

資料 6 : 高機能 FM 中継装置 (参考資料)

【高機能 FM 中継装置】

1 概要

- 回り込みキャンセル機能を内蔵した FM 放送波中継装置です。
親局波より強いレベルで中継送信波が回り込む、マイナス D/U の受信環境でも同一周波数での FM 放送波中継が可能です。
- 受信入力は 2 系統装備しており、アンテナ位相合成と合わせれば、D/U < -30 dB となる受信環境でも放送波中継が可能です。
- マルチパス除去機能を装備し、親局マルチパス波による品質劣化を低減します。
- 回り込み発振検知機能とコンポジット信号フィルタによって、帯域外となる信号の出力を完全に抑制することができます。



図 1 高機能 FM 中継装置 本体写真

2 全体ブロック図

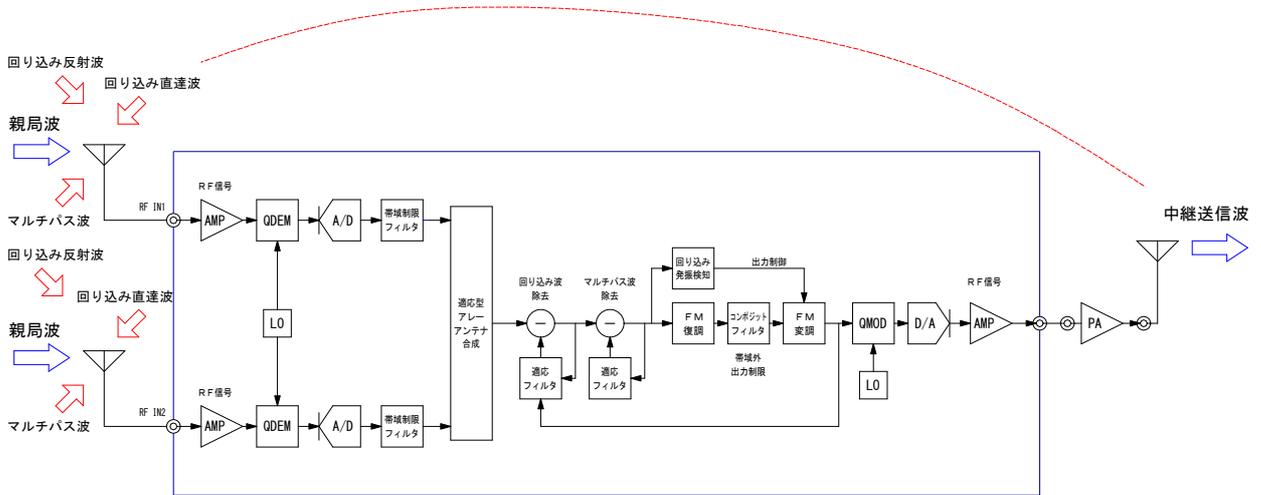


図 2 高性能 FM 中継装置 全体ブロック図

図 2 に高性能 FM 中継装置のブロック図を示します。2 系統の受信入力部と適応型アンテナ合成部、適応フィルタによる回り込み波除去部、および適応フィルタによるマルチパス波除去部を装備しています。

復調部でコンポジット信号に復調し再変調を行う方式とすることで、送信周波数の帯域外の信号を送信しないしくみとしています。また、回り込み発振状態の検出によって出力信号を制御し、回り込み発振状態が継続することを防いでいます。

3 適応型アンテナ位相合成による回り込み波除去

送信出力が大きな中継を行う場合は、回り込み干渉波が非常に大きくなるため、1つの受信アンテナだけでは回り込みキャンセルを安定して動作させることが困難となります。

そこで、2つの受信アンテナの位相合成を利用して強力な回り込み直達波を除去して、限界D/Uと中継信号の品質を向上させます。

位相合成の原理は単純で、受信アンテナ1と受信アンテナ2に入力される回り込み波の位相を逆位相、同レベルになるように合成係数を調整して加算するだけです。回り込み波が逆位相・同レベルであれば回り込み波はきれいに除去されます。

回り込み波を逆位相にすると、親局波も逆位相になってしまうと回り込み波だけでなく親局波も消してしまいますので、アンテナ 1 とアンテナ 2 の位相差が親局波と回り込み波で 90° 以上の差があることが望ましいアンテナ配置ということになります。(理想的には 180° の差があるアンテナ配置が望ましい)

受信アンテナ 1 と受信アンテナ 2 間の位相差およびレベル差は常時測定しており、受信状態の変化に応じて合成係数を調整する適応型となっています。図3にアンテナ合成のしくみを示します。

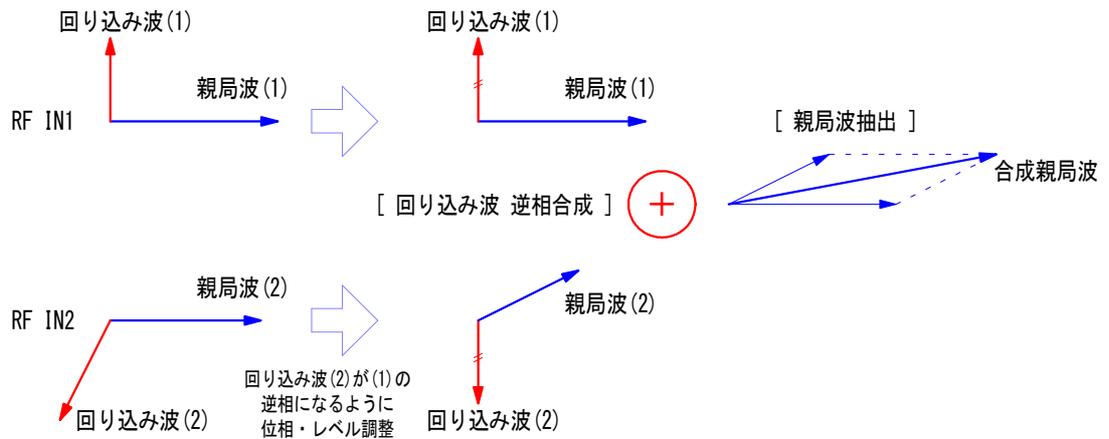


図 3 アンテナ合成のしくみ

受信アンテナ 1 と受信アンテナ 2 を設置するとき、親局波と回り込み波の位相差が簡単に確認することができると、アンテナ設置間隔の調整がしやすくなります。

高機能 F M 中継装置では、位相合成パターンを表示することで、親局波と回り込み波の位相差を簡単に目視できるしくみを備えています。合成ヌルが形成される位相（凹み部分）が上側になるようにアンテナを配置することで、親局波と回り込み波の位相差が 90° 以上になります。真上に凹みがあれば 180° の位相差となり、理想的なアンテナ配置となります。図4にアンテナ位相合成パターンの例を示します。

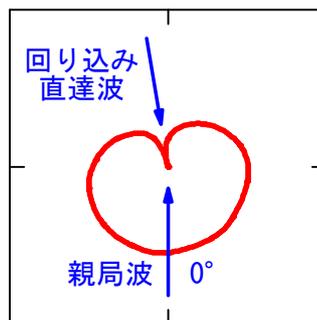


図 3 アンテナ位相合成パターン

適切にアンテナが配置されれば、回り込み直達波が $D/U < -30\text{dB}$ となる受信環境においても回り込み波を除去し、放送波中継を可能とします。

しかし、マイナス D/U での回り込み波除去は信号品質が低下していきますので、音声品質を考慮する場合は、 D/U が -25dB 以上となるように送受アンテナの配置を検討する必要があります。

4 遅延プロファイル解析による回り込み波除去

1つの受信アンテナで回り込み波を除去する場合や、回り込み反射波が回り込み直達波と異なる位相で受信される場合は、アンテナの位相合成だけでは回り込み波を除去できません。

高機能 F M 中継装置では、遅延プロファイル解析によって残りの回り込み波を除去します。（1 アンテナの場合は、遅延プロファイル解析のみで回り込み直達波も除去します）

回り込み波は中継送信信号より遅れて受信され送信信号と相関が強いことから、送信信号との相関を検出することで、遅延プロファイルの解析を行います。

解析された遅延プロファイルから適応フィルタの係数を制御し、各遅延時間における回り込み波の複製を生成します。複製した回り込み波を受信信号から減じることで、回り込み波を除去します。

図5に遅延プロファイルのモデル図、図6に実際に解析された回り込み波の例を示します。

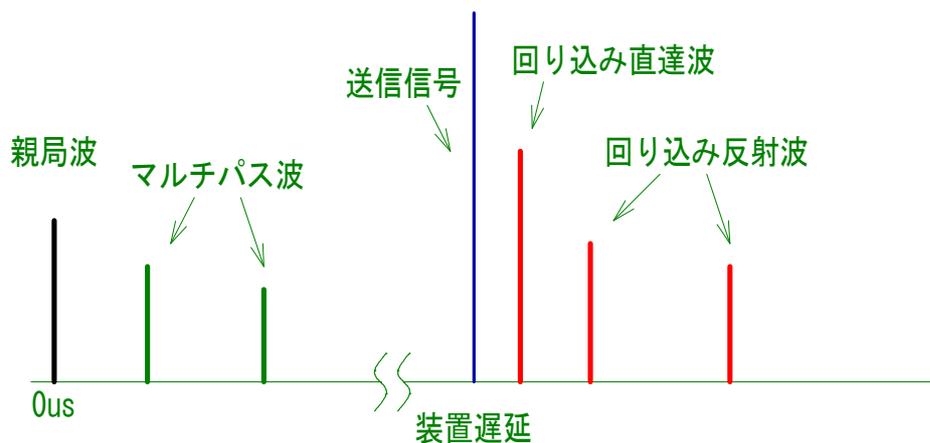


図 5 遅延プロファイル



図 4 回り込み波解析

5 遅延プロフィール解析によるマルチパス波除去

FM変調信号の受信品質を劣化させる要因の一つとして、マルチパスがあります。

FM同期放送で放送ネットワークを構築している場合は、複数の中継局から同一の周波数で親局と同一のプログラムが放送されます。これらは、マルチパス波と同様の信号として受信されることがあります。

高性能FM中継装置では、遅延プロフィール解析によってマルチパス波も除去することができます。

マルチパス波は親局波と相関が強いことから、親局波との相関を検出することで、遅延プロフィールの解析を行います。

解析された遅延プロフィールから適応フィルタの係数を制御し、各遅延時間におけるマルチパス波の複製を生成します。複製したマルチパス波を受信信号から減じることで、マルチパス波を除去します。

図7に遅延プロフィールのモデル図、図8に実際に解析されたマルチパス波の例を示します。

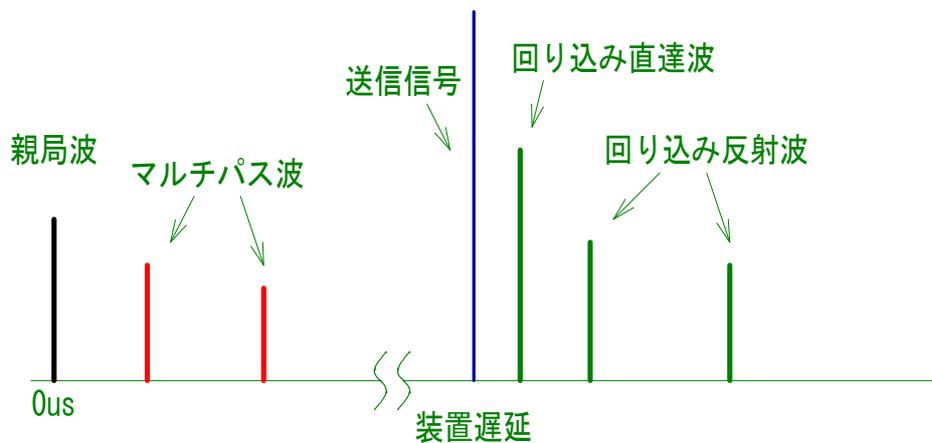


図 7 遅延プロフィール



図 8 マルチパス解析

6 回り込みキャンセル フィールド試験

回り込みキャンセルの動作は、実フィールドで検証する必要があります。

実フィールドでの様々な変動要因、受信レベルやマルチパス、風雨、車など移動物の反射、これらの変動に対して安定して動作する必要があります。

高機能 F M 中継装置は、山口放送様の KRY 豊北実験局でフィールド試験を行い、2 アンテナ方式で $D/U \approx -25\text{dB}$ 程度という受信環境ですが、良好な結果が得られています。

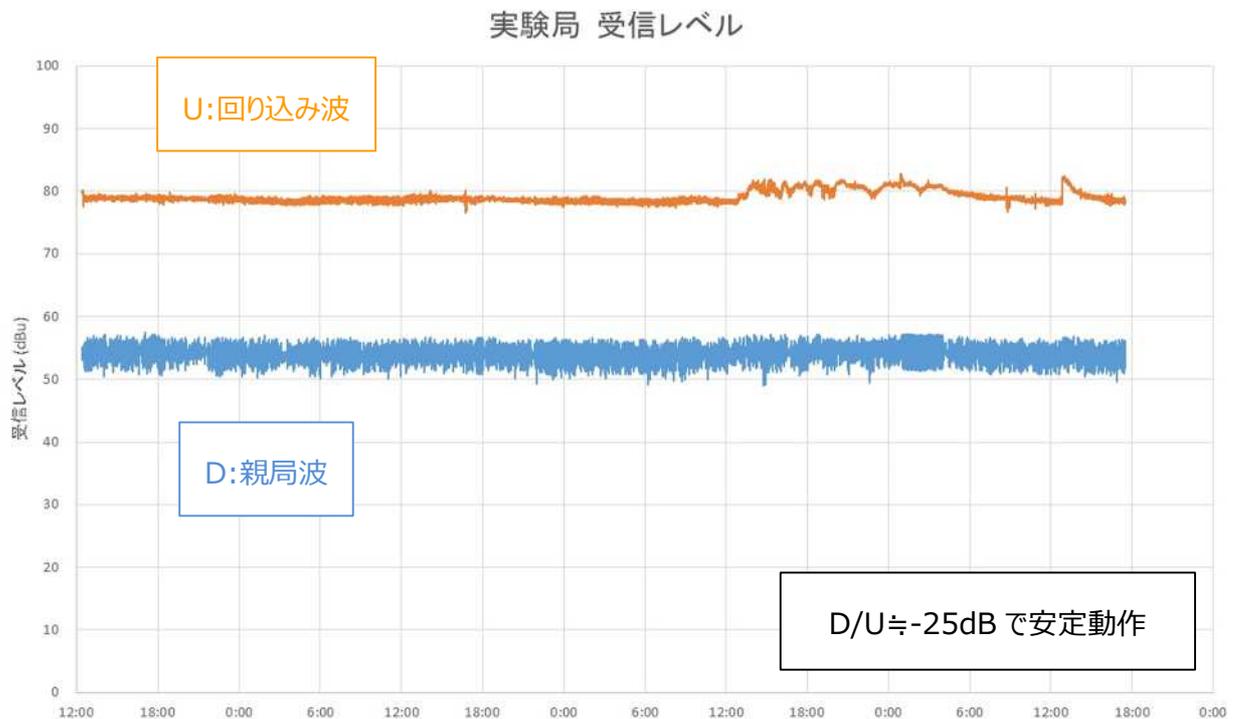


図 9 KRY 豊北実験局でのデータ

7 高機能 FM 中継装置 キャンセル性能

- 回り込みキャンセル (2 アンテナ方式)

 - 限界 D/U : -40 dB 以下

 - 実用 D/U : -30 dB 以上

- 回り込みキャンセル (1 アンテナ方式)

 - 限界 D/U : -20 dB 以下

 - 実用 D/U : -10 dB 以上

- マルチパス除去

 - 限界 D/U : 親局希望波に対して 3 dB 以下

 - 遅延時間範囲 : 0 ~ 300 μ s (装置遅延時間以内)

資料 7 : 主な用語

主な用語

FM 同期放送

同一番組を放送する放送区域が隣接する FM 放送局に同一の周波数を割り当てることを可能とする技術。周波数や音声信号の精密な管理の上で実現される技術である。

GPS

Global Positioning System の略。全地球測位システム。米国が打ち上げた 24 個の人工衛星からの電波を利用して正確な軌道と時刻情報を取得することにより、現在位置の緯経度や高度を測定するシステム。

IP

Internet Protocol の略。インターネットによるデータ通信を行うための通信規約。

IP アドレス

インターネット等の TCP/IP 環境に接続されているコンピュータの識別番号。同じ識別番号が重複しないように、IANA(Internet Assigned Numbers Authority)から各 RIR(地域インターネットレジストリ、アジアは APNIC)へアドレスブロックが割り振られ、さらに NIR(国別インターネットレジストリ、日本の場合は JPNIC)に割り振られる。

IP マルチキャスト

インターネット等の TCP/IP ネットワーク上において、複数の相手に一斉に同じデータの送信を行なうための IP の追加仕様のこと。

PSER

Pilot Signal Error Ratioの略。FM同期放送の品質を測定する手法と考案された。「雑音」と「パイロット信号」の比によって表され、FM同期放送の干渉領域においてパイロット信号をベースに品質を測定する手法である。パイロット信号のあるステレオ方式のみの測定であるが、通常のプログラムで品質測定ができるメリットがある。単位は一般的にデシベル(dB)が用いられる。

SFN

Single Frequency Networkの略。単一周波数中継。複数の放送局から同一の送信周波数で同一のプログラム(同一変調内容)を放送するネットワークのこと。

SINAD

Signal to Noise And Distortionの略。FM方式の無線受信機の感度測定基準として用いられている値のことである。

「信号(signal)」「雑音(noise)」「ひずみ(distortion)」の各要素の和に対する、「雑音」と「ひずみ」の和との比によって表される。単位は一般的にデシベル(dB)が用いられる。

信号を「S」、雑音を「N」、ひずみを「D」とすれば、SINADは以下の式によって導かれる。(S+N+D)/(N+D)

STL

Studio to Transmitter Linkの略。放送局のスタジオから送信所へ番組を伝送する固定無線回線。

TTL

Transmitter to Transmitter Linkの略。送信所から別の放送エリアをサービスする送信所へ番組を伝送する固定無線回線。

ギャップファイラー

Gap Filler”(「隙間を埋める」の意)が示すように技術的な意味の用語であり、放送電波が山間部などの地理的条件や建造物で遮られて電波の届かない地域に追加的に置局する極微小電力の中継局。

準天頂衛星

地球周回軌道のうち静止軌道を約 45 度傾けた軌道上を周回する人工衛星。少なくとも 3 機以上の人工衛星を互いに同期して配置することにより、常に一つの人工衛星が日本の天頂付近に滞留することになるため、ビル等の建造物に影響を受けない通信サービスの提供が可能となることが特長。

デジタル信号

データを 2 進数等の数字列として表現されたもの。コンピュータとの相性が良く、データの転送、圧縮等のデータ処理技術に使用されている。

デジタル放送

デジタル信号を用いて放送する方式。また、その放送。高品質な放送が可能で、既存のアナログ放送に比べて電波の利用効率が低い、コンピュータ等との相互接続が容易であることが特長。