

地上デジタル放送用送信ネットワークシステム

Transmission Network Systems for Digital Terrestrial Broadcasting

田中 秀一

■ TANAKA Hidekazu

杉山 泰司

■ SUGIYAMA Taiji

石田 利博

■ ISHIDA Toshihiro

わが国は山間地が多いという特徴があるため、従来のアナログ地上テレビジョン放送(以下、地上放送と略記)では親局送信所に加え数多くのテレビ(TV)中継送信所を設けて放送エリアをカバーしてきた。地上放送のデジタル化に伴い、OFDM(直交周波数分割多重)変調方式やSFN(単一周波数ネットワーク)と呼ばれる周波数有効利用技術を活用しても数多くの中継送信所が必要となる。放送エリア全般に良好なデジタル放送を提供するには、親局送信所から多数の中継送信所まで放送プログラムを効率よく伝送し、より効率的な放送送信ネットワークシステムを実現することが課題となる。送信ネットワークシステムには、STL(Studio Transmitter Link)/TTL(Transmitter to Transmitter Link)回線にTS(Transport Stream)伝送方式又はIF(Intermediate frequency)伝送方式、放送波中継方式などが存在し、全国各地区ごとに最適な組合せが異なる。

東芝は、全国各地区の放送事業者に送信ネットワークシステムの最適な組合せを提供すべく、地上デジタル放送用送信ネットワークシステムについてシミュレーションによる伝送品質の検証をはじめとする技術開発に取り組んできた。このシミュレーションによる伝送品質の検証結果に基づき定めたガイドラインや手法を用いて、現在、全国各地区で送信ネットワークの提案活動を展開している。

A characteristic of terrestrial television broadcasting in Japan is coverage of most broadcasting areas by analog television transmitting stations in addition to the main station, due to the country's mountainous terrain. In developing digital terrestrial television broadcasting, orthogonal frequency division multiplex (OFDM) transmission system and a single-frequency network (SFN) have been adopted for effective frequency usage, requiring a large number of stations. In order to deliver satisfactory digital broadcasts, however, the methods of transmission to the main station and relay stations have been a problem to be solved.

Toshiba has been working on technical innovation of transmission network systems for digital terrestrial television broadcasting, in order to offer such systems for use in television broadcasting services. We present each client with customized guidelines and methods based upon simulations and calculations to assure that the performance of each transmission network system performs is of the necessary quality.

1 まえがき

地上デジタル放送は従来のアナログ放送と異なり、TV受信機復調入力で所要C/N(Carrier to Noise ratio)が確保されていれば、どこで受信しても鮮明な画像や品質の良い音声を提供される。一方、所要C/Nが確保できない場合には、デジタル放送特有のクリフエフェクトと称される現象により、放送サービスの提供を受けることが急激に不可能となる。

地域にテレビジョン放送波を送信する送信所が多くあり、それらを結ぶネットワークを多段中継網として構築する場合、末端の送信所までC/Nが確保される必要がある。

地上放送のプログラムを各放送所に伝送する手段として、SHF(Super High Frequency)帯の無線周波を利用したマイクロ波STL/TTL装置、上位送信所の放送波を後段の中継送信所で受信する放送波中継方式、及び光ファイバでプログラム信号を伝送する方式がある。

これらの伝送方式を有機的に組み合わせて最下位の中継送信所においても必要性能を確保し、かつ効率的な放送用送信ネットワークの実現が必要となる。

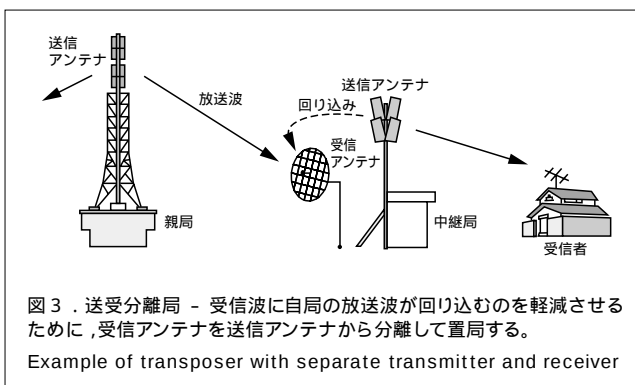
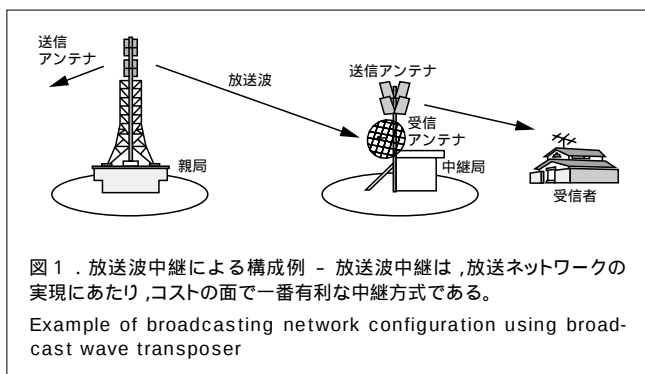
東芝は、これらの伝送システムのすべてにわたり放送事業者にシステムを提供してきたが、ここではその概要と特長、及び放送用送信ネットワーク構築の考え方について述べる。

2 放送波中継を実現する課題と対策

2.1 放送波中継方式の概要

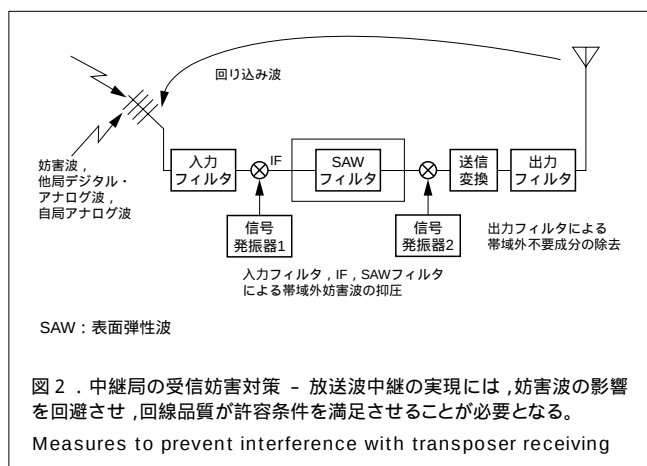
従来のアナログ放送ネットワークでもいちばん多く採用されている、放送波による中継方式である。

放送ネットワークの実現にあたり、伝送路で発生する信号品質の劣化と遅延の許容条件を満足させれば、別回線用の設備を必要とせずコストの面でいちばん有利な中継方式である(図1)。



2.2 放送波中継を実現するための課題

放送波中継を実現する課題として、妨害波の問題が挙げられる。妨害波としては、受信アンテナに到来する他局からのアナログ波及びデジタル波以外に、SFNで放送波中継を行う場合には、送信波が自局の受信アンテナに回り込むことによる放送装置の発振現象を防ぐために、再送信波の回り込み(マルチパス)を抑えなければならない(図2)。



放送波中継の実現には、これらの妨害波の影響を回避させ、回線品質が許容条件を満足させることが必要となる。

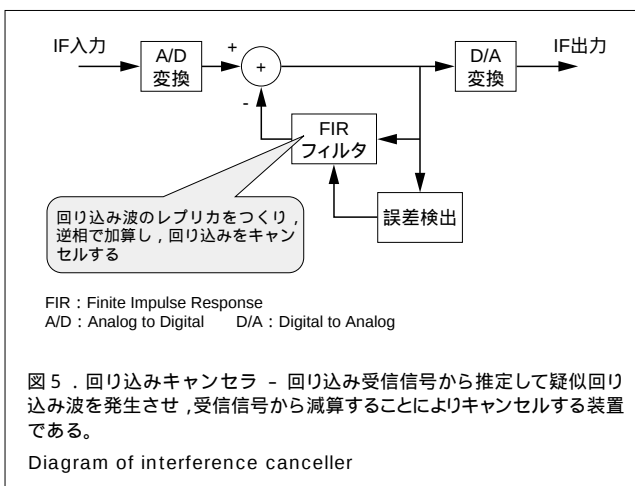
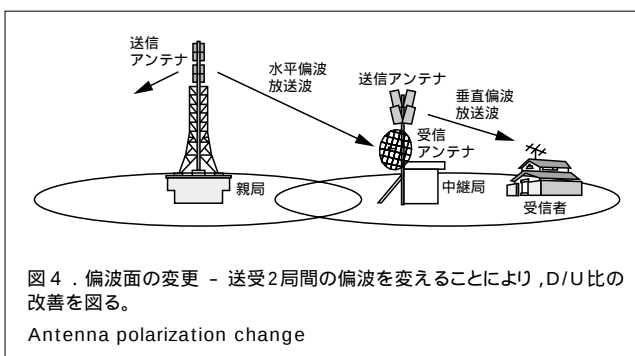
2.3 妨害波の対策例

- (1) 送受分離 自局の送信波による回り込みを軽減させるために、受信アンテナを送信アンテナから分離して置局する。受信アンテナと中継局への信号伝送手段として、無給電の光伝送装置が考案されている(図3)。
- (2) 指向性受信アンテナの採用 妨害波の到来方向にヌルの指向性を持たせることで、D/U(Desired to Undesired ratio)比の改善を図るアンテナシステムである。サイドローブ特性を軽減させて鋭い指向性を持たせた、低サイドローブアンテナが考案されている。
- (3) アンテナ偏波面の変更 送受2局間の偏波を変え

ることによりD/U比の改善を図る。一般的な受信アンテナでは、偏波面効果として約10 dB程度のD/U比の改善効果が見込まれており、受信対策は必要となるが所要D/U比の確保が容易となる(図4)。

- (4) 回り込みキャンセラ 回り込み受信信号から推定して擬似回り込み波を発生させ、受信信号から減算することによってキャンセルする装置である(図5)。

回り込みの状態は周囲環境により大きく左右され、フィールド実験では数十波～数百波の回り込みが発生することが明らかになっている。装置には、回り込みに対して安定かつ高速に追従する補償能力が要求される。



(2) IF 伝送方式：TTL の比較的末端の回線(枝線)

具体的な地域の検討を行う際には、初期段階ではガイドラインをもとに検討を進め、それにその地域固有の条件を加味して、最終的には各種条件を総合的に判断して伝送方式を決めている。

4.3 回線設計

マイクロ波中継を行う場合は、まず、その回線が単独回線として伝送品質を確保できるかどうかを検討する必要がある。

回線成立の可否は、電波法関係審査基準に規定されているパラメータや当該回線固有のパラメータなどから、平常時やフェージング発生時の受信機入力 C/N を算出し、その値を規定値と比較することにより判断される。回線設計の一例を表 1 に示す。もしもこの検討で回線構築が不可能という結果が出た場合は、その検討で用いた送受空中線径や送信電力などを再調整したうえであらためて再検討を行う。

4.4 干渉検討

マイクロ波回線は、その回線が単独で回線が成立している場合でも、他の回線からの影響を受けることにより伝送品質を確保できない場合がある。これについては、電波法関係審査基準で混信保護値と呼ばれる干渉量が規定されており、当該回線が実際に受けている干渉量の算出値と混信保護値との比較により、回線成立の可否を判断している。

IF 伝送方式は TS 伝送方式よりも混信保護値の規定が厳しいため、この検討で、" TS 伝送方式は採用可能であるが、IF 伝送方式は採用が困難である " という結論になる場合もある。

5 あとがき

地上デジタル放送における送信ネットワーク構築のための考え方や技術課題に対する対応方法を示し、中継回線としてマイクロ波帯を使用した STL/TTL 伝送回線及び放送波中継による伝送回線のそれぞれにつき回線設計例を述べた。実際のネットワークでは、フェージングや他局からの干渉波、自局からの回り込み波などの数々の影響が予想されるが、今後は、これらの影響を定性的かつ定量的に把握しておくことにより、地域に合った、信頼性に優れた送信ネットワークの実現に向けて、各地への展開を進めていきたい。



田中 秀一 TANAKA Hidekazu

社会ネットワークインフラ社 放送システム事業部 放送システム技術部グループ長。放送送信ネットワークシステムの開発企画業務に従事。
Broadcasting Systems Div.



杉山 泰司 SUGIYAMA Taiji

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場 送信機器部主務。地上デジタル放送用送信機のシステム設計に従事。映像情報メディア学会会員。
Fuchu Operations - Social Network & Infrastructure Systems



石田 利博 ISHIDA Toshihiro

社会ネットワークインフラ社 放送システム事業部 放送システム技術部。放送送信ネットワークシステムの開発企画業務に従事。
Broadcasting Systems Div.

表 1 . マイクロ波中継の回線設計例

Example of transmission link design for microwave relay system

区 間		送信局	受信局
		金甲山	笠岡
標 高	(m)	380	279
緯度(北緯)	(°)	34 : 33 : 33	34 : 27 : 37
経度(東経)	(°)	133 : 57 : 53	133 : 30 : 23
空中線地上高	(m)	30.0	30.0
距 離	(km)	43.5	
伝搬路種別		海上	
受信方式 / 受信空中線間隔		SD 受信 / Δh = 10 m	
周波数帯		D	
伝送方式		IF 低雑音方式	
変調方式 / 伝送速度		OFDM/28.8 Mbps	
1 送信電力 : Pt	(dBm)	32.0(1.6 W)	
2 自由空間損失 : Lo	(dB)	142.1(43.5 km)	
3 付加損失 : LO1	(dB)		
4 給電線損失(T) : Lft	(dB)	1.4(○ 30 m □ 1 m)	
5 給電線損失(R) : Lfr	(dB)	1.4(○ 30 m □ 1 m)	
6 空中線利得(T) : GAt	(dB)	39.0(2 mφ(レドーム付))	
7 空中線利得(R) : GAr	(dB)	39.0(2 mφ(レドーム付) × 2)	
8 高周波共用回路損失 : LD	(dB)	11.5(Tx : 5.0 dB Rx : 6.5 dB)	
9 反射板利得 : Ref	(dB)		
10 反射板角度損失 : Lθ	(dB)		
11 標準時受信入力 : Pr	(dBm)	- 46.4(- 58.5 + Fmr/2 = - 47.6 dBm ; 1.2 dB)	
12 受信雑音電力 : Prni	(dBm)	- 97.7(B : 6 MHz F : 8.5 dB)	
13 標準入力時 C/N : C/N(r)	(dB)	51.3(Pr - Prni)	
14 標準入力時限界 C/N : C/Ntho	(dB)	43.5	
15 標準入力時回線マージン : ML	(dB)	7.8(C/N(r) - C/Ntho)	
標準入力時判定		○ (ML > 0 : ○ , ML 0 : ×)	
16 レーレーフェージング発生確率 : PR		2.203 × 10 ⁻²	
17 目標回線品質を満足するための所要フェージングマージン : Fmr	(dB)	21.8(Pir = 5.0 × 10 ⁻⁷ / 改善度 A = 13.3 倍)	
18 回線瞬断率規格を満足するための所要フェージングマージン : Fms	(dB)	21.8(Pis = 5.0 × 10 ⁻⁷ / 改善度 A = 13.3 倍)	
19 フェージング時受信入力 : Pr(Fmr)	(dBm)	- 68.2(Pr - Fmr)	
20 フェージング時 C/N : C/N(Fmr)	(dB)	29.5(Pr(Fmr) - Prni)	
21 フェージング時限界 C/N : C/Ntho	(dB)	28.0	
22 フェージング時回線マージン : ML(Fmr)	(dB)	1.5(C/N(Fmr) - C/Ntho)	
フェージング時判定		○ (ML(Fmr) > 0 : ○ , ML(Fmr) 0 : ×)	

< 参考 >

1 区間回線瞬断率 : Pi	(%)	1.55 × 10 ⁻³
2 区間許容回線瞬断率 : Pio	(%)	2.18 × 10 ⁻³