

電鉄用IP遠制装置子局の開発

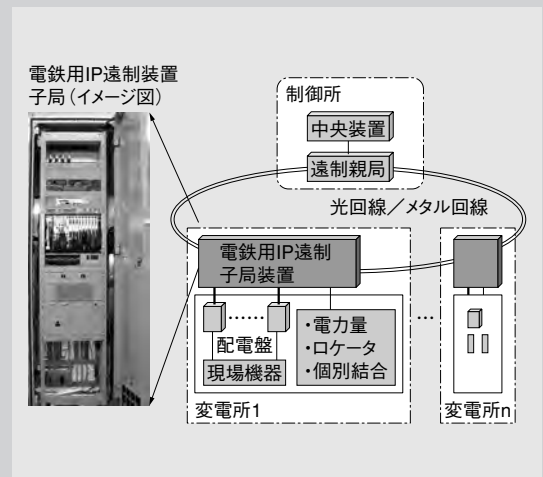
📡 IP, 電鉄, ネットワーク, PMCN

* 西村 勇 Isamu Nishimura

概要

当社では、電鉄事業者向けにインターネットプロトコル (IP: Internet Protocol) を使った電鉄用遠制装置子局を開発した。遠方に設置されている設備対象 (変電所・き電区分所など) の設備の状態 (表示・計測) を光回線・メタル回線のIP網を使用して設備の監視及び機器の制御 (入/切) 及び計測が行える。

本装置には、情報の連続性チェック、情報不達の場合のリカバリ機能が強化された日本電機工業会 (JEMA) 制定の産業用プロトコル (PMCN: Protocol for Mission Critical industrial Network use) を使用している。このため、IPでありながら高信頼性を確保した遠制装置子局である。



システム構成例

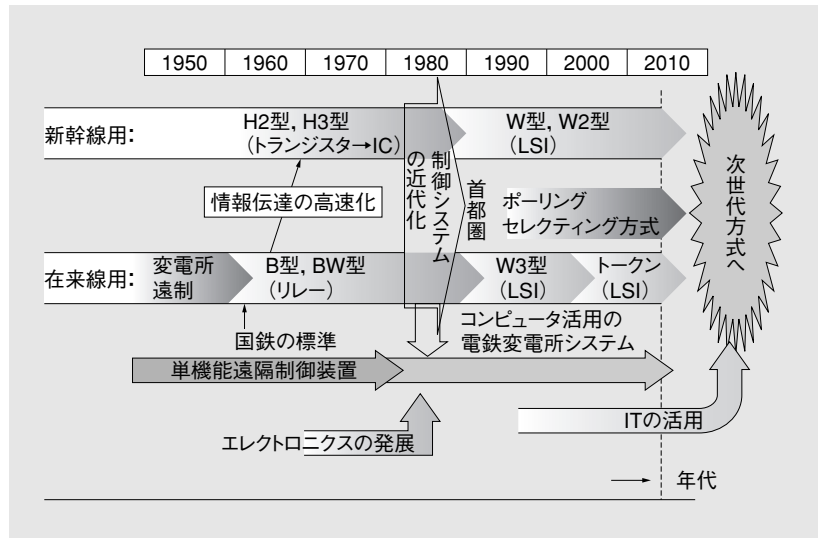
1. ま え が き

電鉄分野に使用している遠制装置は、**第1図**に示すような変遷をたどっている。初期の段階では、変電所での監視制御機能のみを有しており、遠方からの監視制御はできない装置であった。

その後、ON/OFF信号をコード化して遠方へ送る方式のB型遠制 (リレー式遠制装置) が開発され、遠隔地での監視・制御が可能となった。エレクトロニクスの発展により構成装置のLSI化・小形化・多機能化が進み、各種伝送方式が開発され、変電所設置装置のコンピュータを活用したシステム

化が進んだ。なお、伝送回線はメタル回線で、伝送スピードは1.2~19.2kbps程度であった。

*コンピュータシステム工場



第1図 電鉄用遠制装置の変遷
電鉄用遠制の推移を表した変遷図を示す。

近年、伝送回線のネットワーク化が進み、伝送装置もITを活用した次世代方式の装置への移行が

進もうとしている。また伝送プロトコルも強固なプロトコルが開発されていることから、ネットワークに対応した電鉄用遠制装置の開発を行うこととなった。本稿では、インターネットプロトコル（IP：Internet Protocol）を使った電鉄用IP遠制装置子局を開発したので紹介する。

2. 装置概要

IP遠制装置子局は、大きく「回線結合部」、「遠制機能部」、「外部結合部」の3つの部位で構成される（第2図）。なお、伝送回線は光回線とメタル回線の両方をサポートする。

2.1 回線結合部

第3図に遠制回線構成図を示す。回線構成は、スター方式とループ方式に対応している。スター方式は放射状に回線を敷設し、中央装置と1対1の回線で結合する方式であり、回線数は変電所数分必要となる。また、1対1結合であるため回線異常時のバックアップは、別回線を引くなどの対応になる。

ループ方式は、回線数は全変電所で1ループのみでよい。また、回線異常時のバックアップは、回線ループバック機能により、異常箇所の両端の変電所子局装置で伝送信号を折り返すことで情報の健全性を確保しつつ、異常復帰に素早く対応する。

第4図に回線遷移図を示す。通常状態では図のようにループ内の最遠端（A点）を自動検出して論理的にループバックしている。この時、B点で断線が発生した場合に、瞬時にループバックポイントを移動して運用に支障を与えない回線構成とすることができる。

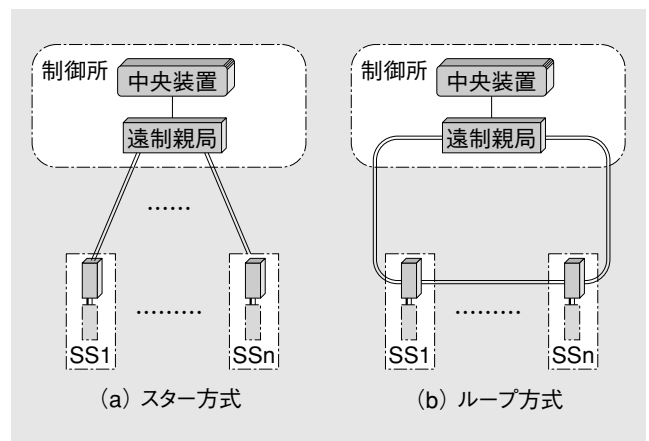
2.2 遠制機能部

遠制機能部は、電鉄特有のデータ処理及び中央装置とのデータ授受を行う。中央装置との通信には、PMCN（Protocol for Mission Critical industrial Network use）プロトコルを採用しており、データの連続性・健全性を常時監視する。

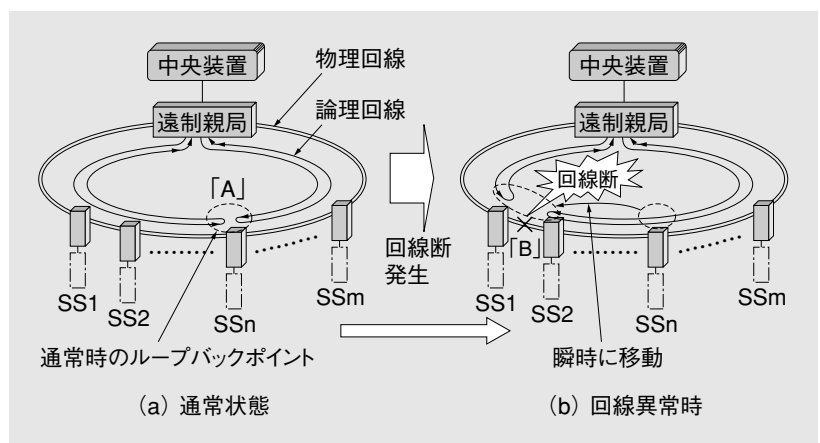
遠制機能は、「表示入力」、「選択制御」、「電力量編集」、「点検要求」、「時刻同期」などを有する。



第2図 電鉄用IP遠制装置 盤実装イメージ
IP遠制装置のイメージを示す。大きく「回線結合部」、「遠制機能部」、「外部結合部」に分かれる。



第3図 遠制回線構成図
(a) スター方式と (b) ループ方式の構成の違いを示す。ループ方式の方が使用回線数が少なく経済的である。



第4図 回線遷移図
「B」部で回線断線が発生した場合に、ループバックにより瞬時に回線構成を変更し、運用に支障を来さない。

2.3 外部結合部

外部結合部は、接点データで取り合いをする個別結合方式と、Ethernetで取り合いする静止形結合方式の2方式に対応している。装置の設置時点では個別結合方式で外部機器と結合するが、将来的に静止形結合機器に置き換わることが分かっている場合、静止形結合部分を用意しておくことが可能である。

3. IP遠制方式の特長

3.1 伝送回線の省力化に貢献

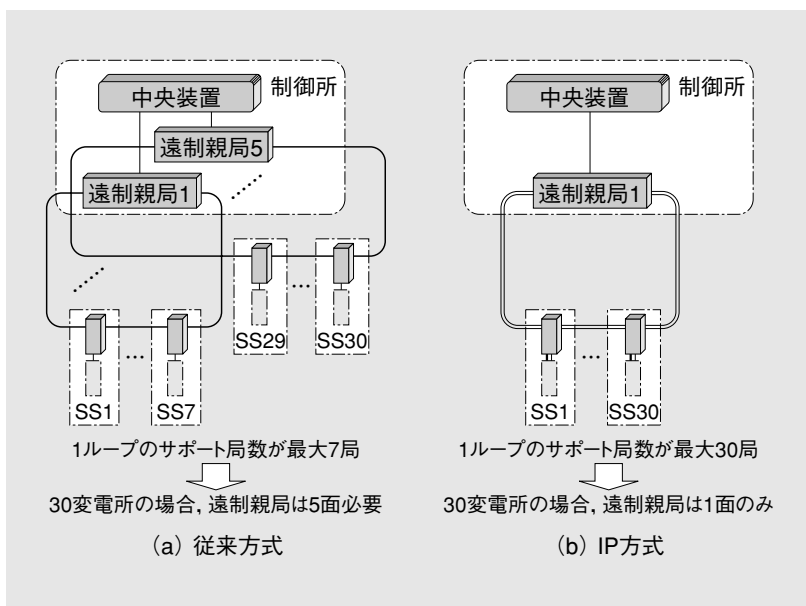
IP遠制方式を採用することで遠制回線数を少なくすることができる。メタル回線の場合、1P（2芯）のみで回線構成ができ、また光回線の場合では光1芯のみで回線を構成できる。このため、余分な回線を布設する必要が無く、予備回線があればその中で回線構成が可能である。

なお、伝送速度はメタル回線の場合192kbps、光回線の場合で1G（1000M）bpsである。

3.2 親局装置設置場所の省スペースに貢献

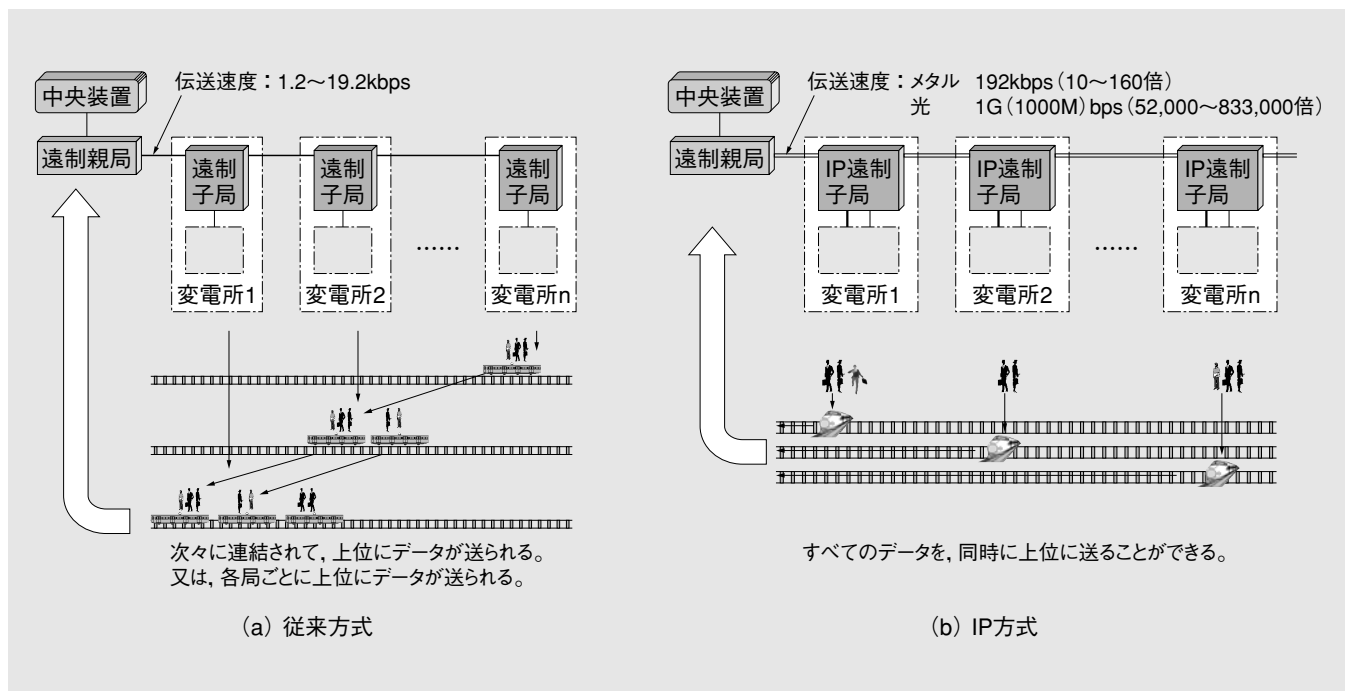
第5図に従来方式とIP方式の遠制親局数を示す。IP方式の採用で、遠制親局の盤面数を削減できる。

従来方式では、伝送速度の制約により1ループに接続可能な子局数が7局という制限があった。このため、対応する親局装置もループごとに1面が必要であり、例えば30変電所の場合は、親局装置が5面必要である。これに対してIP方式の場合、光回線



第5図 従来方式とIP方式の遠制親局数

変電所数30の場合、従来方式では親局5面必要であるが、IP方式の場合、親局は1面となる。



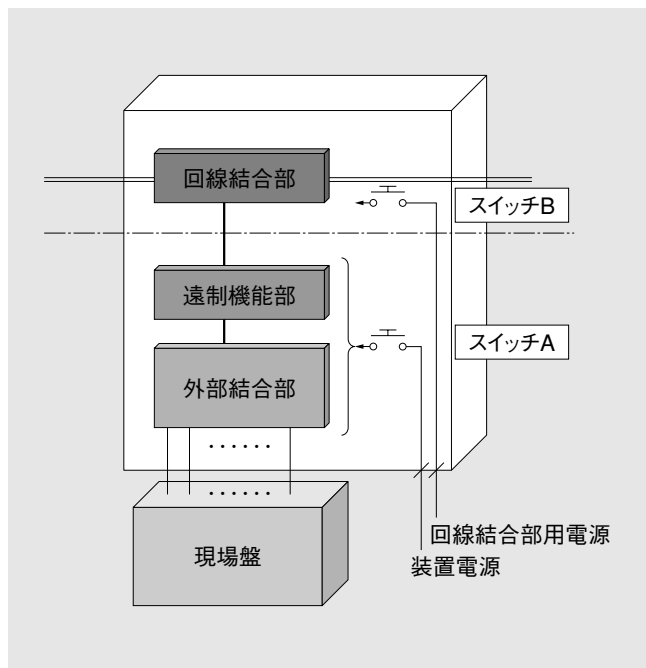
第6図 従来方式とIP方式の伝送スピードの違い

従来方式は、線路上を電車が順次進むイメージであるが、IP方式の場合には線路が何本も引かれていて、同時に進むイメージである。

を使用すると伝送速度の制約がなくなり、1ループに最大30変電所の遠制子局まで接続可能となる。これにより、30変電所に対して最小親局数は1面で構成可能であり、親局装置側の省スペース化に貢献できる。

3.3 既存メタル回線使用のIP化で性能向上に貢献

第 6 図 に従来方式とIP方式の伝送スピードの違



第 7 図 IP遠制装置内の電源区分

遠制装置本体の電源を停止しても、ループ回線を切断しないように、回線結合部用機器の電源は停止しないようにしている。

いを示す。既存のメタル伝送回線を使用してIP遠制装置子局を採用することで、伝送スピードの高速化が図れる。これにより、遠制装置子局と中央装置間の情報のレスポンスが改善され、性能向上に貢献する。

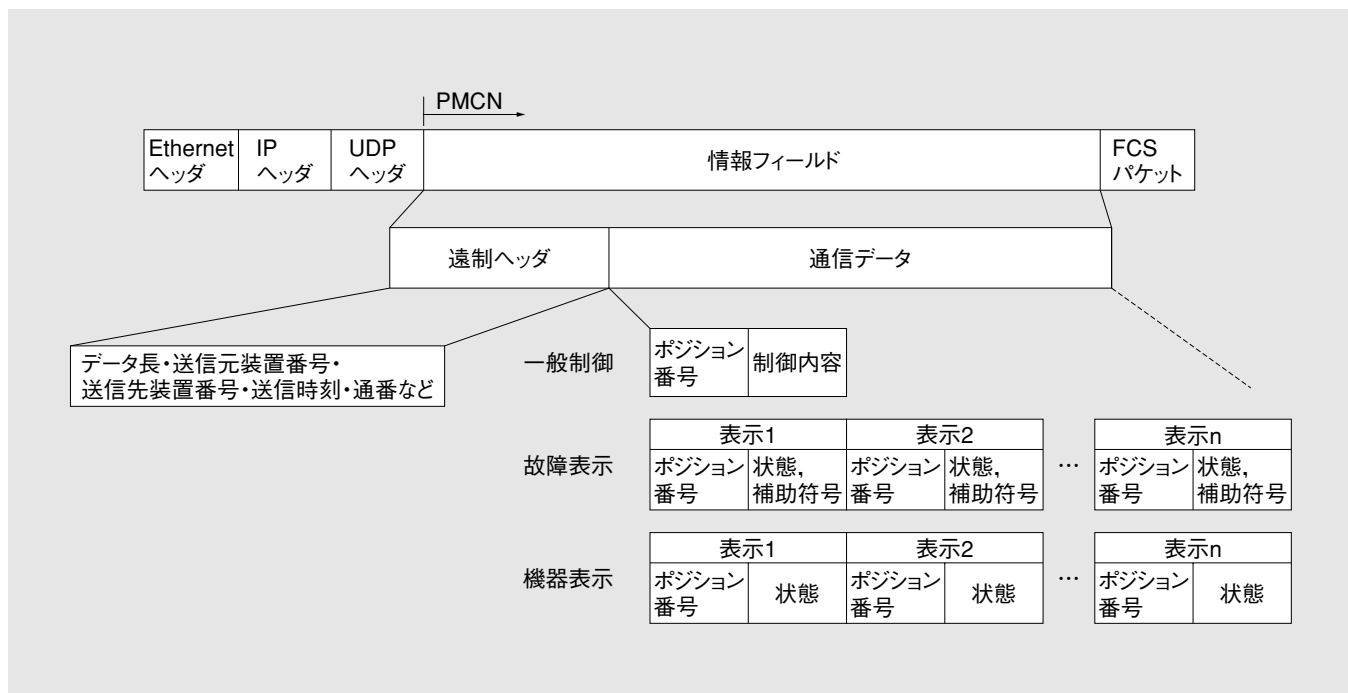
従来方式は、各変電所のデータを連結して送る方式や変電所ごとにデータを送る方式などがあった [第 6 図 (a)]。その場合の伝送速度は、1.2～19.2kbpsであった。

今回のIP方式ではメタル回線で192kbps、光回線では1G (1000M) bpsと高速であり、各局のデータを同時に送信しても滞ることはなく、システムとして性能を向上させることができる [第 6 図 (b)]。

第 6 図 に示すように、従来方式はデータを連結して順次電車が進む、又は単線上を各電車ごとに進むイメージであり、IP方式ではレールが多数引かれていて、同時に進むイメージである。

3.4 情報の継続性に貢献

第 7 図 にIP遠制装置内の電源区分を示す。装置をループ回線上で使用する場合に最も注意することは、装置のメンテナンスなどでループを構成している回線結合部を停止させないことである。本IP遠制装置では、メンテナンスなどで装置本体の電源を停止してもループ回線が停止しない構成としている。



第 8 図 電鉄用IP遠制の伝送フォーマット

JEMA制定のPMCNを使用した、電鉄用IP遠制装置の伝送フォーマット概略を示す。

IP遠制装置内部で遠制機能部・外部結合部用の電源供給部（スイッチA）と、回線結合部用の電源供給（スイッチB）を分離し、メンテナンスなどで遠制装置の電源を停止（スイッチA）しても回線結合部の電源（スイッチB）は確保され、ループ構成が継続できるようにしている。

また、回線結合部に使用している装置の電源はAC/DCの2重化電源としており、直流は80Vに対応している。

3.5 安心・安全な強固な伝送プロトコルを使用

第8図に電鉄用IP遠制の伝送フォーマットを示す。伝送プロトコルは、日本電機工業会（JEMA）制定のPMCNプロトコルを使用しており、電鉄用遠制装置では第4図のようなデータ構成としている。

4. 仕 様

4.1 ハードウェア仕様

第1表に示す通りであるが、特に装置電源はDC80～DC143Vに対応している。また、伝送回路部は、DC80～DC143Vのほかに電源の2重化用として、AC100Vも同時に入力可能である。

4.2 通信仕様

第2表に通信仕様を示す。通信プロトコルは、IP通信でも安定して使えるよう、JEMA制定のPMCNプロトコルを採用している。局間距離はメタル回線で20km、光回線で40kmまで対応する。

第1表 ハードウェア仕様

電鉄用IP遠制装置子局のハード仕様を示す。

ハード仕様		内容
環境仕様	設置場所	屋内
	周囲温度	-5～+40℃
	周囲湿度	30～90%（相対湿度）
	雰囲気	一般の配電室程度
	装置冷却方式	自然空冷
	接地方式	SGは非接地
	標高	1000m以下
電源仕様	供給電源	DC80～DC143V
	伝送回路部	DC80～DC143V, AC100V
	突入電流	電源定格の5倍以下
	電源瞬断	10ms瞬断時に誤動作・誤表示しないこと
耐圧仕様	絶縁抵抗	5MΩ以上（DC500Vメガー）
	耐電圧	AC2000V（50Hz）1分間
	耐雷インパルス	4.5kV（雷インパルス）

4.3 性能仕様

第3表に性能仕様を示す。32bitCPUを採用し、伝送速度はメタル回線で192kbps、光回線で1G（1000M）bpsである。

4.4 機能仕様

第4表に機能仕様を示す。表示入力・状態編集・選択制御・制御データ管理・電力量編集・点検要求・時刻同期・シーケンス管理・システム管理などの機能を有する。

第2表 通信仕様

電鉄用IP遠制装置子局の通信に関する仕様を示す。

(1) 回線仕様

項目	メタル回線	光回線
回線種別	専用回線	専用回線
通信回線	市内ポリエチレンビニルシースケーブル 0.9mmφ 1P	シングルモード光ファイバ (1.31/1.55μm)
ポスト ^注 間 伝送距離	20km以下	40km以下
最大 子局数	30子局 (ループ構成の場合)	30子局 (ループ構成の場合)
準拠規格	ITU-T G.991.2準拠 AnnexA準拠	IEEE802.3x(全2重)
伝送方式	G. HDSL及びG. HDSLbis	STP, RSTP, RTP(独自)

注. ポスト=親局, 子局

(2) プロトコル

項目	仕様	備考
アプリケーション層	専用監視制御プロトコル	
プレゼンテーション層	—	
セッション層	PMCN	JEMA制定
トランスポート層	UDP	
ネットワーク層	IP	
データリンク層	Ethernet	
物理層		

第3表 性能仕様

電鉄用IP遠制装置子局で使用しているCPU仕様を示す。

性能・機能仕様		内容
性能	CPU	32bit
	通信方式	IP方式
	トポロジー	スター型/ループ型
	伝送プロトコル	UDP/IP (PMCNプロトコル)
	伝送回線速度	メタル：192kbps, 光：1G (1000M) bps
	符号検定	CRC方式
項目数	制御	192点(個別結合時)
	表示	1575点(個別結合時)
	アナログ	管理データ10点 電力量データ 回線数

第4表 機能仕様

電鉄用IP遠制装置子局内部で持っているソフト機能概略を示す。

機能名	概要
IP伝送	PMCNプロトコルで、上位装置と情報の送受信を行う。
表示入力	外部機器の状態が10ms以上継続した場合に取り込む。
表示状態編集	取り込んだ状態変化情報を一定時間蓄積し状態情報として上位へ伝送する。蓄積中に他状態があった場合、同一パケットで伝送する。
表示状態編集	現在状態を保持し、上位からの要求があった場合に伝送する。
選択制御	上位からの選択制御指令を、子局内部で「選択+制御」の選択時照合形2挙動操作に分解して外部機器に出力する。
制御データ管理	上位からの制御データ内容をチェックし、異常があれば上位に返送する。制御出力時の応動状態監視は最大100状態監視である。
電力量編集	子局停止時でも電力量を12時間分保存し、要求時に送信する。
点検要求	上位装置からの点検要求に対して点検応答を返送する。
時刻同期	装置の時刻を上位装置からの設定時刻に同期させる。
シーケンス管理	上位局からの要求に対して対象データを要求元に返送する。上位装置からのIT開始(選択制御)で全表示要求を表示状態編集に出力し、現状イメージを上位装置と等価する。
システム監視	一定周期で装置状態を監視する。動作継続不能な異常発生時には、装置を自動再起動する。

4.5 外部インタフェース仕様

第5表に外部インタフェース仕様を示す。個別結合方式では、制御信号はリレー絶縁信号でDC100Vでの取り合いとなる。表示・故障信号取り込みはフォトカプラで絶縁するDC100Vでの取り合いとなる。

静止形結合方式では、Ethernetでの結合となり、TCP/IP方式で10/100Mbpsのインタフェースを持つ。

5. む す び

情報を伝達する伝送回線のネットワーク化は大変速いスピードで進んでおり、遠制装置もそれに遅れないよう対応していく必要がある。

第5表 外部結合仕様

電鉄用IP遠制装置子局が持っている外部インタフェース機能を示す。

(1) 個別結合

項目	制御出力	表示・故障入力
結合方式	有電圧接点	有電圧接点
絶縁方式	リレー	フォトカプラ
電圧	DC100V	DC100V
負荷電流	250mA以下	20mA以下
パルス幅	100ms以上 300ms以下	50ms以上

(2) Ethernet接続

項目	仕様
伝送速度	10/100Mbps
アプリケーション層	専用プログラム
トランスポート層	TCP
ネットワーク層	IP
データリンク層	Ethernet
物理層	

本電鉄用IP遠制装置子局は、安心・安全を考えたJEMA制定の強固なプロトコルを使用することで、ネットワーク化に対応しつつ、情報の連続性の確保・情報不達のチェックなどを行い、安心してご使用いただける装置となっている。

今後も、ネットワーク環境は更に進化すると考えられる。その時代に合ったネットワークを使い、また、今後も安心・安全な装置の開発に努める所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



西村 勇 Isamu Nishimura
コンピュータシステムのシステムエンジニアリング業務に従事