

平成 21 年度 成果報告書

「非圧縮 HD 映像の IP 伝送国際標準方式の開発と IPv6 実環境評価の研究開発」

目 次

1	研究開発課題の背景	2
2	研究開発の全体計画	
2-1	研究開発課題の概要	4
2-2	研究開発の最終目標	5
2-3	研究開発の年度別計画	7
3	研究開発体制	
3-1	研究開発実施体制	8
4	研究開発実施状況	
4-1	SMPTE2022-5/6 に準拠した IP ネットワーク伝送装置の先行開発	9
4-1-1	研究開発内容	9
4-1-2	SMPTE2022-5/6 対応の論理回路、および制御用ファームウェアの開発	9
4-1-3	パケットフォーマットの確認、および 2 装置間での映像伝送の確認	10
4-1-4	FEC 動作の確認	11
4-1-5	達成状況	12
4-2	無瞬断切替機能の開発	13
4-2-1	研究開発内容	13
4-2-2	無瞬断切替機能の論理開発、および制御用ファームウェアの開発	13
4-2-3	無瞬断切替機能の確認	13
4-2-4	達成状況	14
4-3	IPv6 マルチポイント通信の実証実験	15
4-3-1	研究開発内容	15
4-3-2	実施状況、および達成状況	15
4-4	総括	15
5	参考資料	
5-1	研究発表・講演等一覧	16
5-2	産業財産権	16

1 研究開発課題の背景

NGN(Next Generation Network)に代表される近年の通信の IP 化と 2011 年の地上波デジタル放送への移行を見据え、世界各国で映像伝送の IP 化が進んでいる。この動きは、IPTV、VOD といったコンシューマをターゲットしたサービスだけではなく、放送局間の映像伝送、あるいは国内外のスポーツ中継の様な放送品質の映像伝送を扱うネットワーク（コントリビューションネットワーク）にまで波及してきている。さらに、放送分野だけに留まらず、ODS(Online Digital Source)の様な新しいコンテンツビジネスにおいても、リアルタイムでの高品質映像の IP 伝送が求められている。

コントリビューションネットワークでの放送品質の映像伝送は、極めて大容量（非圧縮 HD:1.485Gbps/1HD 映像、高品質圧縮:100Mbps 以上/1HD 映像）であり、帯域を保証して高品質（ノーパケットロス）で伝送する事、および低遅延（数 10ms 程度）である事が求められる。このため、従来は SDH 網あるいは PDH 網を用いた専用線を用いてネットワークを構築していた。当社は SDH 網を前提としたコントリビューションネットワーク用に MD6000 という映像伝送装置を開発し、2006 年の FIFA ワールドカップサッカーに採用された（図 1-1）。その後、IP ネットワーク対応の映像伝送・ルーティング装置として MD8000 シリーズを開発し、2008 年にドイツの M&B 社の NGN に本格採用された（図 1-2）。この MD8000 の開発にあたり、非圧縮 HD、高品質圧縮 HD、オーディオ、帯域保証されたイーサネットインタフェース、SDH、E1 等の専用線を統一されたプロトコル・アーキテクチャの基で転送し、再生する技術を確認した。コントリビューションネットワーク用の機器を提供している会社はワールドワイドで Net Insight 社、Everts 社、T-VIPS 社、Path 1 社等があるが、IP ネットワーク上での非圧縮から高品質圧縮までをサポートし、商用ベースの実績を持つ会社は当社のみである。当社は MD8000 の開発に際して、独自のパケットフォーマットを RTP プロトコル上で開発した。

一方、IP ネットワーク上で、非圧縮映像を転送するニーズが高まった事から、世界標準化を行う動きが VSF(Video Services Forum)の HBRV(High Bit Rate Audio/Video Over IP)と呼ぶアクティビティグループで進んでいる。当社はこの標準化活動に参加し、HBRV のコチェアマンである当社 US 法人の John Dale を通して、各種の提案を行い、採用されてきた。

HBRV では標準化の仕様がほぼ決まりつつあり、SMPTE で仕様承認が 2010 年中には行われる見込み(SMPTE2022-5/6)となっている。

この HBRV の仕様を先取りし、当社の既存のプラットフォームを活用し実現する事により、世界で最初に標準仕様に準拠した製品を実現し、先行者として市場シェアの確保を狙うとともに、市場そのものの拡大を図りたいと考えている。



図 1-1 2006 年 FIFA ワールドカップサッカーネットワーク構成図

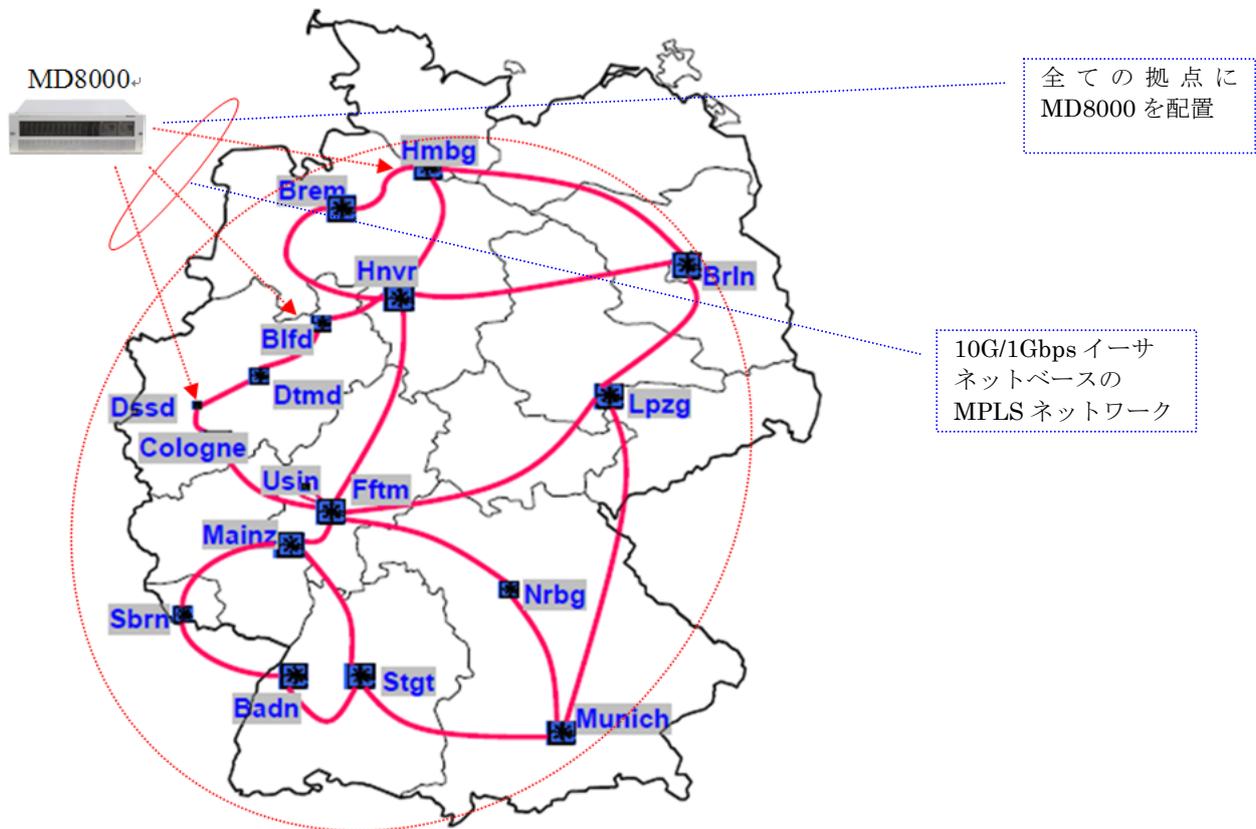


図 1-2 ドイツ M&B 社の NGN 構成図

2 研究開発の全体計画

2-1 研究開発課題の概要

非圧縮 HD 映像信号 (1.485Gbps)、または非圧縮 SD 映像信号 (270Mbps) を IP ネットワーク上でリアルタイム伝送するための国際標準規格 (SMPTE2022-6)、およびその伝送に関する誤り訂正 (FEC) 方式の国際標準規格 (SMPTE2022-5) へ準拠し、ネットワークの冗長化構成時にネットワーク障害が発生しても映像に乱れを起こさない無瞬断切替を可能とする伝送装置を開発し、標準規格に関する先行製品化を行うとともに、次世代ネットワークの標準である IPv6 ネットワーク上で多拠点へリアルタイムの映像配信を行い実証評価する。

サブテーマを以下に示す。

(ア) SMPTE2022-5/6 に準拠した IP ネットワーク伝送装置の先行開発

映像を IP ネットワークに伝送する規格として現在、SMPTE2022-2、RFC3497、RFC4175 の 3 つがあるが、「実用的な非圧縮映像のリアルタイム伝送」という用途に用いるにはそれぞれ問題がある。これらの規格の課題をすべて網羅し、解決する形で、SMPTE2022-5/6 の策定が進められている。本研究開発では、この最新規格 SMPTE2022-5/6 に準拠した伝送装置を世界に先駆け開発する。具体的には SMPTE2022-6 に準拠したパケットフォーマットで伝送し、SMPTE2022-5 に準拠した FEC (Forward Error Correction) により、パケットロス発生時の回復を行う機能を当社の MD8000 上で実現する。

(イ) 無瞬断切替機能の開発

冗長化した 2 つの伝送路の遅延時間の差分を受信側で自動的に計算し、その差分を受信側のバッファで吸収し、エラー検出時に映像信号のソースを受信側のバッファの出力口で切り替える事により、映像の乱れなしでの切替を可能とする無瞬断切替機能を上記(ア)の伝送装置向けに開発する。

(ウ) IPv6 マルチポイント通信機能の研究開発

映像の伝送においては、1 つのストリームを複数の宛先に転送するための機能が、必須となる。本研究開発においては、1 つのストリームを伝送装置がコピーし、複数の宛先に別々の個別アドレスを用いて転送するマルチポイントに関する技術的課題の明確化を行い、機能を実現する。

(エ) IPv6 マルチポイント通信の実証実験

研究開発テストベッドネットワーク JGN2plus を活用した実証実験を行う。サブテーマ「IPv6 マルチポイント通信機能の研究開発」の進捗状況に応じて、IPv6 ユニキャスト通信による実証実験、IPv6 マルチポイント通信の実証実験等を実施する。なお、JGN2plus における通信帯域確保の可否によっては、非圧縮 HD 映像を伝送することができない場合は、非圧縮 SD 映像あるいは圧縮した HD 映像など通信帯域を減らした映像フォーマットにより実証実験を行う。

2-2 研究開発の最終目標（平成23年10月末）

本研究開発全体の最終目標は「国際標準規格への先行対応」と「IPv6 対応」の2点になる。

全体目標を達成するためのサブテーマごとの目標を以下に記載する。

ア SMPTE2022-5/6 に準拠した IP ネットワーク伝送装置の先行開発

- (1) 正式規格化された国際標準規格と同様のパケットフォーマットを有し、2 装置間で映像の送信および再生ができること。本研究開発では国際標準規格への対応を目標としているので、規格への適用はもちろんのこと、実動作をさせること必須である。本目標は、MD8000 プラットフォームを 2 台対向接続する実験を行い、目標の達成を検証する。
- (2) 対向接続実験を行った際に、ネットワークアナライザを用い、パケットフォーマットの確認を行い、規格どおりであること。
- (3) 対向接続実験を行った際に、再生された映像信号が SMPTE 規格を満足すること。
- (4) SMPTE2022-5 にて規定される誤り耐力を有すること。
規格に記載されている誤り耐力を実証し、IP ネットワークでの実運用に耐えることを証明すること。本目標は MD8000 プラットフォームを 2 台対向接続した状態で、ネットワークエミュレータを用い、仮想ネットワーク上に誤りを発生させることで確認する。
- (5) SMPTE2022-5 にて規定される遅延時間以内であること。
リアルタイム伝送において、遅延時間は重要なファクターであり、本確認を行うことは必須である。
本目標は MD8000 プラットフォームを 2 台対向接続した状態で、送信元および再生側で映像の遅延を測定することで確認する。

イ 無瞬断切替機能の開発

- (1) 回線障害を検出することができ、出力映像に乱れなく切り替えが行われること。
MD8000 で実装されている無瞬断切替機能を SMPTE2022-6/5 に準拠したパケットフォーマットを有する形で実現する。
本目標は、MD8000 プラットフォームを 2 台対向接続する実験を行い、目標の達成を検証する。
- (2) 様々なネットワーク障害に対応できること。
IP ネットワーク上では、回線断、パケット欠落、パケット順序入れ替え等いろいろな障害が発生する可能性が十分にある。
そのため、IP ネットワーク上で想定される様々な障害に対して対応できる事を確認する必要がある。
本目標は MD8000 プラットフォームを 2 台対向接続した状態で、ネットワークエミュレータを用い、仮想ネットワーク上に誤りを発生させることで確認する。

(3)回線遅延差吸収機能の確認。

無瞬断切替機能では、両系の遅延差を計算し、それに基づき位相演算を行う。そのため、無瞬断切替機能にて対応可能な遅延差吸収可能範囲を測定する必要がある。

本目標は MD8000 プラットフォームを 2 台対向接続した状態で、ネットワークエミュレータを用い、仮想ネットワーク上に遅延を発生させることで確認する。

ウ IPv6 マルチポイント通信機能の研究開発

(1)本サブテーマに関してはサブテーマ「IPv6 マルチポイント通信の実証実験」の実証実験を成功させることが目標となる。

エ IPv6 マルチポイント通信の実証実験

(1)JGN2plus ネットワークを用い東京・広島間の通信実験を行い、IPv6 ユニキャスト通信機能を検証する。

(2)JGN2plus ネットワークを用い東京・広島等での通信実験を行い、IPv6 マルチポイント通信機能を検証する。

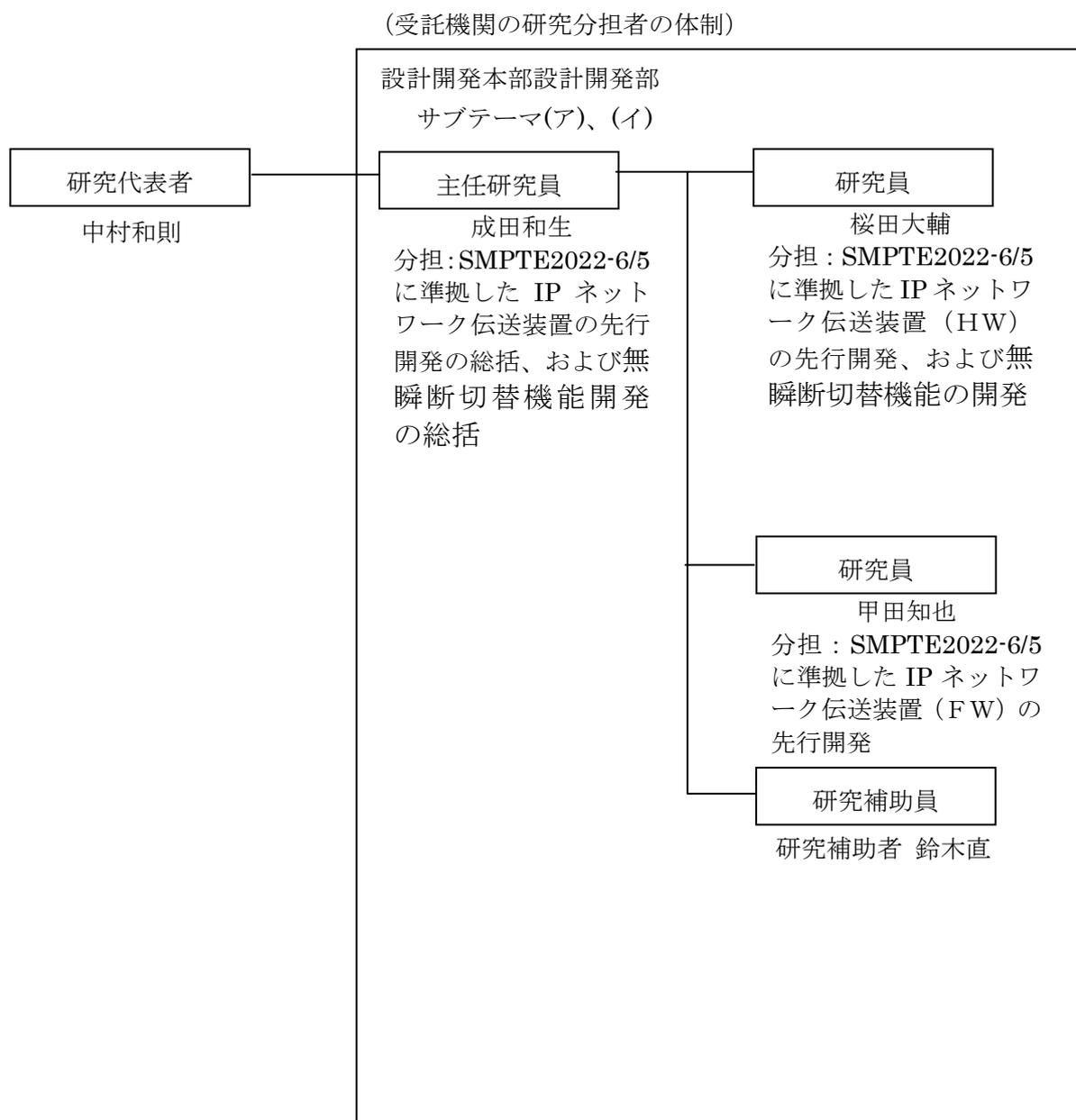
2-3 研究開発の年度別計画

金額は非公表

研究開発項目	21年度	22年度	23年度	計	備考
非圧縮 HD 映像の IP 伝送に関する国際標準方式の先行実現と実環境評価の研究開発					
ア SMPTE2022-6/5 に準拠した IP ネットワーク伝送装置の先行開発	-	-		-	
イ 無瞬断切替機能の開発	-	-		-	
ウ IPv6 マルチポイント通信機能の研究開発	-	-		-	
エ IPv6 マルチポイント通信の実証実験	-	-	-	-	
間接経費	-	-	-	-	
合計	-	-	-	-	

3 研究開発体制

3-1 研究開発実施体制



4 研究開発実施状況

4-1 SMPTE2022-5/6 に準拠した IP ネットワーク伝送装置の先行開発

4-1-1 研究開発内容

映像を IP ネットワークに伝送する規格として現在、SMPTE2022-2、RFC3497、RFC4175 の 3 つがあるが、「実用的な非圧縮映像のリアルタイム伝送」という用途に用いるにはそれぞれ問題がある。これらの規格の課題をすべて網羅し、解決する形で、SMPTE2022-5/6 の策定が進められている。本研究開発では、この最新規格 SMPTE2022-5/6 に準拠した伝送装置を世界に先駆け開発する。具体的には SMPTE2022-6 に準拠したパケットフォーマットで伝送し、SMPTE2022-5 に準拠した FEC (Forward Error Correction) により、パケットロス発生時の回復を行う機能を当社の MD8000 上で実現する。

4-1-2 SMPTE2022-5/6 対応の論理回路、および制御用ファームウェアの開発

当社の MD8000 の映像 IP 化ボードをプラットフォームとして使い、映像 IP 化ボードの FPGA (図 4-1 の赤枠表示) 上で SMPTE2022-5/6 に準拠した機能を実現する SMPTE2022-5/6 対応回路を開発した。

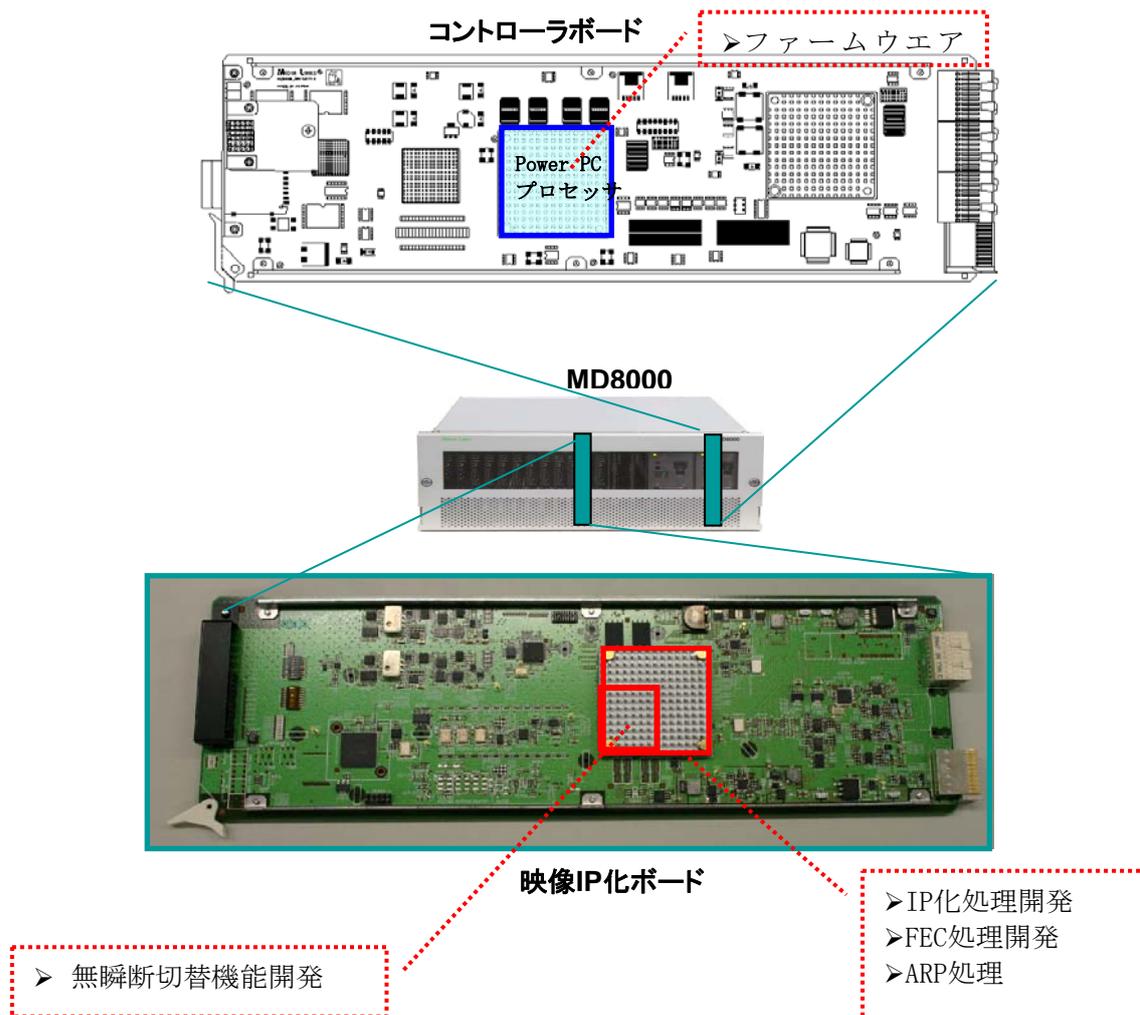


図 4-1 平成 21 年度の開発項目

また、コントローラボード上の Power PC プロセッサ（図 4-1 の青枠表示）から、新規開発の SMPTE2022-5/6 対応回路を制御するファームウェアを Vxworks RTOS 上のアプリケーションとして開発した。

4-1-3 パケットフォーマットの確認、および2装置間での映像伝送の確認

開発した SMPTE2022-5/6 対応の論理回路、および制御用ファームウェアを搭載した MD8000 2 台を対向接続し、送信されるパケットのフォーマットを確認するとともに、映像伝送が行なわれることを検証した。

パケットフォーマットについては、図 4-2 の構成で、映像信号装置 (TG700) からの映像信号を 10G Ethernet で対向接続した 2 台の MD8000 間で伝送し、パケットモニタ (MD1230B) を用いて伝送されるパケットのフォーマットが最新バージョンの SMPTE2022-5 ドラフト (Version1 2010-05-31)、SMPTE2022-6 ドラフト (Version2 2010-05-31) への準拠している事を確認した。

映像伝送については、図 4-2 の構成で、受信側の MD8000 から出力される映像信号を波形モニタ (WFM700) で観測し、映像信号に乱れがない事を確認した。併せて、再生された映像信号が SMPTE-292 規格を満足している事を確認した。

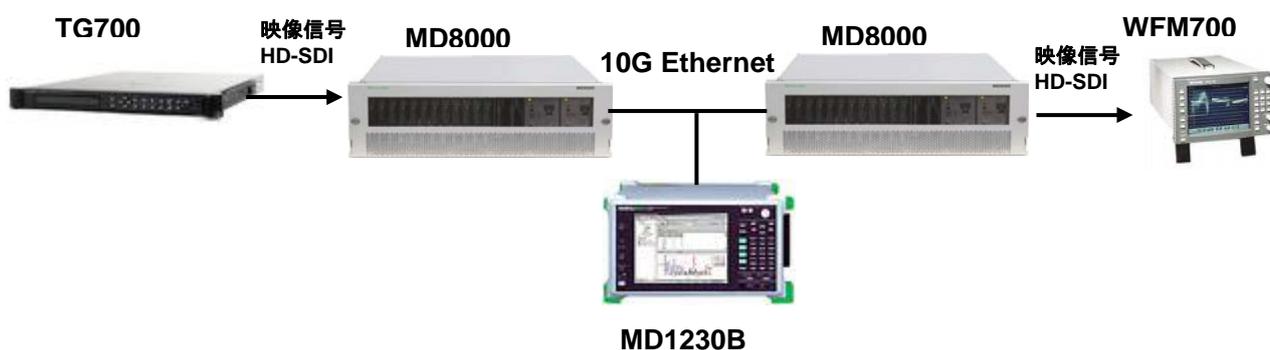


図 4-2 映像伝送の確認

また、送信側 MD8000 に入力された映像信号と受信側 MD8000 の出力する映像信号の間の遅延時間を測り、リアルタイム伝送に必要なとされる遅延時間以内 (100ms 以下) である事を確認した。実施計画においては、下記の表現の目標としたが、SMPTE2022-5 の最新ドラフト (Version1 2010-05-31) では具体的な遅延時間を規定していないため、実用上の許容数字 (100ms) をもって判断基準とした。遅延時間の計測結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 遅延時間の計測結果

映像信号の種別	受信側バッファ量の設定 (注 1)	遅延時間
HD-SDI (50Hz)	32 パケット	323.55us
HD-SDI (50Hz)	50 パケット	452.60us
HD-SDI (50Hz)	100 パケット	819.80us
HD-SDI (59.94Hz)	32 パケット	327.33us
HD-SDI (59.94Hz)	50 パケット	461.20us
HD-SDI (59.94Hz)	100 パケット	831.04us
HD-SDI (59.94Hz)	2000 パケット	14.55ms
HD-SDI (59.94Hz)	4000 パケット	74.60ms

注 1 : ネットワークでの伝送遅延のゆらぎ吸収と、FEC 用のバッファの合計値

4-1-4 FEC 動作の確認

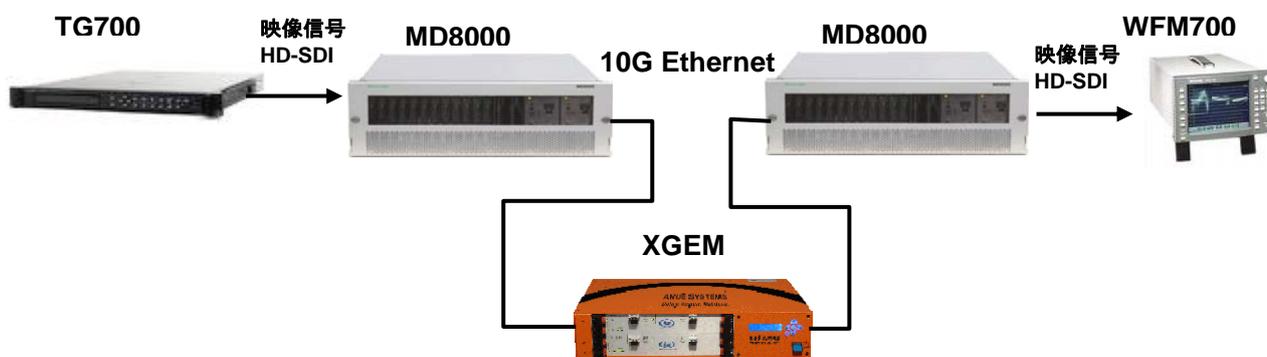


図 4-3 FEC 動作の確認

図 4-3 の構成を用いて、送信側の MD8000 が送信したパケットをパケットジッタ生成器 (XGEM) で破壊して、FEC 動作が正常に行なわれる事を確認した。パケットを破壊するモードとして、256 パケット、512 パケット、1024 パケットのバースト破壊を起こし、その修正が受信側で正常に行なわれる事 (受信側の MD8000 が出力する映像信号に乱れが起きない事) を WFM700 で確認した。

4-1-5 達成状況

SMPTE2022-5/6 対応の論理回路、および制御用ファームウェアを開発し、それらを搭載した MD8000 2 台を対向接続し、映像伝送を行ない、パケットのフォーマットを確認するとともに、受信側で出力される映像信号を波形モニタ (WFM700) で観測することにより、サブテーマ (ア) の最終目標である「正式規格化された国際標準規格と同様のパケットフォーマットを有し、2 装置間で映像の送信および再生ができること」と「対向接続実験を行った際に、ネットワークアナライザを用い、パケットフォーマットの確認を行い、規格どおりであること」、および「対向接続実験を行った際に、再生された映像信号が SMPTE 規格を満足すること」を達成した。

また、送信側 MD8000 に入力された映像信号と受信側 MD8000 の出力する映像信号の間の遅延時間を測り、リアルタイム伝送に必要とされる遅延時間以内 (100ms 以下) である事を確認する事により、サブテーマ (ア) の最終目標である「SMPTE2022-5 にて規定される遅延時間以内であること」を達成した。

パケットジッタ生成器 (XGEM) を対抗接続されている MD8000 の間に設置して、256 パケット、512 パケット、1024 パケットのバースト破壊を起こし、その修正が正常に行なわれる事を確認する事により、サブテーマ (ア) の最終目標である「SMPTE2022-5 にて規定される誤り耐力を有すること」を達成した。

上記により、実施計画における本サブテーマの 5 つの目標を全て達成した。

4-2 無瞬断切替機能の開発

4-2-1 研究開発内容

冗長化した2つの伝送路の遅延時間の差分を受信側で自動的に計算し、その差分を受信側のバッファで吸収し、エラー検出時に映像信号のソースを受信側のバッファの出力口で切り替える事により、映像の乱れなしでの切替を可能とする無瞬断切替機能を SMPTE2022-5/6 に準拠した IP ネットワーク伝送装置向けに開発する。

4-2-2 無瞬断切替機能の論理回路、および制御用ファームウェアの開発

図 4-1 の映像 IP 化ボード上の FPGA (図 4-1 の赤枠表示) 上で無瞬断切替の機能を実現する論理回路を開発した。また、コントローラボード上の Power PC プロセッサ (図 4-1 の青枠表示) から無瞬断切替機能の論理回路を制御するファームウェアを Vxworks RTOS 上のアプリケーションとして開発した。

4-2-3 無瞬断切替機能の確認

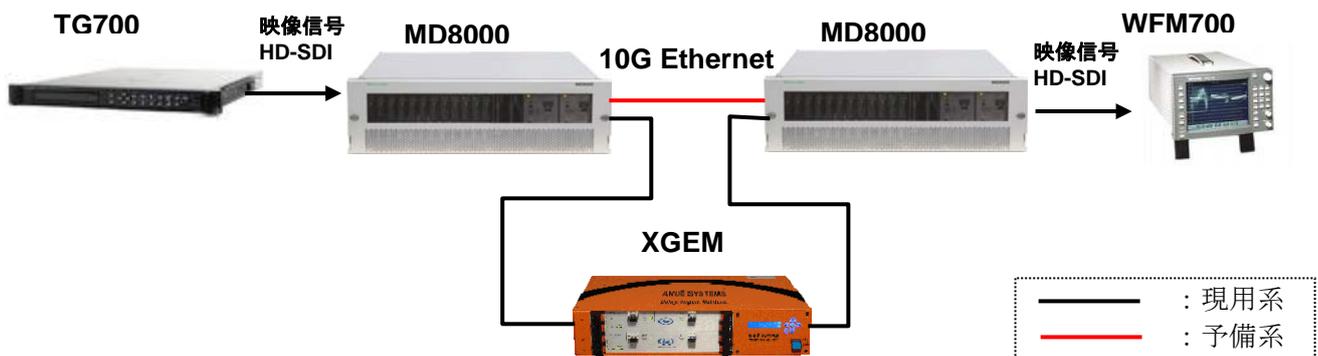


図 4-4 無瞬断切替機能の確認

図 4-4 の構成を用いて、下記のケースで無瞬断切替が発生する事、および受信側の出力する映像信号に乱れが発生しない事を WFM700 で確認した。

- (ア) 現用系 10G Ethernet のケーブル挿抜
- (イ) XGEM によるパケットロスの発生

また、現用系と予備系の遅延時間の差を 100ms となるように構成し、無瞬断切替機能の正常動作を確認した。この時の結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 無瞬断切替機能の確認結果

遅延条件	初期系	切替通知	映像出力
1系にデータ遅延付加 (100ms)	1系	発生	乱れなし
	2系	発生	乱れなし
2系にデータ遅延付加 (100ms)	1系	発生	乱れなし
	2系	発生	乱れなし

4-2-5 達成状況

無瞬断切替の機能を実現する論理回路、ファームウェアを開発し、それらを搭載した MD8000 2 台を対向接続し、10G Ethernet のケーブル挿抜、パケットロスの発生を起こし、受信側の出力する映像信号に乱れが発生しない事を確認する事により、サブテーマ（イ）の最終目標である「回線障害を検出することができ、出力映像に乱れなく切り替えが行われること」、および「様々なネットワーク障害に対応できること」を達成した。

また、現用系と予備系の遅延時間の差を 100ms となるように構成し、無瞬断切替機能の正常動作を確認する事により、サブテーマ（イ）の最終目標である「回線遅延差吸収機能の確認」を達成した。

上記により、実施計画における本サブテーマの 3 つの目標を全て達成した。

4-3 IPv6 マルチポイント通信の実証実験

4-3-1 研究開発内容

研究開発テストベッドネットワーク JGN2plus を活用した実証実験を行う。サブテーマ「IPv6 マルチポイント通信機能の研究開発」の進捗状況に応じて、IPv6 ユニキャスト通信による実証実験、IPv6 マルチポイント通信の実証実験等を実施する。なお、JGN2plus における通信帯域確保の可否によっては、非圧縮 HD 映像を伝送することができない場合は、非圧縮 SD 映像あるいは圧縮した HD 映像など通信帯域を減らした映像フォーマットにより実証実験を行う。

4-3-2 実施状況、および達成状況

下記の評価機材を調達した。

ローランド VC-300HD 2 台、Canon XH G1S 1 台、D-LINK DGS-3426P 2 台、D-LINK 10GBASE XFP DEM-422XT 2 個、D-LINK DEM-410X 2 台

平成 21 年度は、評価機材調達の事前準備を行なう予定となっており、上記により完了した。

4-4 総括

平成 21 年度に推進した 3 つのサブテーマのなかで、「SMPTE2022-5/6 に準拠した IP ネットワーク伝送装置の先行開発」、「無瞬断切替機能の開発」については、論理回路の開発、ファームウェアの開発を完了し、MD8000 実機を用いての機能の確認を完了し、サブテーマ (ア)、(イ) の最終目標を達成した。また「IPv6 マルチポイント通信の実証実験」については、平成 22 年度の実証実験に備えての、機材調達を完了した。

5 参考資料

5-1 研究発表・講演等一覧

<標準化提案>

John Dale、中村 和則、成田 和生：“WIP21 Considerations”，HBRAV-IP Meeting,
2009年11月24日

5-2 産業財産権

該当なし