

ブースタ特集

Special Issue of Booster Systems

2 周波数変換リピータ

2 Frequency Converting Repeater

デジタル移動通信方式においてサービスエリア拡大を経済的に行うシステムとして、周波数変換リピータ (FCR : Frequency Converting Repeater) を開発した。本システムにより、有線伝送路を必要とせず、基地局と同等のサービスエリアを確保することができる。本稿では、装置構成、無線特性およびその特徴について述べる。

In digital cellular communications systems, to expand service area at a low costs, we developed the following system; "The Repeater using Frequency Converter System (FCR)". FCR system is possible to provide equivalent service area provided by using base station without wire line between switching center and base station. This paper describes performance, feature and configuration of FCR.

山崎 正勝 恵比根 佳雄
Masakatsu Yamazaki Yoshio Ebine

まえがき

800MHz帯デジタル方式携帯・自動車電話システムは1993年3月にサービスを開始し、サービスエリアの拡大が順次行われている。しかし、有線伝送路の確保が困難な地域においては、サービスエリア拡大が遅れていた。この様な地域にサービスを可能とする手段として周波数オフセットブースタを用いた開空間ブースタシステムがあるが、同一周波数を増幅して再放射する限界から高出力を得ることができず、所要サービスエリアを十分にカバーできない状況にあった。

周波数変換リピータシステムは、従来の開空間ブースタでは実現不可能であった高出力タイプ (2W/波) の装置であり、また、アンテナの異偏波特性を利用したダイバーシチ受信を可能とした。これによって、新潟県長岡市におけるフィールド試験において、親局となる基地局から十数キロの中継距離で、カバーできるサービスエリアは基地局と同等とすることができ、システムの有効性を確認した。

周波数変換リピータの主な特徴は、親局となる基地局の下り高周波信号の周波数を受信した後、周波数を変換して移動局に放射する。また、移動局からの上り高周波信号をダイバーシチ受信し、周波数を変換して、親局となる基地局に放射するリピータ方式である。ここで、ダイバーシチ受信した信号を同一周波数垂直偏波と水平偏波の2つの偏波で基地局に送信し、基地局に設置された各偏波のアンテナで受信することで通常のダイバーシチ効果を得ている。

本稿では受信した高周波信号を周波数変換、増幅後、再放射する周波数変換リピータ (FCR : Frequency Converting Repeater) のシステムの特徴、無線特性などについて述べる。また関連技術として本方式で採用しているアンテナ技術について述べる。

システムの特徴

直接中継方式は、基地局、移動局からの高周波信号をそのまま増幅して再放射するため、アクセスする基地局サービスエリアに割り当てられている周波数 (無

線チャンネル) をそのままブースタによるサービスエリアでも使うことになる。ブースタを正常動作させるためには、ブースタの増幅器利得 (G)、ブースタのアンテナ間結合損失 (L) の間には $G < L$ の関係が必要となり、増幅器の利得を大きくとることができない。また、増幅器の送信出力を数波の無線チャンネルで分け合うことになる。つまり増幅器の最大送信出力 (P_0) と無線チャンネル1波当たりの出力 (p) の間には $P_0/p = N$ (中継可能な無線チャンネル数) の関係があり、無線チャンネル数が多くなればなるほど送信出力も小さくなるため、ブースタのサービスエリアを大きくはできない。

周波数変換中継方式の構成を図1に示す。周波数変換中継方式は、基地局、移動局からの高周波信号を1波ごとに異なる周波数の高周波信号に変換して再放射するため、アクセスする基地局サービスエリアに割り当てられている無線チャンネルとは異なる無線チャンネルをリピータ局のサービスエリアで使うことになる。つまり、サービスエリアとしては図1に示すように全く別の無線ゾーンとなる。また、リピータの増幅器利得 (G)、アンテナ

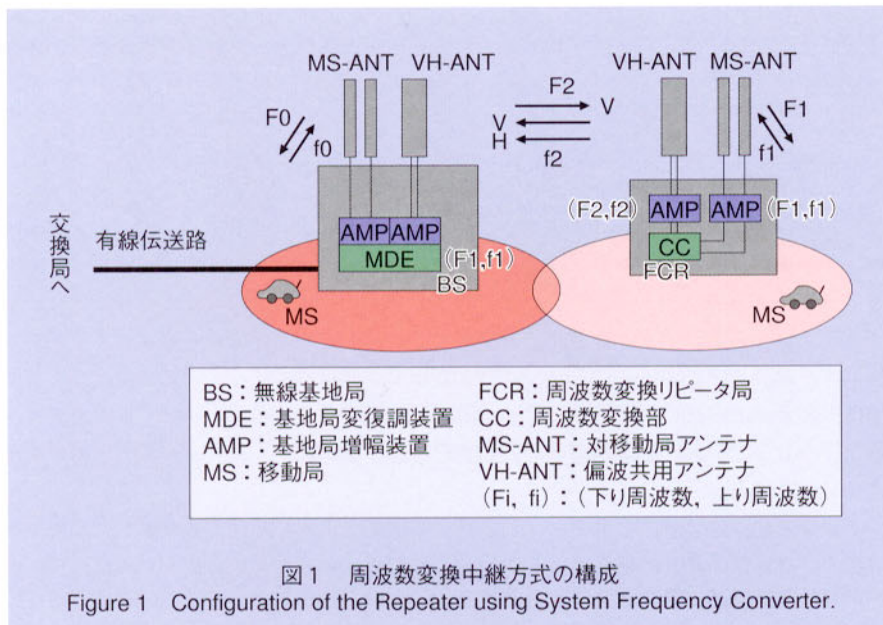


図1 周波数変換中継方式の構成
Figure 1 Configuration of the Repeater using System Frequency Converter.

ナ間結合損失 (L) の関係において、周波数変換を行うことで廻り込み波の減衰特性が付加され、 $G > L$ が可能となり、増幅器の利得を大きく取ることができる。また、リピータが中継できるチャネル数が決まると、1波ごとに同じ出力を常に得ることが可能であり、1波ごとに周波数変換を行うシステムの特徴上、送信出力を大きくすることができる。さらに、

基地局と同じダイバーシチ受信が可能であることから、基地局と同等のサービスエリアとすることができる。

システム構成

周波数変換中継方式において、基地局変復調装置 (MDE) では制御ソフトウェアによって、周波数情報 ($F1, f1$)

と無線区間での周波数 ($F2, f2$) の読み換えが行われ、周波数変換リピータ局 (FCR局) 向けに $F2$ の周波数で送信を行い、FCR局では基地局から $F2$ の周波数で受信した下り信号を $F1$ の周波数信号に変換して送信する。移動局は $f1$ の周波数でFCR局に送信を行い、FCR局はその受信波を $f2$ の周波数に周波数変換して基地局に送信している。通常、制御上の周波数情報と実際に無線区間で送受信される周波数が一致する必要があるが、先に述べた様に周波数の読み換えを行っているために問題が解消される。

基地局、FCR局に設置される偏波共用アンテナは、垂直 (V) 偏波面・水平 (H) 偏波面を持つ送受信機能を有するアンテナで、V偏波面で送受信を行い、また、FCR局でダイバーシチ受信されたもう1系統の受信信号の送信と基地局の受信用としてH偏波面を用いた送受信を行っている。

周波数変換リピータの装置構成を図2に示す。下り信号は対基地局アンテナのV偏波面で受信され、前置増幅器で増幅後、分配されて周波数変換部で変換される。その後、同様に変換された信号と合

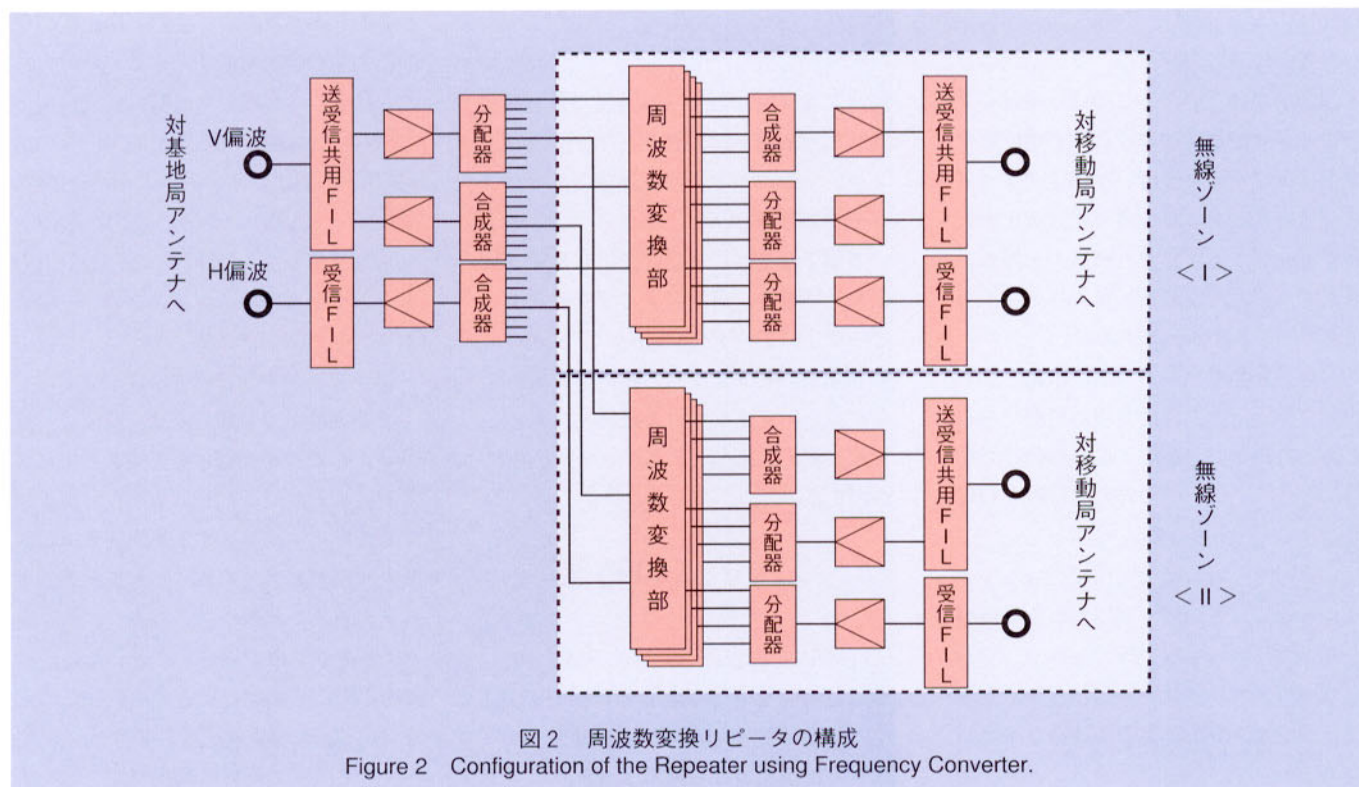


図2 周波数変換リピータの構成
Figure 2 Configuration of the Repeater using Frequency Converter.

成されて送信増幅器で共通増幅され、対移動局アンテナから出力される。移動局からの上り信号は対移動局アンテナでダイバーシチ受信され、それぞれの信号ごとに前置増幅器で増幅後、分配され、周波数変換で変換される。同様に変換された信号とダイバーシチポートごとに合成されて送信増幅器で共通増幅されて対基地局用アンテナV偏波、H偏波として出力される。周波数変換リピータの外観を図3に示す。

周波数変換部

周波数変換の構成を図4に示す。無線周波数入力信号とシンセサイザからの入力信号をミキシングすることによって生じる中間周波数出力信号は、バンドパスフィルタ(IFフィルタ)において抽出され(ダウンコンバート)、所要の増幅動作の後、ミキサを通過することによって無線周波数出力信号となる(アップコンバート)。入力信号の周波数から一定の中間周波数を得る、または、その中間周波数から出力信号の周波数を得るためにはシンセサイザに、それぞれ応じた周波数指定を行えばよい。周波数変換中継増幅装置では、無線チャネルごとに基地局からの下りの信号のために1系統の周波数変換回路、移動局からのダイバーシチ受信した上りの信号のために2系統の周波数変換回路を持っている。

所望する信号(希望波)以外の信号(不要波)が周波数変換部に入力された場合、希望波の周波数からの不要波周波数の離調度(どれだけ周波数が離れているか)によっては、IFフィルタによって不要波出力を減衰させることはできない。周波数変換リピータの周波数変換部では、所要とする減衰量を得るためにIFフィルタを多段に縦続接続している。

一方、IFフィルタを信号が通過すると、通過遅延時間を生じる。このため、IFフィルタを多段に縦続接続した場合、IFフィルタの遅延時間偏差が生じると直線歪みによる信号劣化が発生する。

従って、多段接続するIFフィルタの数

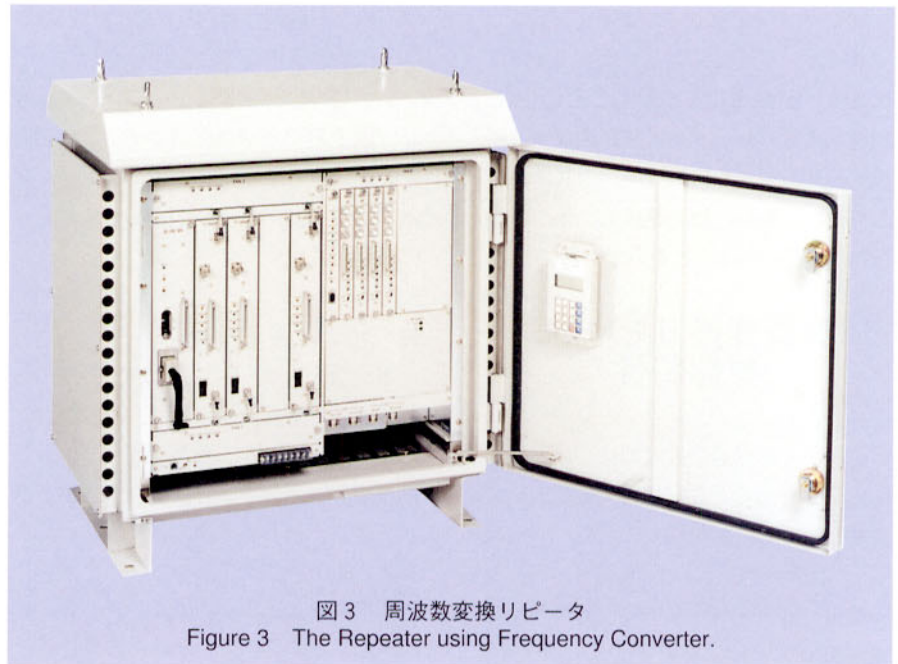


図3 周波数変換リピータ
Figure 3 The Repeater using Frequency Converter.

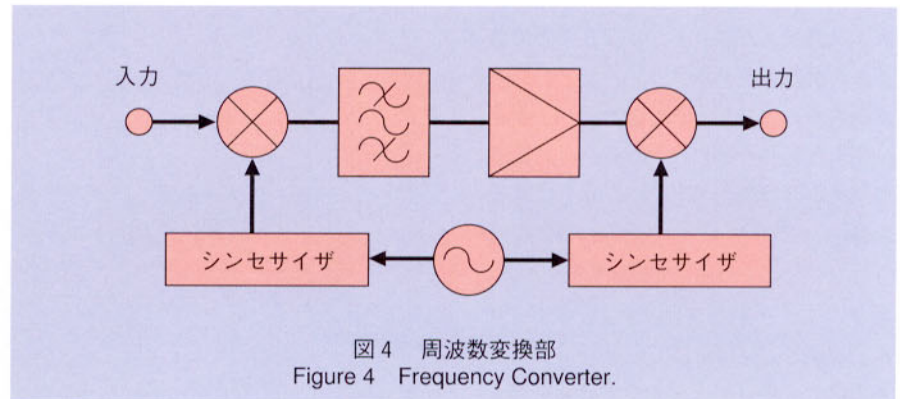


図4 周波数変換部
Figure 4 Frequency Converter.

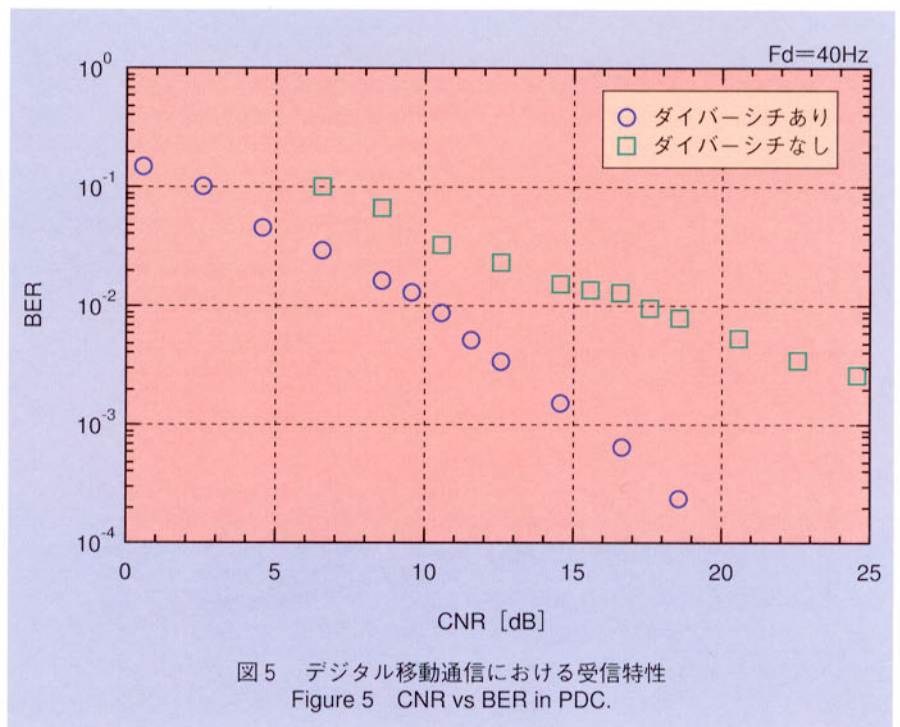


図5 デジタル移動通信における受信特性
Figure 5 CNR vs BER in PDC.

を増やせば不要波出力の減衰量を大きくできるが、遅延時間偏差を生み出すことになり、信号劣化をまねくことになる。周波数変換リピータではこの相反する特性の最適設計を行うことで、システムとして良好な無線特性を達成し、かつ、設置簡易なシステムとなっている。

周波数変換リピータの無線特性

デジタル移動通信方式では、移動局からの信号である上り回線の受信においてダイバーシチ受信を行うことは、回線品質上大変有効である。図5にダイバーシチ受信・非ダイバーシチ受信時の基地局の無線特性を示す。同じ受信レベルでも、ダイバーシチ受信した場合、回線品質を表す指標である誤り率がかなり改善できることがわかる。

周波数変換リピータではダイバーシチ受信した信号をそれぞれV偏波・H偏波で基地局に無線信号として伝送し、基地局においてダイバーシチ信号の合成を行うことで、ダイバーシチ効果を得ている。図6にリピータ局の受信特性を示す。基地局と同等の品質を得ている。

周波数変換リピータの主要諸元を表1に示す。

アンテナ技術

周波数変換リピータシステムでは、移動局との送受信に基地局で用いられているアンテナを用いる。基地局との送受信を行うためには、このシステム独特の偏波共用アンテナを用いる。ここでは、偏波共用アンテナ技術とアンテナ設置例について述べる。

■偏波共用アンテナ

アンテナ形式は、平面反射板上にV、H偏波に対応してそれぞれダイポールアンテナを配置している。V、H偏波の水平面内指向性を一致させるために、基本構成はV偏波用アンテナは2素子合成、H偏波は1素子配列とした。この時の水

平面内ビーム幅は約70°である。1ユニットは基本構成を2段配列しており、アンテナ利得は約10dBiとしている。基地局～FCR局間距離に応じてアンテナ利得を設定できるように、1ユニットから16ユニット(22dBi)まで構成できるようになっている。

■アンテナ設置

周波数オフセットブースタで必須の条件であった条件、 $G < L$ (G :装置利得, L :アンテナ間結合損失)は、周波数変換リピータでは $G > L$ とすることが可能

である。これによってさらに設置の簡易化が図ることができる。 $G=100\text{dB}$, $L=70\text{dB}$ の時のアンテナ設置例を図7に示す。

監視制御機能

周波数変換リピータの監視もリピータ自身が行い、出力が大きくなり過ぎないようにする利得制御、装置内部の異常時に動作を停止するなどの機能を備えている。また、監視側への報告および監視側からの制御についても同様にモデム・モ

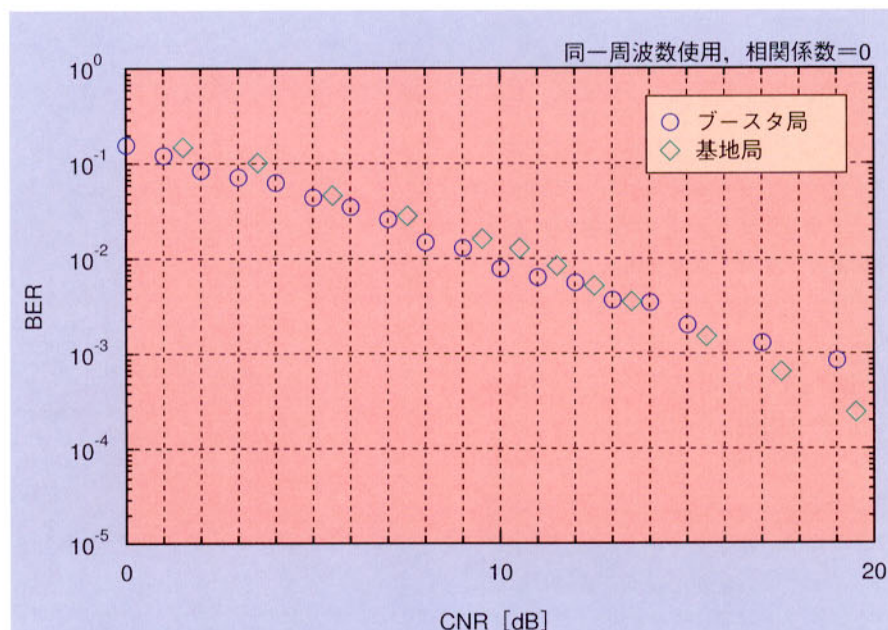


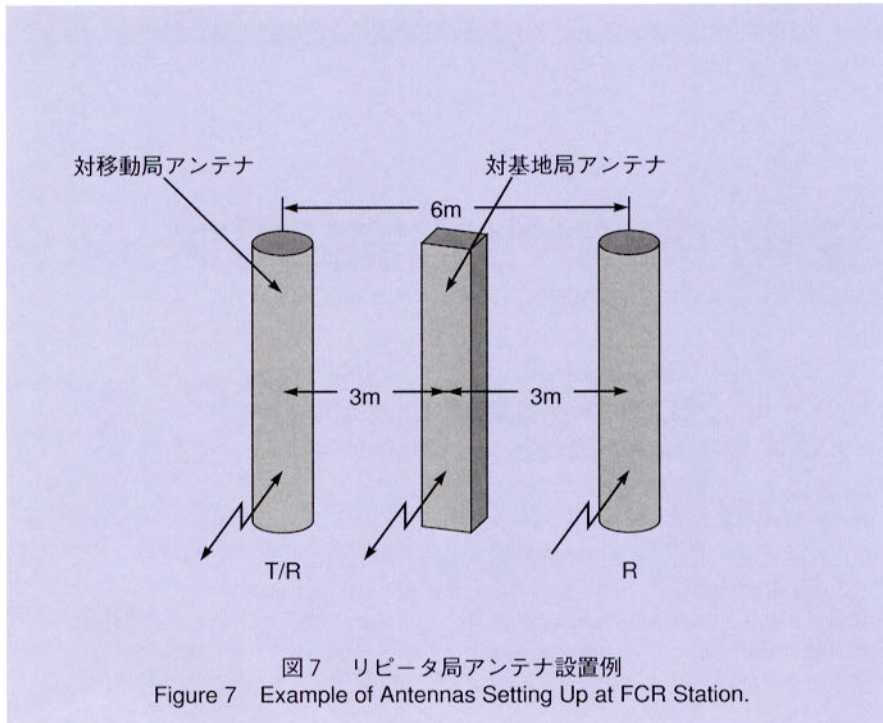
図6 FCRシステムの受信特性
Figure 6 CNR vs BER in FCR Systems.

表1 主要諸元
Table 1 Major Specification.

周波数帯域	下り回線：810～818MHz 上り回線：940～948MHz
収容キャリア数	4キャリア×2
最大送信電力	下り回線：(2W×4)×2 上り回線：(0.8W×4)×2
装置最大利得	120dB
中継距離	最大30km(見通し)
受信感度 (BER=1%)	7dB μ V(日本標準規格)以下 (フェージング下, ダイバーシチ受信)
CIR特性 (BER=1%)	16dB(日本標準規格)以下 (フェージング下, ダイバーシチ受信)

文 献

- 1) 山崎, 恵比根: “周波数変換中継増幅装置のダイバーシチ受信特性”, 1995年春季信学全大B-393.
- 2) 山崎, 大西, 友田: “移動通信用周波数変換形中継増幅装置の構成”, 1996年秋季信学全大B-368.
- 3) 山崎, 恵比根: “移動通信用周波数変換中継増幅装置”, 1997年春季信学全大.



デム間通信によって行っている。

まとめ

周波数変換リピータシステムの特徴、装置の特性、基盤技術および機能につい

て示した。本システムは交換局との伝送路コストを不要としながらも、従来の基地局と同等のサービスエリアを確保できるため、経済的にサービスを行うことが可能である。