図 10 に示す。増幅器の入力特性は 20[MHz]の正弦波を加えて測定した。

測定結果としては $-5 \sim -50$ [dBm]の範囲で BER の劣化は見られない。増幅器の非直線部分で特性が劣化しているのが図 9,10 を見比べてわかる。

7. まとめ

本論文では、OFDM 信号を簡易再生中継する場合の A/D 変換器の影響を実験的に評価した。また、衛星で A/D 変換器の前に設置された前置増幅器の非直線がどのように影響するかも測定した。

測定結果から増幅器は A/D 変換器よりも影響が少ないことがわかった。今後は中継器の電力増幅器の非直線性の影響を測定することとしている。

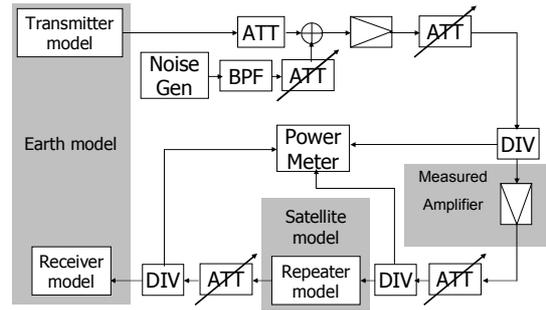


図 8 前置増幅器の非直線による影響の測定回路

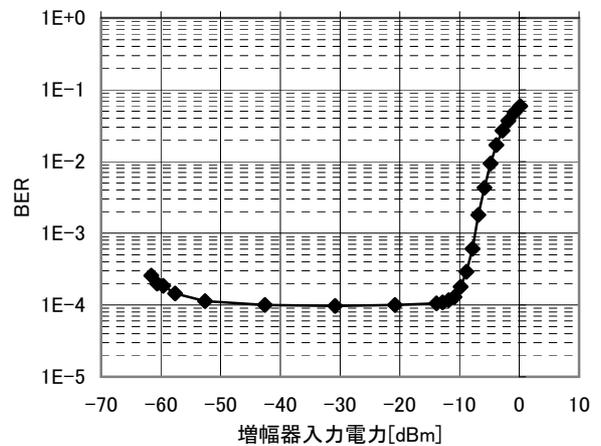


図 9 前置増幅器の非直線による影響

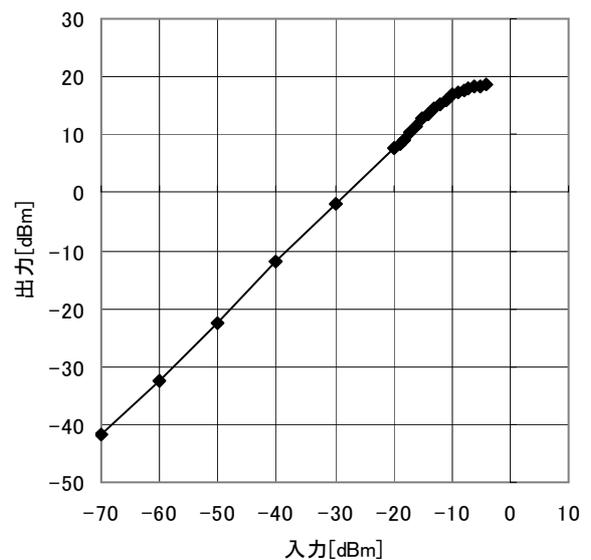


図 10 増幅器の特性