

ネットワーク信号制御システムの開発概要



先端鉄道システム開発センター 課長（制御設備） 樋浦 昇

輸送力改善や信号装置の老朽取替等に伴う信号工事は、年々増加する傾向にあります。一方、信号装置は、信号ケーブル（メタル）を介した電圧制御となっています。このため、信号工事では、膨大な信号ケーブルの敷設や長期間にわたる現地試験が必要になります。

そこで、信号工事の施工性向上と現地試験の軽減を図るため、駅構内における信号装置の制御を光ネットワーク化する「ネットワーク信号制御システムの開発」を行っています。本稿では、その開発概要を紹介します。

1 はじめに

現在、駅構内の信号機や電気転てつ機等の制御は、信号機器室から各信号機器へ敷設した信号ケーブル（メタル）を介した電圧制御となっています。このため、連動装置取替などの信号工事を行う場合は、「膨大な量のケーブル敷設」「その数倍にあたるケーブル芯線の配線作業」「芯線が正しく配線されていることを確認するための接続試験」などを長期間にわたって実施する必要があります。そしてこのことが、工事施工のミスに起因する輸送障害が発生する一因となっていました。

そこで、信号ケーブル敷設、配線作業、接続試験等を削減し、工事施工のミスに起因する輸送障害を減少させることなどを目的に、駅構内の信号機や電気転てつ機等の信号機器と信号機器室を光ケーブルで接続し、デジタル情報伝送により制御するネットワーク信号制御システムの開発を行うことにしました。

これにより、現場配線が大幅に削減されるとともに、信号機器室内のFCPと現場信号機器とを接続するケーブルの配線も削減されます。従って、現場作業が大幅に削減されるだけでなく、配線のチェックを目的とした接続試験も削減され、施工性が大きく向上します。

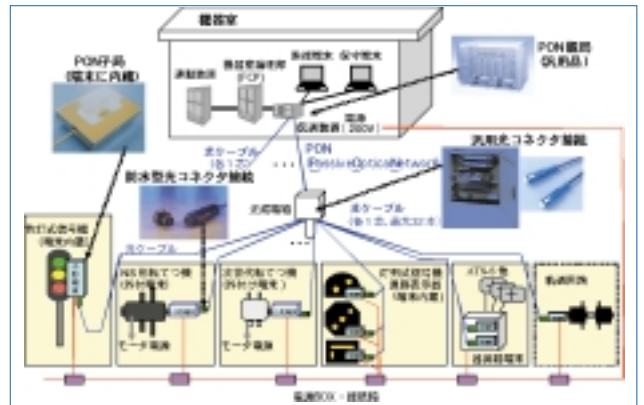


図1 ネットワーク信号制御システムの構成

2 システムの概要

ネットワーク信号制御システムは、信号機器室の制御装置と現場信号機器との間の制御情報、表示情報の授受を光ネットワークを使用して情報伝送化を行うものです。図1にシステム構成を示します。

信号機器室には、従来の電子端末に相当する機器室論理部（FCP）を設置します。FCPは、連動装置からの制御情報と関連信号機器の表示情報をもとに、対象信号機器の制御情報を決定します。

各信号機器に対する制御情報は、データ化して各信号機器に伝送されます。信号機器に内蔵された小形制御端末では、受信したデータと機種別の制御方法を定義した定数に従って、信号灯を点灯する、転てつ機を転換する、などの電氣的な制御を実行します。

3 開発スケジュール

本システムの2006年度内での実用化（1号機）を図るため、開発を2段階に分けることにしました。開発フェーズⅠは、1号機の実用化のために必要な開発、開発フェーズⅡは、2号機以降の導入拡大に向けた開発としました。

図2に開発スケジュールの概要を示します。



図2 開発スケジュール

4 主な開発内容（開発フェーズⅠ）

4.1 機器室論理部（FCP）

機器室論理部(FCP)は、信号制御の論理処理としては従来の電子端末と同等なものです。電子端末の場合、現場信号機器を信号ケーブルを介して直接電氣的に制御しますが、FCPは、信号機器に対する制御情報をデータとしてネットワークに出力します。

FCPは、制御対象信号機器の制御情報を決定し、制御電文として全小形制御端末にブロードキャスト(1対多)伝送します。小形制御端末は、制御電文より自端末への制御情報に該当する部分を抽出し、信号機器の制御を行います。制御結果は、表示電文としてユニキャスト(1対1)伝送でFCPに返送されます。なお、保安情報の安全性にかかわる処理は、IEC62280(伝送を介した保安制御の安全性)に準拠した方式としています。

4.2 小形制御端末（FC）

小形制御端末(FC)には、信号機構内蔵型と外付け型があります。また、外付け型は、クロージャ収容タイプと器具箱収容タイプの2種類があります。

FCを信号機器に内蔵するにあたっては、大幅な小型・省電力化が求められます。そこで、以下を前提として開発を進めました。

- ①LED信号機とする。
- ②警戒(Y Y)、減速(Y G)など複数の灯を同時に点灯させる場合も一灯ずつ独立して制御することで電圧・電流を標準化する。

4.3 小形制御端末内蔵形信号機構

信号ケーブル、配線作業の削減を実現するためには、小形制御端末を信号機構に実装し、小形制御端末と信号機構との間の配線作業を可能な限り削減する必要があります。

また、信号機構内に実装するためには、「絶縁隔離の確保」「温度・振動・ノイズ対策」「光ケーブルの余長の確保」などが必要になります。

本開発では、色灯信号機、中継信号機、入換信号機を対象としました。

4.4 光ネットワーク

本システムは、信号機器室に光伝送装置(親局)を設置し、信号機や電気転てつ機等の信号機器には光伝送装置(子局)と小形制御装置を、小形制御端末として内臓または外付けし、これらを光ケーブルで接続する構成としています。なお、光ケーブルとこれらの装置はコネクタで接続します。

本システムの基盤となる光ネットワークには、E P O N (Ethernet Passive Optical Network)方式を採用しました。本方式は、FTTH(Fiber To The Home)で用いられている汎用の伝送方式ですが、以下の点で保安制御向けのネットワークの構築にも適しています。

- ①光カブラを用い信号機器近傍で光ケーブルを分岐することで、最大1対32の通信が可能。これにより、光ケーブルの敷設量の削減が可能。
- ②光カブラは電源不要なので、分岐部分の構成が容易。
- ③光ケーブル1芯で双方向通信が可能のため、芯線数が削減でき、施工が容易。

4.5 定常状態監視情報集約装置

従来、信号機器の定常監視は、信号機器室での電圧・電流値測定によっていました。本システムでは、小形制御端末において信号機、転てつ機等の電圧・電流値の測定が可能になります。

そこで、小形制御端末での電圧・電流値を光ネットワークを介して機器室に集約する「定常状態監視情報集約装置」を開発することにしました。そして、当面は、この装置から既存の定常状態監視システムに対して、監視情報を伝送することとしています。

図3に、定常状態監視システムの構成を示します。

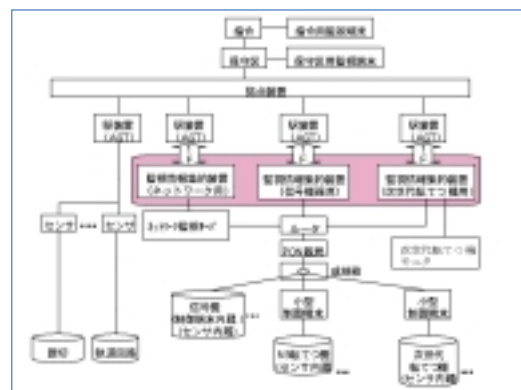


図3 定常状態監視システムの構成

4.6 ネットワーク管理ツール

本システムは、TCP/IPを利用したEPON方式のネットワークを採用しています。従ってネットワーク障害発生時の原因究明、復旧作業の迅速化、ネットワーク構成変更の容易化、などを目的としたネットワーク管理ツールが必要になります。

具体的には、汎用のネットワーク監視サーバとSNMP (Simple Network Management Protocol)を活用して、「ネットワーク監視機能」「構成管理機能」「ネットワーク構成変更支援機能」「監視情報収集機能」などを実現します。

4.7 各種試験

4.7.1 耐環境試験

電子機器である小形制御端末を線路近傍、特に信号機器に内蔵することから、当初より環境対策を重要課題と位置づけ、対策を検討してきました。基本的には、最低限クリアすべき値として、従来の信号機器に適用されているJIS規格、及び国際規格を準用した環境条件を定め、それに基づいた型式認定試験を実施することになりました。

また、モニターラン試験の中で各種環境データの測定を行い、必要により対策を強化することになっています。なお、今後、土浦駅以外でも信号機器の設置環境が厳しい箇所において環境データの測定を行い、その結果を本システムに反映させていく予定です。

(1) 温度

信号機器に内蔵する小形制御端末の使用温度条件を決めるにあたって、2004年の8月後半に各種信号機の内部温度を測定しました。その結果、板金製の入換信号機、中継信号機の内部温度が最も高く60℃程度、樹脂製の色灯信号機では50℃程度でした。

従って、電子機器である小形制御端末を内蔵するためには、10℃以上の温度低減が必要となります。そこで、遮熱塗料(セラミック系の白色塗料で、断熱と熱反射の両方の効果を持つ)の効果を確認することになりました。

遮熱塗料を塗布したものと、通常塗装のもので内部温度の比較を行ったところ、遮熱塗料の塗布により、10℃程度の温度低減が図れることがわかりました。

そこで、今回、遮熱塗料の塗布を行った場合の使用温度条件の上限を+55℃としました。

(2) 雷サージ

小形制御端末を内蔵した信号機器の設置環境では、アースを取ることが困難であり、また保守のための立ち入りも制限されることから、保安器を使用することが難しい状況です。そこで、小形制御端末の雷害対策には絶縁方式を採用することにしました。

一方、現場の信号機器と信号ケーブル(メタリック)で接続されることになる器具箱収容型小形制御端末は、現場へ出て行く回線のそれぞれに保安器を取り付け、その接地線をフレームグラウンドに接続し、小形制御端末の周囲を等電位化して小形制御端末内に雷サージが流れないようにしました。

(3) 電磁ノイズ

鉄道環境における電磁両立性の国際規格(IEC-62236-4)に基づき環境条件を設定し、専門のサイトで試験を行うことにしました。

4.7.2 工場内総合試験

工場内で実施する総合試験では、大規模駅(宇都宮駅)をモデルにしたシステムを構築し、「トータルシステムとしての機能確認試験」「実運用を想定した保守性・施工性の評価」などを行いました。

また、土浦駅モニターラン用システムを構築し、「既存の信号制御システムへ影響をあたえないこと」「既存の信号制御システムとの動作比較方式」などについて検証しました。

4.7.3 最大負荷試験

最大負荷試験では、各種模擬装置を用いて負荷が最大となるようなシステムを構築し、「各機能が相互に悪影響を与えることなく正常に稼動すること」「設計値を超える負荷を与えた時にシステムが安全側に動作すること」などを検証しました。

4.7.4 モニターラン試験

土浦駅の既設電子連動装置に、仮設のネットワーク信号制御システムを接続し、既設電子連動装置の制御情報をバラ取りできるようにして、長期間のモニターラン試験を行うことになりました(図4)。

一方、光ケーブル、光成端箱等の材料、施工方法についても評価の対象としており、数種類を現地で施工して施工性等の評価を行っています。

また、当社の保守係員及び工事施工会社の方に、本システムの保守または構内改良に伴う信号機器の取替等を想定し

た作業を行ってもらい、その操作性、施工性についての評価も行っていきます。

主な評価項目は、以下のとおりです。

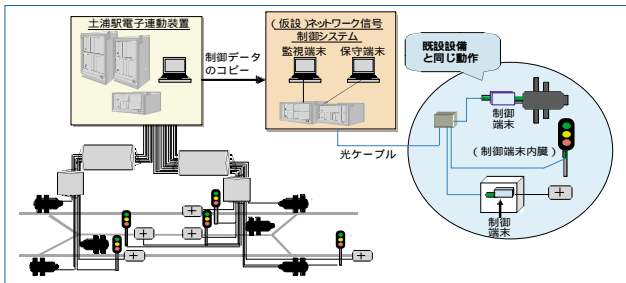


図4 土浦駅モニターランシステムの構成

(1) 制御性能

「既設信号機器と仮設したネットワーク信号機器との制御状態が一致していること」「制御タイミングのずれが基準値内であること」などを評価しています。

(2) 伝送性能

本システムは、信号機器室内にある機器室論理部からの制御情報を、光ネットワークを介して現場の信号機器に伝送しています。そこで、伝送周期が基準値内であることや伝送順序の逆転、伝送異常の発生する確率が基準値以内であることなどを評価しています。

(3) 耐環境性能

長期間にわたる本システムの安定稼働の確認を行います。また、信号機器内にセンサを設置し、温度、振動、ノイズ等を測定し、信号機器に異常が発生した場合、環境条件との因果関係を明らかにすることとしています。

5 主な開発内容（開発フェーズⅡ）

5.1 データ作成支援ツール

データ作成支援ツールは、小形制御端末を制御するための制御定数の自動生成と自動検査を行うものです。

5.2 小形制御端末（線路表示式入換標識・多進路表示器）

線路表示式入換標識の表示器、及び多進路表示機は、多数の表示灯（電球／LED）を用いて、発点、着点等の特定パターン（英数字）を表示するものです。

本開発では、本体の入換信号機、または入換標識を制御する小形制御端末からシリアル回線を介して、表示器内の制御

回路をドライブする方式とする予定です。これにより、信号ケーブル、配線作業の削減、接続試験の簡素化が図れるものと考えられます。

5.3 小形制御端末（軌道回路）

現在、駅構内の列車検知装置には、SME Tが導入されています。これは、駅構内の複数の軌道回路に信号を時分割に送信し、常時受信することにより各軌道回路上の列車の有無を検知するものです。なお、SME Tは、信号機器室に集中して整備されています。

本開発では、列車検知装置をどの程度現場に分散すべきなのかを検討したうえで、送着ケーブル、配線作業の削減に向けて開発を進めていく予定です。

6 おわりに

本システムは、現在、「フェーズⅠ」での開発をほぼ終え、常磐線土浦駅でモニターラン試験を実施しているところです。今後、本試験での評価を踏まえ、ネットワーク信号制御システムの2006年度内の実用化を目指していきます。

なお、「フェーズⅡ」の開発も着実に進め、本システムの導入拡大を図っていく所存です。

さらに、今後、電気転てつ機に内蔵する小形制御端末や、本システムを駅間の信号設備へも適用する「駅中間ネットワーク信号制御システム」も開発していく予定です。将来的には、これらに加えて踏切制御も可能とするような総合的な「ネットワーク信号制御システム」を構築していきたいと考えています。

参考文献

国藤隆，樋浦昇；「ネットワーク信号制御システムの開発について」，JRE A, Vol.48, No.5, pp.30839～30842 (2005)