

# 専用線, ISDN, フレームリレーに対応した小型・軽量ネットワークデータアナライザ

MD6430A Compact and Lightweight Network Data Analyzer

UDC 621.317.34/.74

金網 哲一  
長島 芳信  
高橋 昇  
石山 伸記  
城所 久生  
宮下 英二

Tetsuichi Kanetsuna  
Yoshinobu Nagashima  
Noboru Takahashi  
Nobuki Ishiyama  
Hisao Kidokoro  
Eiji Miyashita

計測器事業本部 計測器事業部 第1開発部  
計測器事業本部 計測器事業部 技術部

## 1 まえがき

近年インターネットは、急速に発展している。世界中のインターネット・サーバ数は1999年1月末に4,000万台を突破、インターネット利用者数は2億人を超え、日本での利用者も人口の1割を超えて1,400万人に達している。電話網の変化を振り返ると、1965年にデジタル伝送が始まり、1997年すべての加入者交換機のデジタル化が完了するまで32年を要している。インターネットは、1991年のWWWブラウザの開発をきっかけに、わずか10年間で利用者数が100倍に成長した。この10年間にデータ通信の需要が伸び、国内においても2001年にはデータ通信のトラフィック量が、電話のトラフィックを上回ると予想されている。このようなデータ通信の急成長により、専用線サービス、ISDN、フレームリレーなどの電気通信サービスの利用者数も年々増加している。データ通信では、回線の品質が良好であることが円滑な通信を行う際の鍵となる。電気通信回線の品質を評価し、回線敷設工事や障害発生時の現場保守に必要とされる誤り測定器の需要は、今後もさらに大きくなることが予想される。

当社はすでに、データ通信の品質評価用としてプラグインユニット方式を採用し、新たなインタフェースにも柔軟に対応可能なデータトランスミッションアナライザ (MD6420A) を開発し、V, X, 1.5M, 2Mなどの10 Mbit/s以下のアクセスネットワーク用システムの開発、製造、保守に貢献してきた。しかし、測定器のフィールドでの使用の増加にともない、保守用測定器としてのさらなる小型化、上位レイヤへの対応、

バッテリー駆動への要求が高まってきた。

今回、MD6420Aの基本機能を維持しながら、フィールドでの使用を考慮した小型、軽量、バッテリー動作可能で、これまでの専用線レイヤ1測定に加え、ISDN発呼/着呼機能およびフレームリレー接続確認機能を新たに追加したMD6430Aネットワークデータアナライザを開発したので報告する。図1にMD6430Aの外観図を示す。



図1 MD6430A 外観図  
External view of MD6430A

## 2 設計方針

### 2.1 フィールド用測定器としての機能向上

データ通信回線の建設・保守で使用される測定器には、フィールドで使用するための機能として下記条件が要求される。

#### (1) 容易に持ち運びできる重量・大きさ・デザインであること

現場保守では、作業者が一人で保守現場に移動する場合もあり、測定器は、ユーザが公衆の中（例えば電車の中）でも持ち運びが容易なA4判サイズで、企業の誠意と心地良い環境作りを印象付けるデザインである必要がある。さらに、運搬時の衝撃、振動（MIL規格）に耐えられる機械的強度を有する必要がある。本装置では、容積5リットルの新しい携帯用測定器の標準筐体を開発し、本要求を実現する。

#### (2) 操作性の向上と見やすい測定結果表示

フィールド用測定器では、使用者のスキルに係らず、容易に使用できる操作性が要求されると同時に、測定結果を見やすく表示させる必要がある。本装置は、大型8.4型TFTカラーLCDおよび操作性向上のため、タッチパネルを採用し、本要求を実現する。

#### (3) バッテリ動作

現場保守では商用電源の無いところ、もしくは商用電源を利用するため、電源コードを延長しなければならない場所で使用する場合がある。この場合バッテリー動作可能であればフィールド用測定器としてのパフォーマンスは向上する。本装置では、小型、軽量化のために、これまで携帯用測定器の電池として使用実績の高いニッケルカドミウム電池に比べ、同一サイズで、出力電圧が高く、容量が大きいリチウムイオン電池を採用し、本要求を実現する。

### 2.2 拡張性

データ通信用の測定器は、伝送方式の変化やITU-Tその他の新規勧告、またはユーザ固有のローカルインタフェース（ユーザ固有のフレームフォーマット、ループバック方式、シグナリング等）の変化に柔軟に対応できる構成が要求される。本装置は、制御部およびユニット部に分割して開発する。制御部は、主として表示部と操作部を具備させることにする。ユニット部には、物理インターフェイス、シグナリングおよび基本測定機能を具備させる。また、測定部のデジタル部分をFPGAで実現することにより、ソフトウェアでの機能アップが容易な構成とし、市場の要求に柔軟に対応できるよう

にする。

## 3 設計の要点

### 3.1 携帯型サイズ標準筐体の開発

本装置は携帯型サイズ（5リットル）として開発された。従来機種の外寸177H × 319W × 450Dに対し、本装置は194H × 290W × 94Dとなり容積は約1/5である。総重量は10.5kgから半分以下の4.2kgになった。

本装置の筐体は制御部とユニット部に2分割される。この制御部ケースは軽量化のためにプラスチック成形品を使用、また、ユニット部ケースは内部温度上昇を抑えるため、アルミダイカストを使用した。また、両方のケース左右側面には耐衝撃性を向上させるためエラストマ素材のプロテクタを取り付けた。このプロテクタは手にしやすいよう側面に大きなRのくぼみをつけ、ケースの角は丸みをもたせたいえ柔らかくして、ぶつかる、ひっかかる等の心配を無くし携帯性を向上させた。また、両側のプロテクタの色は黒、ケースは当社のCI色CS13を基調として中央の操作画面を強調されるようデザインした。本装置は、振動試験（MIL-STD810D、振動数5-55Hz、振幅幅0.5mm）、衝撃試験（衝撃加速度値392m/s<sup>2</sup>、衝撃作用時間18ms）、移動落下（MIL-T-28800D、20cm落下）を満足する。

### 3.2 バッテリ駆動と省電力化

#### 3.2.1 リチウムイオンバッテリーの採用

小型、軽量化のために従来使用されていたニッケルカドミウム電池に比べて、同一サイズで出力電圧が高く、容量が大きいリチウムイオン電池を採用した。本装置のバッテリー（14.4V、2550mAh）と同容量のニッケルカドミウム電池との比較を表1に示す。

本装置では省電力設計により、3時間のバッテリー動作を実現している。

#### 3.2.2 バッテリの制御方法

リチウムイオン電池は自己放電が少ない、メモリ効果がな

表1 ニッケルカドミウム電池とリチウムイオン電池の比較  
Comparison between Ni-Cd battery and Li-ion battery

	ニッケルカドミウム電池	リチウムイオン電池
体積 [ ℓ ]	0.35	0.25
重量 [ kg ]	0.8	0.4
エネルギー容量 [ Wh ]	30	35

い、サイクル寿命が長いなどの特長もあり、また、CPUによる残量管理を実現することが可能である。今回、バッテリーの充放電およびバッテリー異常状態の通知等を制御するCPUを内蔵（Battery Management Unit（BMU））したバッテリーパックを採用した。本バッテリーパックの制御は、外部とのシリアル通信インターフェースにより実施する。本装置では、メインCPUとは別にバッテリー制御用にPower Management Unit（PMU）を持つ構成とし、ホストとデータのやり取りをすることでユーザにバッテリー残量等の情報を知らせるようにした。制御方法の概念図を図2に示す。

PMUから定期的（1秒）にBMUにバッテリーの状態（バッテリー残量、アラーム状態等）を問い合わせるコマンドを送信し、BMUからの状態レスポンスを受信する。PMU、BMU間の通信は、PMUからのクロックに同期して行われる。また、メインCPUとPMU間の通信は、メインCPUからの5秒毎の割り込み要求により実行される。PMUとBMUの通信手順を、図3および図4に、メインCPUとPMU間の通信を図5に示す。

この構成によりPMU部はホストとは独立して動作させることができ、本装置の電源のON、OFFに係わらずにバッテリーを監視することができる。

PMUは以下の機能を実現した。

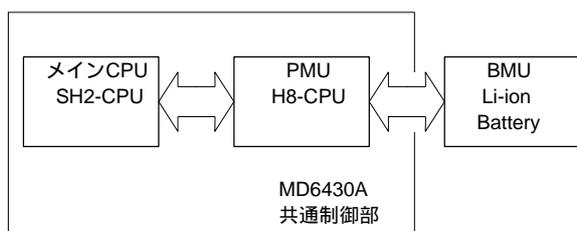


図2 バッテリー制御概念図  
Schematic drawing of battery control

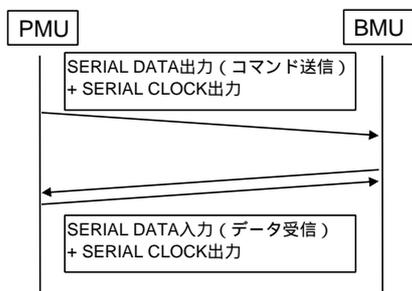


図3 データ遷移表（PMU ↔ BMU）  
Process of data transfer (PMU ↔ BMU)

(1) 満充電、Low Batteryの検出、過電流等のエラーの検出。BMUからこれらの情報を読み出し、ホストに通知する。

(2) ACアダプタ、電源スイッチの状態検出。本体の電源スイッチがOFFの状態でもACアダプタの装着を検出し、充電を行う。また、逆にACアダプタで動作中にアダプタの切り離しがあった場合、それを検出して自動的にバッテリー動作に切り替える。

(3) バッテリー状態LEDの制御。充電中は橙で点灯、バッテリー動作中は緑で点灯、エラーが発生した場合は赤で点滅させる。

### 3.2.3 省電力化

(1) バッテリー駆動による動作時間拡大のために、デジタル回路は3.3V駆動のデバイスを採用した。全体の約72%は3.3Vのデバイスで構成した。

(2) LCDは2.3Wの電力を消費する。これは通常使用時（12W）の19%に値する。スクリーンOFF機能（LCDのバックライトを手動または自動でOFFする機能）により、バッテリー駆動時の最大動作時間を5時間まで拡大することができた。

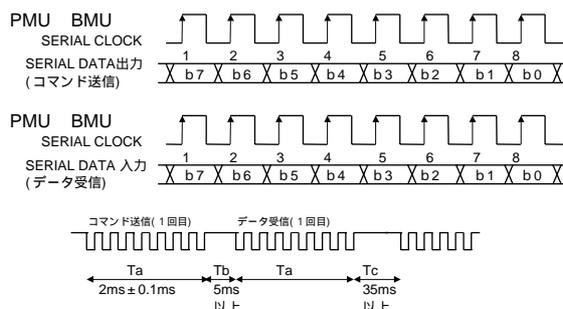


図4 タイミングチャート  
Timing chart

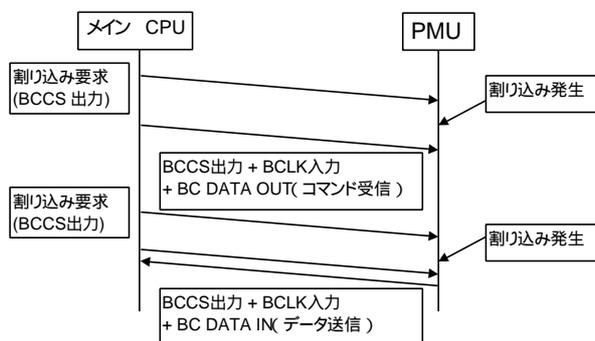


図5 データ遷移表（メインCPU ↔ PMU）  
Process of data transfer (Main CPU ↔ PMU)

### (3) ラッチリレーのソフト制御

本装置では、ラッチリレーを採用している。リレーをソフト制御で時間差動作させ、同時に複数のリレーの接点切り替えが発生しないようにし、瞬時の消費電流を抑えた。

#### 3.3 操作性の向上

##### (1) カラーLCD、タッチパネルの採用

8.4型の大型のカラーLCDを採用することで、小型筐体にありがちな画面の見にくさを解消した。また、本装置ではパネル上の操作キーを極力排除し、測定用コネクタ、外部インタフェース用コネクタ、FDDなどはすべて筐体の上面あるいは側面に配置している。

操作部は、従来、操作キーにより入力位置までカーソルを移動していたが、本装置では入力手段にタッチパネルを用いたことにより、直感的使用手段が可能となり、操作性が向上した。

##### (2) 画面構成

本装置のような測定器では、インタフェース設定画面や測定結果表示画面など多くの画面が存在する。そのため、測定に必要な設定をし、測定を開始してから測定結果を表示させるという一連の測定シーケンスを行なうのに、何度も画面移動しなければならない。この画面移動を容易にするために、すべての画面を“Setup”、“Interface”、“Measure”、“Analyze”という4つのカテゴリ（主画面と呼ぶ）に分類し、これらのカテゴリに対応するボタンを画面上に常時表示させている。このボタンが押されると、そのカテゴリに属した画面（副画面と呼ぶ）の一覧がポップアップメニューとして表示されるので、その中から移動したい画面を選択する。さらに、画面は一階層までとし、どの画面からでも同じ1回の操作で希望の画面に移動できるようにした。

図6に画面例を、表2に画面構成を示す。

#### 3.4 ISDN 発着呼機能

本装置ではISDN網に接続するための発着呼機能を搭載し、ISDN網に対する品質測定を可能にしている。ISDN発着呼の制御手順は、SDL（Specification and Description Language）図と呼ばれる状態遷移図で規定されているが、本装置ではこのSDL図をテキスト化し、このテキストに従って発着呼制御を実現している。これにより、制御手順すなわちSDL図に変更が生じた場合でも、容易かつ短時間でこの変更に対応できる。

また、発着呼による測定は本装置の対向接続を基本としているが、コールループと呼ぶ機能により本装置とISDN交換機

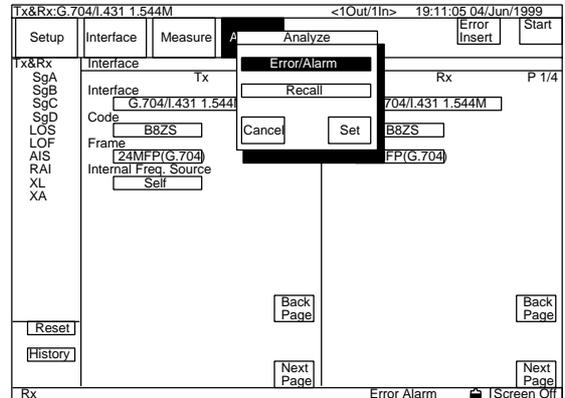


図6 画面例

Screen example

表2 画面構成

Screen structure

主画面	副画面
Setup	Input/Output, Memory, System, Print, Floppy disk, Selftest
Interface	Interface
Measure	Error/Alarm, Frame relay, Delay, Frequency, Digital level, Word trace
Analyze	Error/Alarm, Trace data, Protocol monitor, Recall

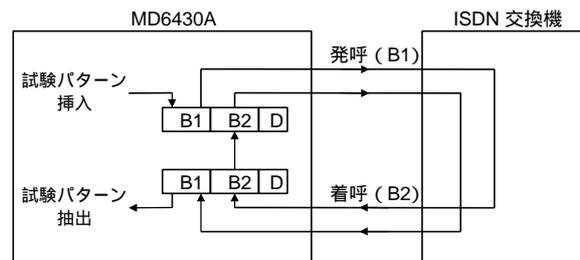


図7 コールループ機能

Call loop function

間の測定を本装置1台で可能にした。図7にコールループ機能を示す。この機能は、発呼先アドレスを自アドレスとして発呼し、別チャンネルで着呼したデータを本装置内で折り返すことにより、単体で呼接続および測定を行なうものである。

#### 3.5 フレームリレー測定

フレームリレー網の接続および伝送品質を評価するために、フレームリレー網を挟んで本装置A、Bを対向接続し、独自の測定シーケンス（図8）を用いて測定を行なっている。

測定が開始すると、本装置A、B間で以下のシーケンスが繰り返し実行される。

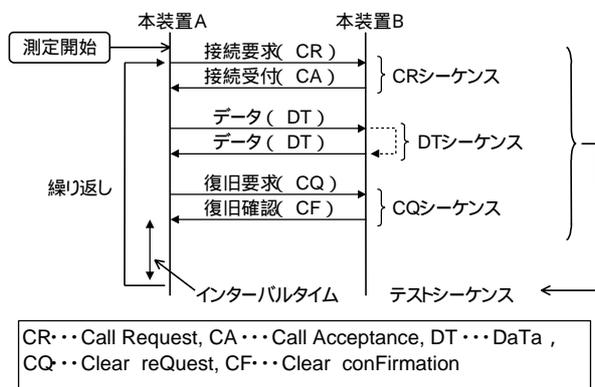


図8 測定シーケンス  
Measurement sequence

本装置Aは接続要求 (CR) を本装置Bに対して発行する。

このCRを受信した本装置Bは本装置Aに対して接続受付 (CA) を発行する。

本装置AはCAを受信するとテストパターンを含んだデータ (DT) を発行する。

本装置BはDTを受信するとそのテストパターンを発行元の本装置Aにエコーバックする。

本装置Aでは発行したテストパターンと受信したテストパターンとを比較照合し、本装置Bに対して復旧要求 (CQ) を発行する。

このCQを受信した本装置Bは本装置Aに対して復旧確認 (CF) を発行する。

～ までを1テストシーケンスとして、レイヤ2レベルでのフレームリレー網への接続確認を行なっている。また、でのテストパターンをテストシーケンスごとにユニークなランダムパターンとし、実回線上で送受信されるものに近いパターンのデータでの測定を可能にした。さらに、網が提供するPVC状態確認手順に対応し、ユーザ・網間におけるデータリンクの完全性や対象DLCIの状態確認ができるようにした。

### 3.6 拡張性

本装置は、加入者線対応の測定器であるため、客先の要求により、各インタフェースの信号モニタ、アラーム付加機能を個別に要求されることが考えられる。その場合、客先の要求に容易に対応できるようにしておく必要がある。そのため、変更が予想される部分を、SRAM型のFPGAにて設計した。また、ソフトの記憶媒体に、フラッシュロムを使用した。これにより、客先からの個別要求に対して、標準装備のFDDによ

るソフトのインストールにより容易に対応可能とした。

本装置には、フレームリレー測定やリアルタイムデータ解析機能といった高速処理を要する機能がある。このため、主に表示部と操作部や装置全体の制御を行なう部分と、測定処理を行なう部分に、それぞれ専用のCPUを用いている。この2つのCPUに32ビットRISC CPUを採用したことで、測定の高速処理を可能にし、さらに将来の機能追加に対する拡張性を持たせた。

また、当社は、組み込み用機器に独自開発のOSを使用していた。しかし、開発後13年経過し、処理速度の限界やグローバル開発に対応していない等の問題点があった。今回、これらの問題点を解決するためのOSを選択し、以下の理由により、32ビットCPU対応リアルタイムOSであるpSOSを採用した。

- ・本OS用のコンポーネントが数多く存在している。
- ・グローバルな保守体制が確立している。
- ・多くのCPUに対応したOSであるため、CPUが変更になってもOSを変更せずに済む。

## 4 機器構成

### 4.1 ハードウェア構成

本装置は、制御部とユニット部に大別できる。さらに、ユニット部は、測定部とインタフェース部から構成される。バッテリーは、本体部とユニット部の間に装着できる。

#### 4.1.1 制御部

制御部は、メインCPUを持っており、画面表示、タッチパネル制御、エラー測定時のパフォーマンス計算、リモート制御、FDD制御、外部プリンタ制御を行っている。

また、バッテリー装着時には、バッテリー監視用CPUを介して、バッテリーの残量表示も行う。

#### 4.1.2 ユニット部

ユニット部は、測定部とインタフェース部から構成されている。

##### (1) 測定部

以下の機能を実現している。

- ・誤り測定パターンの発生/誤り挿入/誤り測定
- ・HDLC測定
- ・周波数測定
- ・遅延時間測定
- ・デジタルレベル測定
- ・音声コーデック機能

- ・ワードパターン発生/トレース
- ・フレームリレー測定

(2) インタフェース部

以下の機能を実現している。

- ・インタフェースの入出力回路
- ・フレーム発生・同期回路
- ・各種アラームの発生・検出

4.1.3 ユニット部のFPGA

従来機種では、アンリツ製の3種のASIC(誤り測定/検出, RAMコントローラ, フレーム発生/検出)を使用し, 各種インタフェースのフレーム同期やパターン発生等を実現していた。しかし, ローカルインタフェースへの柔軟な対応が困難, ゲート数あたりのスペースファクタが低い, +5V電源のため消費電力が大きいという問題点があった。そこで今回は, 主要デジタル部分を6つの機能に分割し, FPGAで開発した。FPGAの採用により, 従来機種に比べハードウェアの実装スペース, 消費電力ともに1/10となった。この6種類のFPGAの機能について説明する。

(1) インタフェース部FPGA

IF送信FPGA(5万ゲート)

- (a) 高速インタフェースのフレーム発生, アラーム発生, シグナルング発生
- (b) CRC演算, コード変換
- (c) 低速インタフェースの制御(調歩同期, パリティ演算)
- (d) MUX/DEMUX制御

IF受信1FPGA(5万ゲート)

- (a) 高速インタフェースのフレーム同期, コード誤り検出, アラーム検出, シグナルング検出
- (b) 2M CMI, 64kbit/sのクロック再生
- (c) 低速インタフェースの制御(調歩同期, パリティエラー検出)
- (d) MUX/DEMUX制御

IF受信2FPGA(5万ゲート)

本FPGAは, 2入力設定時のT線側の受信FPGAとして使用する。機能は, 受信1FPGAと同等である。

(2) 測定部FPGA

MES送信FPGA(2万ゲート)

- (a) PRBSパターン, ワードパターンの発生
- (b) 周波数測定
- (c) 遅延時間測定

MES受信FPGA(3万2千ゲート)

- (a) PRBSパターン, WORDパターン同期
- (b) ビット誤り検出, カウント
- (c) クロックスリップ検出, カウント
- (d) キャラクタ誤り検出, カウント
- (e) ワードパターントレース

フレームリレーFPGA(2万ゲート)

- (a) フラグ同期
- (b) FCSエラー検出
- (c) アボートフレーム, パッドフレームの検出
- (d) フレームリレーDLCIフィルタリング機能

図9に制御部のブロック図を, 図10にユニット部のブロック図を示す。

4.2 ソフトウェア構成

(1) 構成

ソフトウェア構成を図11に示す。この図に示すように, 本装置はマンマシンインタフェース部と回線処理部から成り, それぞれにCPUが実装されている。マンマシンインタフェース部は主にシステム全体の制御や画面表示の制御を行ない, 回線処理部は測定結果の演算や測定ハードウェアへの設定を行なう。

システム管理部

マンマシンインタフェース部の中核となるモジュールで, 設定データの管理や各モジュールの制御を行なう。

GUI部

タッチキーおよびパネルキーの入力検出と入力画面の表示や測定結果などの定期更新される情報の表示を行なう。

測定インタフェース部

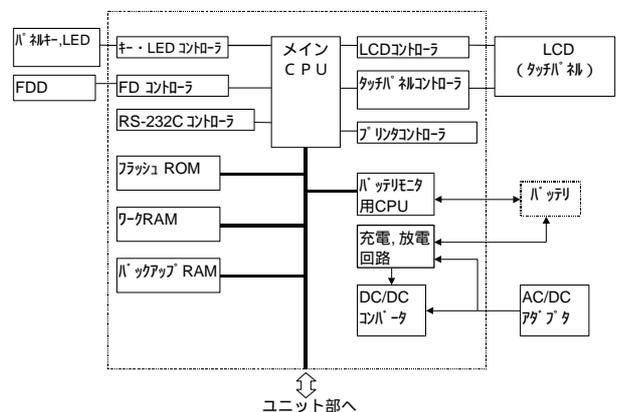


図9 制御部ブロック図  
Block diagram of control unit

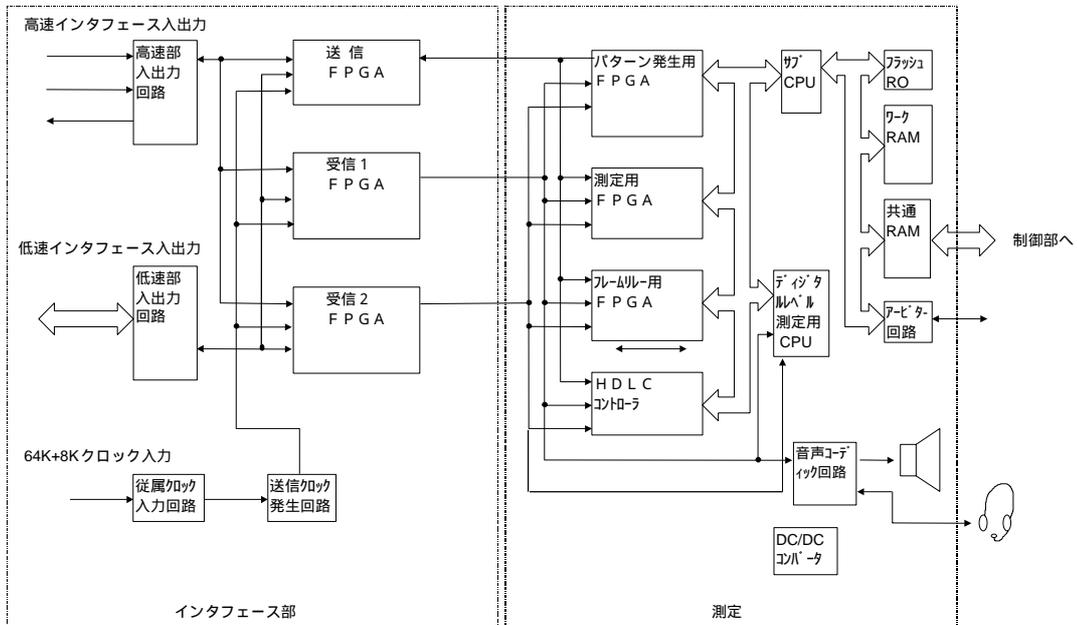


図 10 ユニット部ブロック図  
Block diagram of measurement unit

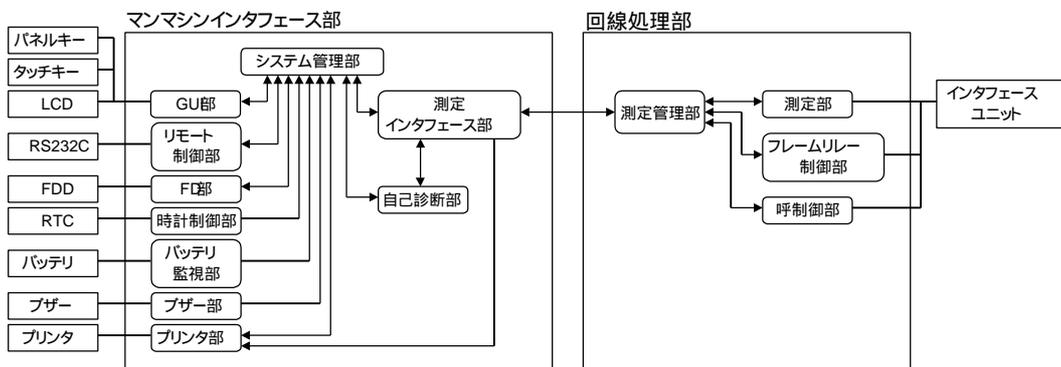


図 11 ソフトウェア構成  
Software composition

回線処理部に対するコマンドの送受信や回線処理部からの定期データの受信と他モジュールへの通知を行なう。

**FD 部**

FD へのファイルの入出力や FD のフォーマットを行なう。

**プリンタ部**

外部プリンタに対して、測定データおよび画面情報の印字を行なう。

**リモート制御部**

リモートコマンドの解析やその制御を行なう。

**自己診断部**

自己診断機能におけるシーケンス制御や診断結果の合否判定を行なう。

**時計制御部**

RTC への設定および読み出しを行なう。

**バッテリー監視部**

バッテリーの状態を監視し、容量および状態変化時の表示更新指示を行なう。

**ブザー部**

画面タッチ音やエラー/アラーム発生音の制御を行なう。

**測定管理部**

回線処理部全体の動作管理を行なう。

**測定部**

測定結果の読み出しやその演算を行なう。

**フレームリレー部**

フレームリレー測定に関するハードウェア設定や測定制御を行なう。

#### 呼制御部

ISDN 発着呼に関するハードウェア設定や呼制御を行なう。

#### (2) pSOS ドライバ

今回新規に開発したpSOS用ドライバを表3に示す。

## 5 主要規格

MD6430Aの主要規格を表4に示す。

表3 pSOSドライバ  
pSOS driver

ドライバ名称	機能概要
Serial Driver	SH2シリーズCPU内蔵のSCIを制御する。
Touch Pannel Driver	アナログタッチパネルコントローラを制御する。デバイスの初期化、キャリブレーションの設定、タッチ位置の取得、コントローラへのコマンドの発行ができる。
Key/LED Driver	キーデバイスからの入力の読み取り、周期的な点滅を含めたLEDの点灯/消灯を制御する。
LCD Driver	LCDディスプレイグラフィック描画を行なうACRTC (HD63484)を制御する。
FDC Driver	FDC (NEC製μ PD72070)に対する入出力の機能をユーザタスクに提供する。
DMAC Driver	SH2内蔵DMACを使ったDMA転送を行なう。
IEEE488.2 & SCPI Handler	IEEE488.2およびSCPIに定められたメッセージ交換プロトコル、ステータス報告プロトコル、共通コマンドの機能をアプリケーションプログラムに提供する。
RTC Library	日付時刻情報管理を実行する。
Parallel Driver (for Printer)	セントロニクス準拠の平行ポートを制御する。
Battery Managing Driver	バッテリー残量の定期的な監視を行なう。

## 6 アプリケーション

基地局回線ネットワークにおける本装置の使用例を図12に示す。IDU, DSU, MUXに接続することにより, 基地局回線ネットワーク内の無線区間, 高速デジタル回線, 県内網, 中継網の品質評価が可能となる。また, IDUやDSUで折り返すことにより, 本装置1台での評価が可能となる。特に基地局に接続する場合は, 作業者の移動が広範囲に及ぶため, 本装置の持つ携帯性は非常に有用となる。

## 7 むすび

本装置は, 従来機種 MD6420A の体積1/5, 機能3倍, コスト1/2を達成し, 高機能保守用測定器として完成した。これは, MD6420Aを発売以来, 国内外を問わず, ご使用いただいている方々の日頃からお指導のおかげであると考えている。本装置が, 世界の電気通信の発展に少しでも貢献できれば幸いと考えている。

今後, アクセスネットワークの高速化に伴い, 本装置でも高速インタフェースの対応が必須になると考えられる。本装置の使用を通して, 今後の電気通信を発展させる上で必要な新たなインタフェースのご要求やご指導をいただければ幸いである。

#### 参考文献

- 1) 次世代インターネット「限りなく広がるネットワークの可能性」, NTT技術ジャーナル, 1999.4
- 2) 金網哲一ほか: データトランスミッションアナライザ MD6420Aの開発, アンリツテクニカル, No.63, May 1992

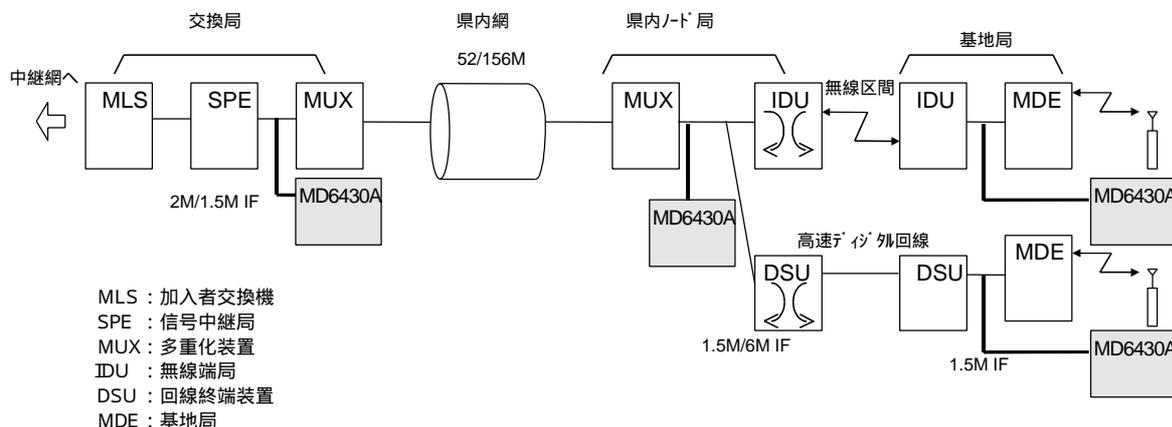


図12 基地局回線ネットワーク測定例

Example of measurement of base station line network

表4 MD6430Aの主要規格  
Specifications of MD6430A

インタフェース	<p>高速：G.703 64k, I.430/I430-a 192k, G.704/I.431 1.5M<sup>*1,*2</sup>, G.704/I.431 2.0M<sup>*1,*3</sup>, 2M CMI<sup>*1,*2</sup>, G.703/G.704 6M<sup>*1,*2</sup>(2回線の同時モニタが可能)</p> <p>低速：V.24/V.28, V.35, V.36, RS-449, X.20, X.21, TTL/CMOS(送受信信号線の同時モニタが可能)</p>
クロック(高速インタフェース)	<p>内部クロック：64kbit/s, 1.544Mbit/s<sup>*1,*2</sup>, 2.048Mbit/s, 6.312Mbit/s<sup>*1,*2</sup>(確度：±5ppm)</p> <p>内部クロック：64k+8kまたは受信データに従属同期(従属発信範囲：±100ppm)</p>
G.703 64kクロックモード	セントラライズドクロック, コーディレクショナルクロック <sup>*1,*2</sup>
符号則(高速インタフェース)	<p>G.703 64k：AMI</p> <p>I.430/I430-a 192k：AMI</p> <p>G.704/I.431 1.5M<sup>*1,*2</sup>：AMI, B8ZS</p> <p>G.704/I.431 2.0M<sup>*1,*3</sup>：AMI, HDB3</p> <p>2M CMI<sup>*1,*2</sup>：CMI</p> <p>G.703/G.704 6M<sup>*1,*2</sup>：B8ZS</p>
インピーダンス	64k：110 /HIGH, 192k：50/100 /HIGH, 1.5M：100 /HIGH, 2M：75/120 /HIGH, 2M CMI：110 /HIGH, 6M：75 /HIGH
フレーム(高速インタフェース)	<p>G.704/I.431 1.5M<sup>*1,*2</sup>：12MFR(G.704), 24MFR(G.704), 24MFR(NTT), アンフレーム</p> <p>G.704/I.431 2.0M<sup>*1,*3</sup>：16MFR(30B+D), 16MFR(31B), 2MFR(30B+D), 2MFR(31B), アンフレーム</p> <p>2M CMIM<sup>*1,*2</sup>：PBX(TTC), CRV, ST(送信のみ), アンフレーム</p> <p>G.704 6MM<sup>*1,*2</sup>：4MFR(G.704), アンフレーム</p>
データビットレート(高速インタフェース)	<p>64k×n：64～6,272kbit/s(n=1～98<sup>*4</sup>, 連続または分散配置を選択可能)</p> <p>56k(1-7)×n：56～5,488kbit/s(n=1～98<sup>*4</sup>)</p> <p>56k(2-8)×n：56～5,488kbit/s(n=1～98<sup>*4</sup>)</p> <p>8k×n：8, 16, 32kbit/s</p> <p>2.4k×n：2.4～48kbit/s(n=1～20, X.50 20マルチのとき, 連続または分散配置を選択可能)</p> <p>0.6k×n：0.6～48kbit/s(n=1～80, X.50 80マルチのとき, 連続または分散配置を選択可能)</p> <p>その他：シグナリング, 1.544Mbit/s<sup>*1</sup></p>
送信クロック(低速インタフェース)	<p>内部クロック</p> <p>同期式(ST1)：50bit/s～10Mbit/s(5bit/sステップ。ただしV.24/V.28, X.20は, 200kbit/sまで)</p> <p>非同期式：50, 75, 100, 110, 150, 200, 256, 300, 400, 500, 512, 600, 768, 800, 1k, 1.2k, 1.6k, 1.8k, 2k, 2.4k, 2.56k, 3k, 3.2k, 3.6k, 4.8k, 7.2k, 8k, 9.6k, 12k, 12.8k, 14.4k, 16k, 16.8k, 19.2k, 28.8k, 32k, 38.4k, 46k, 48k, 50k, 56k, 56.6k, 64k, 72k, 76.8k, 115.2k(bit/s)</p> <p>自己発振確度：±5ppm</p> <p>外部クロック(ST2, S, RT)：50～10Mbit/sの各インタフェースによる周波数(反転使用可能)</p>
受信クロック(低速インタフェース)	<p>外部クロック(ST, S, RT)：50～10Mbit/sの各インタフェースによる周波数(S, RTは反転使用可能)</p> <p>内部クロック(非同期式)：</p> <p>50, 75, 100, 110, 150, 200, 256, 300, 400, 500, 512, 600, 768, 800, 1k, 1.2k, 1.6k, 1.8k, 2k, 2.4k, 2.56k, 3k, 3.2k, 3.6k, 4.8k, 7.2k, 8k, 9.6k, 12k, 12.8k, 14.4k, 16k, 16.8k, 19.2k, 28.8k, 32k, 38.4k, 46k, 48k, 50k, 56k, 56.6k, 64k, 72k, 76.8k, 115.2k(bit/s)</p>
エラー測定パターン	<p>疑似ランダムパターン：PRBS6, 7, 9, 11, 15, 19, 20, 23, RPRBS20(PRBS20のリバース), QRSS, 正/負論理プログラマブルパターン：8ビット繰り返し(調歩同期式は5～8ビット)</p> <p>コードパターン：1：1, ALL1, ALL0</p> <p>ユーザパターン：1～1,024文字(1文字ステップ), キャラクタエラー測定用</p>
送信パターン	ユーザパターン：1～128kバイト
エラー挿入	<p>エラー種別：ビット, ビット+コード, コード</p> <p>挿入種別</p> <p>シングル：ボタンを押すごとに1ビットのエラー</p> <p>リピート：1秒ごと1ビットのエラー</p> <p>サイクル：2.5E-1～1.7E-7</p>
調歩同期	<p>スタートビット長：1ビット</p> <p>ストップビット長：1, 1.5, 2ビット</p> <p>データ長：5, 6, 7, 8ビット</p> <p>パリティ：なし, 奇数, 偶数</p>
エラー/アラーム測定	<p>検出エラー：ビット, コード, パリティ, CRC, フレーム, キャラクタ</p> <p>測定項目：</p> <p>エラーカウント, エラーレート, ブロックエラーカウント, ブロックエラーレート, ES, EFS, クロックスリップカウント, クロックスリップ秒, パターン同期外れ回数/時間, フレーム同期外れ時間, アラーム発生秒, シグナルロス時間, AC断時間</p> <p>エラーパフォーマンス項目：G.821, G.826, M.2100</p> <p>測定モード</p> <p>シングル：1秒～99日23時間59分59秒</p> <p>リピート：1秒～99日23時間59分59秒</p> <p>マニュアル：最長1年</p> <p>測定範囲</p> <p>エラーレート：1.00E-15～1.00, エラーカウント：0～9.99E15</p>

パターントレース	トレースバイト数：最大1Mビット トレース開始トリガ：手動，コード検出 トレース停止トリガ：手動，コード検出，コード不一致検出，トレースバイト数トリガ検出後の遅延：0～8,000バイト
周波数測定	測定範囲：DC～10MHz，精度：（±5ppm±1ディジット）
遅延時間測定	測定範囲：0～16s（0.001msステップ），非同期モード時は計測不可
フレームリレー測定	測定項目：正常テストパケット受信数，損失テストパケット受信数，HDLCパッドフレーム数，HDLCアポートフレーム数 PVC接続確認試験：MD6430A対向または回線折り返しによる（ITU-T Q.933 Annex Aに準拠） DLCI：16～991（1ステップ） テストパケット送出インターバル時間：5～30s（1sステップ） 輻輳状態モニタ：BECN，FECN，CLLMメッセージの検出（ITU-T Q.922 Annex A準拠）
デジタルレベル測定	コード則：A-law，μ-law 測定範囲：+3～-60dBm（0.1dBmステップ） 送信パターン：0dBm0，1kHzパターン（ITU-T G.711準拠）
ISDN発着呼機能	INS64，INS150C（オプションMU643000A/B-01），ETSI ISDN（オプションMU643000A/C-02）
MUX/DEMUX	高速インタフェースの指定チャンネルを64k×N（N=1～98）でX.21インタフェースにドロップ/インサート可能
通話機能	高速インタフェース（G.703 64kbit/sを除く）の任意のTSを使用した通話が可能
エラー分析	エラー測定データの時系列表示。ストアされたエラー，アラーム発生データのグラフィック表示
信号のモニタランプ	各信号線の状態表示
外部プリンタインタフェース	セントロニクス，D-sub 25ピンコネクタ
外部プリント出力	エラー測定時のプリントB 測定開始時：開始時刻と共に測定条件をプリント 測定途中：あらかじめ指定した時間ごとに指定したエラー数/アラーム発生・復帰情報を，時刻と共にプリント 測定停止時：最終測定結果を終了時刻と共にプリント。測定周期終了ごとに，終了時刻と共にエラー数をプリント
ディスプレイ	カラーTFT-LCD（8.4型）
リモートインタフェース	RS-232C，D-sub 9ピンコネクタ
メモリ	3.5インチFDD
内蔵タイマ	年，月，日，時，分，秒
電源	AC：85～250V，バッテリー：リチウムイオン電池（充電式，応用部品）
バッテリー動作時間	3時間（最大）パワーセーブ機能を併用時は5時間
動作温度範囲	0～50（FDD，バッテリー使用時は+5～+40）
寸法・質量	290（W）×194（H）×94（D）mm，4.2kg（バッテリーを除く）

\*1：MU643000A データコム インタフェース ユニット使用時

\*2：MU643000B データコム インタフェース ユニット使用時

\*3：MU643000C データコム インタフェース ユニット使用時

\*4：nの最大値は，インタフェースによって決まります。