

次世代画像圧縮技術(JPEG2000)を活用したH-2100 IP テレメータ

H-2100 IP Telemeter using JPEG2000 Technology

山道隆男 Takao Yamamichi, 為栗謙二 Kenji Tamekuri, 大木朋春 Tomoharu Ooki, 樋口 慶 Kei Higuchi

[要 旨]

2001年にJPEG(Joint Photographic Experts Group)より規格化されたJPEG2000画像圧縮技術を活用し、低ビットレートでの高画質伝送を特徴とする画像伝送ユニットを開発した。本ユニットは当社の遠隔監視装置(H-2100 IP テレメータ)の新コンポーネントであり、低ビットレート回線において、高圧縮・高品質画像による画像監視ソリューションの提供を従来にない低コストで実現した。また、既存システムに容易に導入することができ、圧縮画像・音声通話・監視データの同時伝送による総合監視システムの構築が可能になった。

[Summary]

We used JPEG2000 image compression technology standardized by JPEG (Joint Photographic Experts Group) in 2001 to develop a image transmission unit characterized by high definition and low bit rate. This unit is a new component in the H-2100 IP Telemeter remote surveillance equipment developed by our company and offering a low-cost image surveillance solution with high compression and high quality not found in previous low-bit-rate networks. Moreover, it can be introduced easily into existing systems to construct a comprehensive supervisory system using simultaneous transmission of compressed video and audio/surveillance data.

1 まえがき

Web カメラなどによる画像配信が身近になり、上下水道設備、無線設備、プラント設備等の設備監視として、各種センサによる接点信号や数値データ等による遠隔地からの状態監視(テレメータ)はもとより、人間にとって了解性の良い画像による目視監視への関心が高まってきている。

従来のアンリツ製テレメータシステムでは、通信回線にNTT3.4kHzアナログ専用回線(以下、アナログ専用線)を用いて、各種設備の状態監視と付属の専用電話装置を接続した通話サービスを同時に提供してきた。このシステムで画像監視ソリューションを提供する場合、次の方法^{1), 2)}により伝送路を確保し、専用の画像伝送装置を追加していた。

- (1) 画像伝送専用の通信回線を新たに設ける。
- (2) 画像伝送時には通信回線を切替える。

このようなことから、通信回線や専用装置を増設することなく、設備の状態監視、画像監視および音声通話サービスが提供できるテレメータシステムが望まれている。

以上のような背景から、通信回線として既設のアナログ専用線1回線を使用したマルチメディア監視(各種設備の状態監視、画像監視、音声による通話)サービスを実現できるH-2100 IP テレメータを検討し、従来のH-2100 IP テレメータに加えて、新たに業界初の画像監視用途の画像圧縮・伸張機能を持つ画像エンコードユニット(EH2047A)／画像デコードユニット(EH2048A)、状態

監視用データ、音声および画像の同時伝送機能を持つ通信制御ユニット(EH2049A)を開発した。

本稿では低ビットレート回線のデータ伝送でも画像品質を確保できるJPEG2000(Joint Photographic Experts Group 2000)³⁾規格を採用した画像適用技術や、マルチメディア伝送サービスを実現する帯域制御技術を中心に報告する。

実現されたH-2100 IP テレメータは、マルチメディア監視による最適な監視サービスソリューションが提供できることになった。

図1にH-2100IPテレメータシリーズの一角を担う、新たに開発したEH2047A画像エンコーダユニット、EH2048A画像デコーダユニット、EH2049A通信制御ユニットの外観を示す。



図1 EH2047A EJP2E, EH2048A EJP2D, EH2049A EQAM2
画像伝送ユニット外観
External views of EH2047A, EH2048A and EH2049A

2 開発方針

本開発の開発方針は、以下の点に留意した。

2.1 JPEG2000 の採用

静止画を主眼とした JPEG 画像圧縮技術に比べ、次世代の画像圧縮方式として規格化された JPEG2000 方式は、以下の特徴がある。

- (1) 約 1/2 の符号化されたデータ量で JPEG と同等の画質が得られる。
- (2) DWT(離散ウェーブレット変換:Discrete Wavelet Transform)[†] の採用により JPEG が採用する DCT(離散コサイン変換:Discrete Cosine Transform)特有のブロックノイズ(画像内部に現れる格子状の歪み)が発生しない。
- (3) DWT による単一符号化画像から複数解像度の画像を生成する画像階層性(スケーラビリティ)を利用し、配信対象(テレビ、PC、携帯端末等)に対して最適な解像度の画像を再生成することができる。

以上のことから、JPEG2000 は JPEG より圧縮率を上げ、画像ファイルサイズを小さくしても高品質な画像を実現できるので、低

ビットレート回線のデータ伝送に適し、画像更新間隔を縮めることが可能になる。

また、JPEG2000 専用 LSI が入手できるようになり、ハードウェアによる高速処理が可能になった。

図 2 に JPEG 方式と JPEG2000 方式の比較画像を示す。

2.2 多様な通信インフラへの対応

昨今では多様化する通信インフラの整備により、高速通信網[光、ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)、CATV(Community Antenna Television)ほか]による画像配信システムが増加している。一方では、既設のアナログ専用線の利用を望む顧客や高速通信網の整備が困難な地域も少なくない。

本開発では、顧客の要求および通信インフラの状況を鑑み、次の対応を図る。

- (1) アナログ専用線に対応した通信

通信速度は従来装置 1200bit/s から、本開発では低速度での利用を重視した 9600bit/s へ変更する。

- (2) 高速通信網の利用を可能とするインタフェースの実装

ネットワーク環境に容易に接続するため、LAN インタフェースを実装し、画像用内部バスをイーサネット通信とした。



JPEG 方式:ファイルサイズ:506kB(原画像)



JPEG 方式:ファイルサイズ:3.78kB(圧縮率 1/100 相当)



JPEG2000 方式:ファイルサイズ:245kB(ロスレス画像)



JPEG2000 方式:ファイルサイズ:3.63kB(圧縮率 1/100 相当)

図 2 JPEG と JPEG2000 の画像比較
Comparison of JPEG and JPEG2000 image data

[†] DWT: 2次元フィルタリング処理とサブサンプル(画素の間引き)を階層的に多段に組み合わせた処理。

2.3 データ・音声・画像の同時伝送

H-2100 IP テレメータの拡張ユニットとして、新たに 9600bit/s 通信制御ユニットを開発し、データと音声、さらに画像データを TDM (Time Division Multiplexing: 時分割多重) で同時伝送を実現する。

3 構成

3.1 装置構成

図 3 に H-2100 IP テレメータの画像伝送ユニットの内部ブロック図を示す。

(1) 基本ユニット

基本ユニットは主に電源部、主制御部、入出力処理部から構成される。

電源部は電源供給と保守用外部インタフェースを持ち、主制御部は装置自体の稼動状態の監視と全ユニットの動作パラメータを保持している。入出力処理部は外部機器と接続し、計装信号の入出力を行う処理部である。

内部バスには、EH2 独自データバスと画像用に汎用イーサネットバスを適用することで、低速～高速通信にも対応可能な装置構成をとった。

(2) EJP2E(画像エンコードユニット)

外部カメラ機器からの NTSC (National Television Standards Committee) コンポジット信号を入力し、画像コーデックで JPEG2000 に準拠したフォーマットに圧縮変換(エンコード)する変換ユニットである。

本ユニットは、エンコードした JPEG2000 画像データを内部メモリに蓄積すると共に、ネットワーク上に JPEG2000 フォーマットで配信することができる。

また、上位からのカメラ制御要求により、外部カメラ機器の制御(パン、チルト、ズーム、フォーカス等)を行うこともできる。

(3) EJP2D(画像デコードユニット)

JPEG2000 圧縮画像を伸長変換(デコード)して、外部表示機器に NTSC コンポジット信号として出力する変換ユニットである。

本ユニットがデコードする JPEG2000 画像データは、EJP2E または EQAM2 からイーサネットバスを介して取得した JPEG2000 フォーマットである。

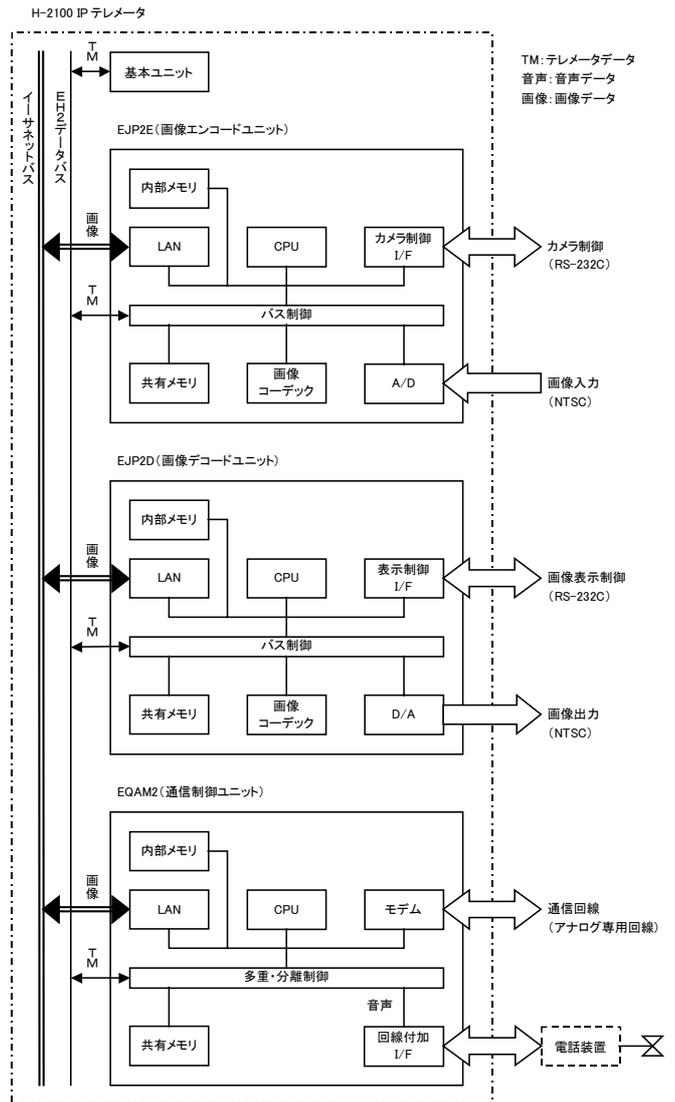


図 3 内部ブロック図
H-2100 Block diagram

(4) EQAM2(通信制御ユニット)

アナログ専用線を介して、対向する装置と通信する制御ユニットである。

本ユニットは、テレメータデータの伝送はもとより、外部に付属の電話装置を接続して音声データの入出力を行い、EJP2E/EJP2D と画像データの入出力を行う機能を持つ。

入力したテレメータデータ、音声データ、画像データは内部で TDM 多重化し、対向する装置に送信する。また、対向する装置から受信した TDM データは、内部で各種データに分離する。

EJP2E/EJP2D/EQAM2 の各ユニットはシステム構成によって自由に組み合わせることが可能である。次項で、システム構成例を示す。

3.2 基本システム構成（対向接続）

■図4は、H-2100 IPテレメータの基本システム構成に、本開発の画像ユニットを追加した場合の構成である。

3.3 応用システム構成（多段接続）

■図5は、H-2100 IPテレメータの応用システム構成であり、多段接続構成になっている。

■アナログ専用線を使用して、データ、音声および画像の異種データを同時伝送している。

■本構成では、任意の場所にカメラとモニタを設置し、各地点の監視を行うことができる。

4 設計の要点

4.1 画像入出力機能

(1) デュアルコーデックによる2種類の画像生成

EJP2E/EJP2Dは画像コーデック(以下、CODEC)を2つ搭載する。両ユニットのCODECは、標準画像(圧

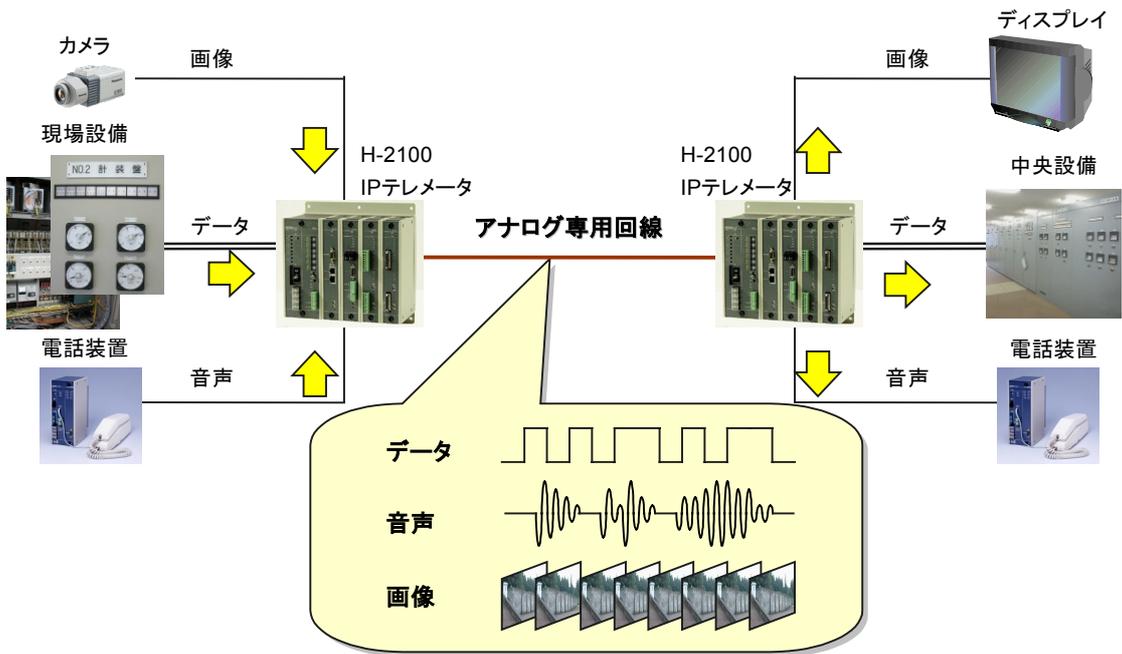


図4 基本システム構成
Basic system diagram

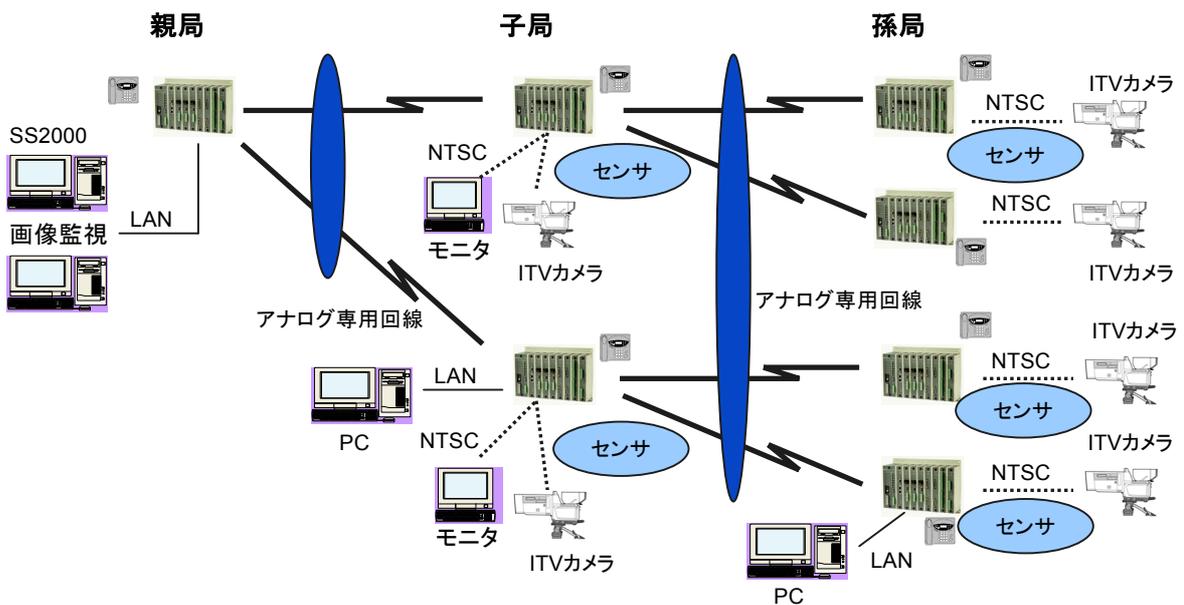


図5 応用システム構成
System application diagram

縮率 1/100 相当)と精細画像(圧縮率 3/100 相当)を伝送用途に使用する。各 CODEC は異なる動作パラメータを設定し、標準画像は中・低画質にして低速回線での画像配信用途、精細画像は高画質画像の蓄積用途や高速回線での画像配信用途に使用する。

(2) TV 会議用途への拡張機能

EJP2E はエンコード、EJP2D はデコードで使用することを標準としているが、動作パラメータの設定により両ユニットとも 1 つのユニットで画像のエンコード/デコードを同時に行える。これにより双方向の画像伝送が可能となり TV 会議などのシステムが実現できる。

(3) マルチ CPU による高速処理

EJP2E/EJP2D は、主制御用 CPU と 2 つの CODEC 内部の RISC エンジン(CPU)の、計 3 つの CPU を搭載している。主制御用 CPU は画像の蓄積とネットワークへの配信/取得処理に特化し、CODEC の CPU は画像のエンコード/デコードに特化することで負荷分散を行い、高速処理を実現した。

(4) Windows CE の採用

既存 H-2100 IP テレメータの開発に引き続き、OS (Operation System)に Windows CE を採用した。

これにより、以下の効果が得られる。

- (a) ソフトウェア資産の再利用による開発期間短縮
- (b) Windows アプリケーションと同等の開発効率確保
- (c) マルチプロセス/マルチスレッドによる同時処理実現

(5) 画像の切り出しと表示手法

図 6 に静止画像の表示手法を示す。EJP2E 内部の CODEC から出力される画像圧縮データは、連続した静止画像データである。EJP2E の開発において、連続的な画像データからヘッダ部分を検出するフィールドヘッダの監視、また、ヘッダ情報からデータサイズを求め 1 枚の静止画像として切り出し補正して最適なサイズとする自動データサイズ調整(パディング処理)を取り入れた。

切り出した静止画像は EJP2D でデコードされ、静止画として表示される。通常 1 枚の静止画像(1 フレーム画像)は、第 1 フィールド画像と第 2 フィールド画像から構成される(本開発表示手法 1)。静止画像の更新時間を短縮するため、EJP2E は第 1 フィールドのデータのみを伝送し、EJP2D は第 1 フィールドのデータを第 2 フィー

ルドデータとしてコピーして使用し、1 枚のフレーム画像に見せる手法を開発した(本開発表示手法 2)。これにより、画像の更新時間を 50%短縮した。

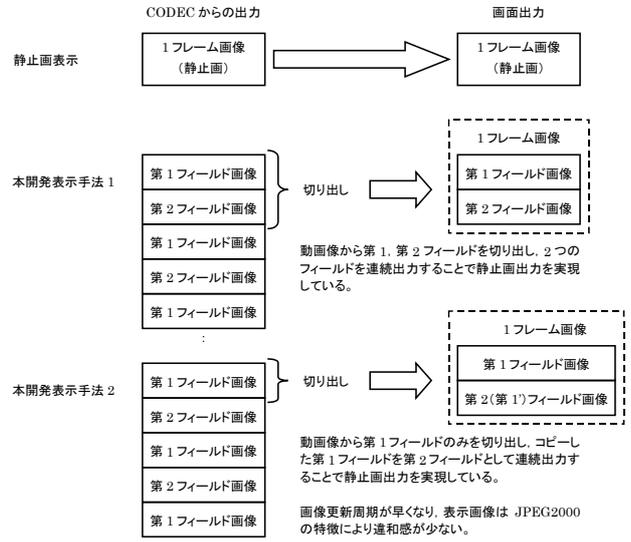


図 6 表示手法
Display method

(6) イベント発生時の画像蓄積(スキップバック機能)

カメラ側に設置される EJP2E は、画像を常時バッファリングしている。イベント発生時、動作パラメータで設定されたイベント前後の指定期間内に該当する全静止画像を内部メモリに蓄積する。蓄積した画像は、上位装置からの送信要求もしくはイベント発生時に伝送する。回線状態により伝送ができない場合でも、イベント発生時の画像を確実に EJP2E 内に蓄積できる。

(7) OSD (On Screen Display)

EJP2E/EJP2D は入出力画像に任意の文字列(画像情報、時刻等)を重ねて表示することができるので、システム構成や映像の利用目的に合った柔軟な対応が可能である。

(8) カメラ制御

標準カメラ制御として VISCA 準拠のプロトコルを実装した。また、EJP2E と EJP2D 間に仮想的なシリアル伝送路を提供するスルーモードカメラ制御により、シリアルインタフェースを持つカメラ操作器を使用したカメラシステムを構築することができる。

図 7 に標準カメラ制御、図 8 にスルーモードカメラ制御方式を示す。

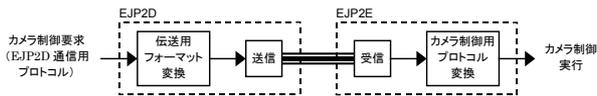


図7 標準カメラ制御
Standard camera control

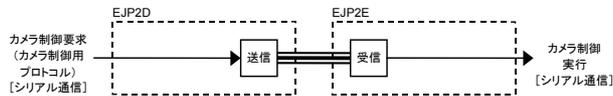


図8 スルーモードカメラ制御
Through-mode camera control

4.2 伝送機能

(1) QAM方式の採用

通信制御ユニットは、V.32 準拠の QAM (Quad Amplitude Modulation: 直交振幅変調) 方式を採用し、限られた帯域で効率よくデータ伝送を行うことができる。

テレメータデータと画像データの伝送プロトコルは HDLC (High-level Data Link Control procedure) 方式を使用しているが、伝送プロトコル処理を独自にカスタマイズし、データの更新周期を短縮した。

(2) 自動帯域制御方式

通信制御ユニットは 9600bit/s の帯域をフレームヘッダ (以下、ヘッダ) と下記の3つの論理チャンネルに分割し、各データを TDM 多重化してデータ伝送を行っている。

- (a) テレメータデータ (以下、TM データ)
- (b) 音声データ
- (c) 画像データ

図9に論理チャンネルの帯域構成例 (TM データ、音声データ、画像データ使用時) を示す。



図9 論理チャンネルの帯域構成
Logical channel diagram

TM データ用チャンネルは 1200bit/s の帯域を確保し、常時データ伝送が行われている。残りの帯域 (4000bit/s × 2) は音声データと画像データ用チャンネルに使用し、利用者の使用状況に応じて自動的に論理チャンネル構成を切り替える。

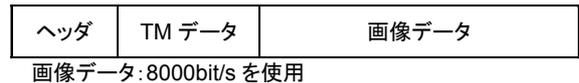
通常は TM データと画像データの伝送を行い、電話装置を利用した場合、画像データ用チャンネルの帯域を

自動的に半分にし、音声データ用チャンネルを確保して音声と画像の同時伝送を行う。また、画像データ用チャンネルをすべて音声データの伝送に使用することもできる。

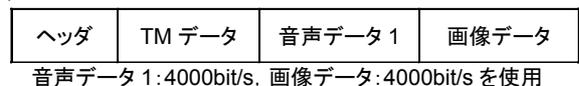
通信制御ユニットは互いにチャンネルの使用状態を監視し、不整合が生じないようにプロトコル処理をしている。

図10に、論理チャンネル構成の切り替え例を示す。

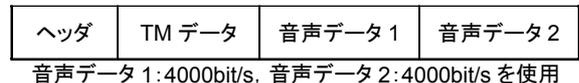
(a) TM/画像データ使用時



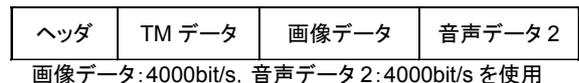
(b) 音声データ1使用時



(c) 音声データ1,2使用時(3者間通話)



(d) 音声データ使用時3(画像伝送再開)



(e) 通常状態に復帰

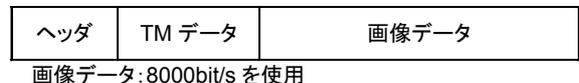


図10 論理チャンネル構成の切り替え例

Logical channel switching diagram

(3) 音声データ伝送

音声データ用チャンネルは、デジタル方式を採用した付属の専用電話装置から音声圧縮されたデータを入力し、TDM 伝送する。

通常、音声データは使用していないためヘッダ部にある呼制御プロトコルを監視することで通話開始の有/無を識別している。音声データが2チャンネル使用できるため、3者間同時通話も実現している。

(4) 画像データ伝送

画像データは限られた帯域しか使用できないため、画像データのサイズによって伝送時間が変わり、画像更新間隔も変化する。

NTSC 信号における標準画像 (圧縮率 1/100) のサイズと伝送時間の関係を表1に示す。

表1 画像データサイズと伝送時間
Image data size and transfer time

画面サイズ	画素数	圧縮率	データサイズ	伝送時間
VGA (640×480)	31万	1/100	約10kB	約11秒
H-VGA (640×240)	16万	1/100	約5kB	約6秒
QVGA (320×240)	8万	1/100	約3kB	約3秒

5 運用例

以上の開発により実現した H-2100 IP テレメータの導入運用例を示す。

5.1 フィールド実例

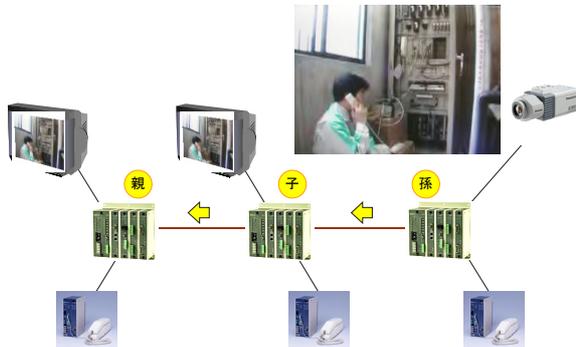


図11 システム構成図(簡易 TV 電話)
System diagram (Simple TV telephone)

図11は、親局～子局～孫局の多段接続の例である。

孫局にカメラと電話装置を設置し、親局と子局にはディスプレイと電話装置を設置している。孫局の画像を親局と子局のディスプレイで表示する。また、電話装置により通話が可能であり、同時に孫局の設備状態データを孫局→子局→親局へ送信し、親局で総合監視を行っている。

図12に、取得した伝送画像の例を示す。

6 むすび

他社に先駆けて、JPEG2000 次世代の画像圧縮技術を用い、低ビットレートでの音声、データ伝送と共に高画質画像伝送を実現することができた。今後は H-2100 IP テレメータを市場に展開して行くと共に、この技術と開発で培った JPEG2000 画像技術のノウハウを応用し、HDTV (High Definition TeleVision), スーパーハイビジョン(超高精細映像システム)等の新時代の画像製

品や如何なる通信回線・通信状態にも最適で高解像度の画像を提供できる画像伝送製品にも組み込んで行きたいと考えている。



図12 伝送画像
Transmitted image

表2 および表3 に主要仕様を次ページに示す。

参考文献

- 1) 中谷, 玉井, 森, 永井, 為栗, 大木, “IP 通信に対応した H-2100 テレメータ”, アンリツテクニカル 81 号 (Mar.2003)
- 2) 鈴木, 論手, 岩瀬, 石島, 井坂, “EV301 静止画像伝送装置”, アンリツテクニカル 69 号 (Mar.1995)
- 3) JPEG ~ Joint Photographic Experts Group ~, “<http://www.jpeg.org/jpeg2000>”
- 4) 遠隔監視制御装置[特開 2005-128941](出願中)
- 5) 表示画面制御装置[特開 2005-130390](出願中)

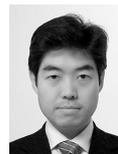
執筆者



山道隆男
システムソリューション事業部
第2ソリューション開発部



為栗謙二
システムソリューション事業部
第1ソリューション開発部



大木朋春
システムソリューション事業部
第2ソリューション開発部



樋口 慶
システムソリューション事業部
第2ソリューション開発部

表 2 画像入出力ユニット仕様

Image encoding and decoding unit specifications

型名	EH2047A (EJP2E) / EH2048A (EJP2D)		
装置名称	JPEG2000 画像入出力ユニット		
ユニット識別	EJP2E : 画像エンコードユニット, EJP2D : 画像デコードユニット		
画像	画像サイズ(解像度)	640×480, 640×240	
	圧縮方式	JPEG2000	
	画質	2段階設定 (標準, 精細)	
	画像転送速度	最大 30fps (640×480)	
	画像入出力形式	コンポジット (NTSC)	
		EJP2E : 画像入力モード, EJP2D : 画像出力モード	
	入出力コネクタ	BNC 1ch (入力/出力切替), RCA 1ch (保守モニタ用)	
画像バッファ	最大 54MB (内蔵メモリ)		
回線	通信インタフェース	LAN (Ethernet)	
	回線速度	10Mbit/s または 100Mbit/s	
	高速回線プロトコル	TCP/IP, UDP/IP, FTP, HTTP	
	入出力インピーダンス	100Ω	
	通信回線コネクタ	RJ-45 (正面パネル)	
	ポート数	1ポート	
制御	外部制御	Ethernet/RS-232C/外部接点 (入出力)	
	カメラコントロール	VISCA 準拠, 機器個別対応可	
内部通信	イーサネット回線	10BASE-T/100BASE-TX (IEEE802.3u 準拠)	
	レイヤ2スイッチ	画像通信 (ユニット間)	
	EH2バス	データ通信 (ユニット間)	
OSD	512文字種, 表示位置は指定可		
映像受信方式	ユニキャスト/マルチキャスト		
外形寸法	107mm (W) × 20mm (D) × 88mm (H) (突起部含まず)		
電源電圧	DC+5V		
消費電力	9W		
環境動作温度	0~45℃		

表 3 通信制御ユニット仕様

Transfer control unit specifications

型名	EH2049A (EQAM2)	
装置名称	通信制御ユニット	
回線	通信インタフェース	NTT3.4kHz アナログ専用線
	回線速度	9600bit/s
	低速回線用モデム	ITU-T V.32 準拠 (QAM 直交振幅変調方式)
	低速回線送信レベル	0~15dBm/600Ω (16段階の調整可能)
	通信回線	2W/4W 切替
	回線等化	2dB, 4dB, 6dB 選択 (内蔵)
	入出力インピーダンス	600Ω ±20%
	通信回線コネクタ	端子台 (正面パネル)
	ポート数	1回線
制御	外部制御	警報接点出力 (端子台)
	回線付加	電話装置 (オプション) インタフェース
内部通信	イーサネット回線	10BASE-T/100BASE-TX (IEEE802.3u 準拠)
	レイヤ2スイッチ	画像通信 (ユニット間)
	EH2バス	データ通信 (ユニット間)
外形寸法	107mm (W) × 20mm (D) × 88mm (H) (突起部含まず)	
電源電圧	DC+5V	
消費電力	7W	
環境動作温度	0~45℃	

論文

次世代画像圧縮技術 (JPEG2000) を活用した
H-2100 IP テレメータ

「アンリツテクニカル」82号 (2006.3) より抜粋

アンリツ株式会社