

川崎製鉄向け車両管理データ伝送システム

Vehicle Operation Control System for Kawasaki Steel

阿南 龍哉⁽¹⁾ 立田 次郎⁽²⁾ 小川 郁夫⁽³⁾
Tatsuya Anami Jiro Tatsuta Ikuo Ogawa

要 旨

近年、構内において無線回線でのデータ伝送を利用した、車両等の運行管理システムが増加している。今回、川崎製鉄㈱水島製鉄所向けに鋼材等の運搬用車両運行管理のためのシステムを開発した。

本システムは、車両に搭載された移動局端末から車両の位置、状態等のデータを無線回線を通じて基地局で受け、これをホストコンピュータへ送り、さらにホストからの作業指示データを再び基地局から移動局端末へと伝送し、作業等の指令を行うものである。

当社はこのシステムの中で、無線回線に関連したデータ伝送部分のハードウェア、ソフトウェア開発を担当した。

水島製鉄所構内は非常に広く、本システムではコスト等の面から1基地局で広いエリアが得られる、既設の一般業務用無線に信号処理装置を接続し、数十台の音声通信およびデータ伝送の両立を図った。

本稿では、当社が担当した、ホストコンピュータから端末を中継する基地局および移動局車載端末の概要を紹介する。

In recent years, the vehicle operation control system utilizing the data transmission in wireless communication line in the plant is on the increase.

Our company has developed the vehicle operation control system for transporting steel materials for Kawasaki Steel Mizushima Iron Works.

This system receives data, such as vehicle position from the mobile terminal station loaded on the vehicle and status at the base station through the wireless communication line, which is then sent to the host computer, and further, the operation instruction data from the host is again transmitted from the base station to the mobile station terminal, thus giving operation instructions.

Our company is responsible for the development of hardware and software at the data transmission part related to wireless communication line among this system.

Mizushima Iron Works is extremely spacious. In this system, a signal processing unit is connected to the existing general business radiotelephone in which a wide area is obtained on a single base station from the aspect of costs, achieving the compatibility of tens of voice communication and data transmission.

This paper introduces the outline of our base station relaying the terminal from the host computer, and our mobile station on-board terminal.

(1)~(3) 移動通信部

1. はじめに

今回、川崎製鉄㈱水島製鉄所の協力を得て、製鉄所における車両管理用データ伝送システムを開発した。

本システムは、甲子園球場の約 290 倍もある工場内の効率的な物流管理、車両運行管理を目的とするためのものである。

各車両（約 80 台）には車両端末が取り付けられ、自車の状態を基地局を経由してホストコンピュータに送る。ホストコンピュータ側で全体を管理し、各車両に対し情報（指令）等を伝送することにより、効率的な車両運行を可能とするものである。

2. システム開発の背景

川崎製鉄㈱水島製鉄所内での車両等の運用に関しては、川鉄運輸㈱が担当している。従来の運用方法は、製鉄所内にある「無線コントロール室」にて、3 人のオペレータが百台前後の車両を音声無線によりコントロールしていた。

車両の運行状況などは、黒板に車両番号のついたマグネットを移動させることにより位置や状況を管理する方法であったために、複雑な作業になっていた。

今回は音声の数十倍の速さにて各移動局に指示を送り、かつリアルタイムにて車両全体の管理を行うことを目的に本システムの開発を行った。

3. システムの概要

川崎製鉄㈱水島製鉄所車両管理用データ伝送システムの概要を図-1 に示す。

本システムはホストコンピュータ部、無線基地局設備、移動局設備に分けられる。

3.1 概要

本システムは移動局、無線基地局（以下基地

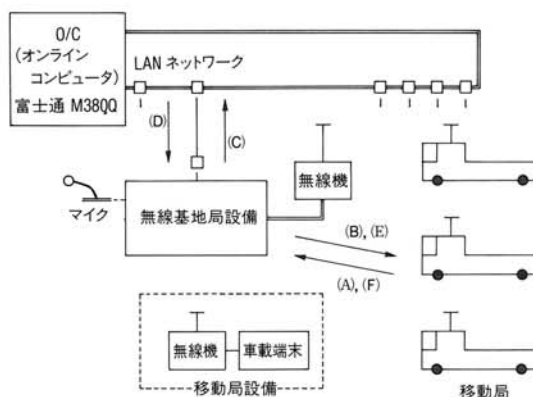


図-1 システム概要図

Fig. 1 System outline

局）、ホストコンピュータ（以下ホスト）間のデータ通信を行うものである。以下に動作の概要および通信データの流れを示す。

① 移動局

- ・現在位置（工場建屋出入口番号等）をアルファベットおよびテンキーにて入力する。
- ・ファンクションキー（始業、出発、積開、卸完他）にて現在の動態を入力する（メッセージデータ④の送出）。

② 基地局

- ・移動局に対しての応答信号⑧の送出
- ・ホストに対しての移動局メッセージデータ転送（メッセージデータ③の送信）。

③ ホストコンピュータ

- ・移動局メッセージデータの受信
- ・移動局に対しての指示の作成および基地局へ転送（メッセージデータ⑤の送信）。

④ 基地局

- ・移動局に対してのメッセージデータ送信（メッセージデータ⑥の送信）。

⑤ 移動局

- ・メッセージデータ⑥の受信および表示。
- ・基地局に対しての応答信号⑦の送出。

3.2 基地局設備

表-1 データ伝送仕様

	ホスト・基地局間	基地局・車載端末間
伝 送 速 度	9600Bps	1200Bps
自己誤り訂正方式	CRC-16符号	BCH符号
再 送 誤 り 訂 正	有り	有り
変 調 方 式	—	MSK変調方式
伝 送 手 順	BSCコンテンション方式	富士通テン独自方式

基地局の機能としては大きく分類して3種類の機能がある。以下にその機能を示す。

① 応答信号の送出

車載端末よりのデータを受信すると、確認のための応答信号を送出する。

② ホストコンピュータとのデータ送受信

車載端末より受信したデータをホストコンピュータへ送信する。またホストコンピュータより受信したデータを車載端末へと送信する。

③ セレコール信号の送出

基地局側のキーボードにて特定移動局へのセレコール操作が行われると、車載端末へセレコールデータを送出する。

3.3 移動局設備

移動局設備は400MHz帯業務用無線機と、指令情報の表示、動態情報入力を行う車載端末から構成され各移動局車内に取りつけられている。

各移動局は工場内等を移動するため、防塵処理を施し、操作性を考慮した専用端末(図-6…69頁)

を開発した。

キースイッチは16個のファンクションキーと数字、アルファベット、その他の計61個から構成され、操作しやすいよう13mm×13mmの大きいスイッチパネルとした。

表示装置は1文字4×8ドットで、1行16文字を2行表示する。

主に上段は、移動局入力データ、下段を基地局からのメッセージデータを表示するために用いる。またELによる照明を行い、夜間の視認性も向上している。また液晶パネル自体も高温範囲のタイプを使用し、十分車載用を考慮した構造にしている。

3.4 データ伝送仕様

ホストと基地局(有線回線)および車載端末と基地局(無線回線)とのデータ伝送手順を表-1に示す。

3.5 無線回線信号形式

基地局、車載端末間の無線回線信号は2種類のデータ長を使用している。データの形式および仕様を以下に示す。

1) メッセージ信号(図-2)

基地局～移動局間のメッセージ(文字)データとして使用する。1ブロック63ビット(内BCH誤り訂正用符号18ビット)を4ブロック分インターリーブして伝送している。

2) 応答信号およびセレコール信号(図-3)

基地局から移動局間の応答信号(ACK)およ

BS(32)	FS(20)	動態(6)	無線番号(8)	車番(20)	情報(128)	予備(18)	CHECK(72)
インターリーブして伝送する							
260mS							

図-2 メッセージ信号仕様

Fig. 2 Message signal specification.

BS(32)	FS(20)	動態(6)	無線番号(8)	車番(20)	予備(11)	CHECK(72)
96mS						

図-3 応答信号及びメッセージ信号仕様

Fig. 3 Response signal and message signal specification.

セレコール信号として使用する。63ビット（内BCH誤り訂正符号18ビット）1ブロックを伝送している。

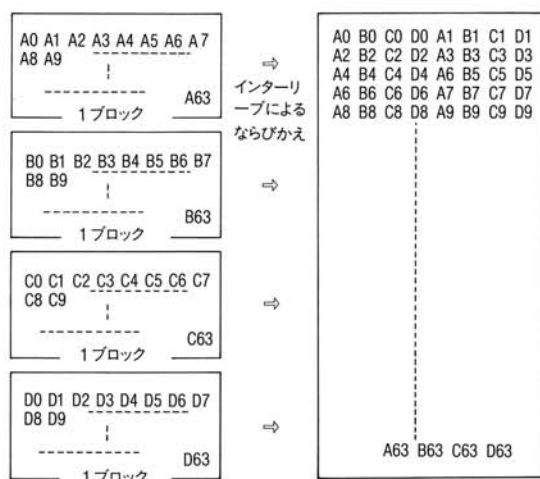
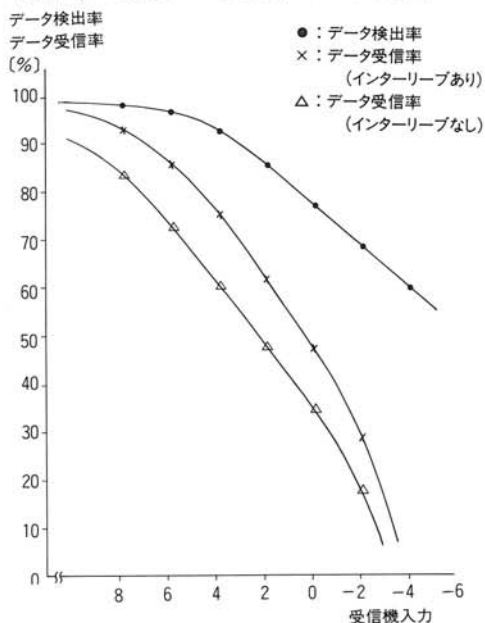


図-4 インターリーブ方法
Fig. 4 Interleave system.

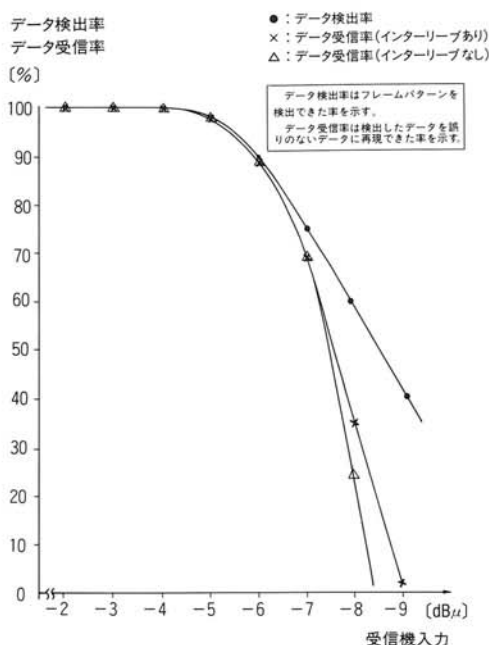
3.6 誤り訂正方式

今回用いたデータ形式は前項にて述べたように非常に長いものである。従ってBCH誤り訂正をより効果的に行う目的でデータにインターリーブ

(図5-b) 時速20kmで走行中のデータ受信率



(図5-a) フェージングなしの場合のデータ受信率測定結果



(図5-c) 時速30kmで走行中のデータ受信率

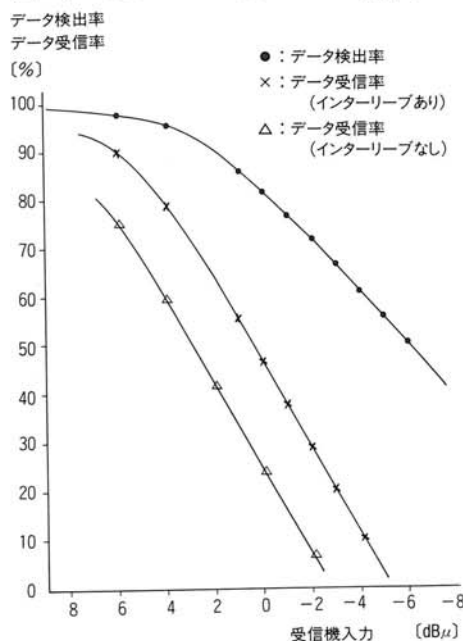


図-5 データ受信率実測値

Fig. 5 Data reception rate measured value.

(ビットならびかえ操作)方式を採用した。

(図-4)。

以下にその方法および効果を示す。

3. 6. 1 インターリーブについて

1) 方 法

図-4のごとく本来各ブロック(A、B、C、D)ごとに並んでいたデータを、1ビットずつ取り出し、順にならびかえることによって行われる。

処理としては、送信するデータに誤り訂正符号を付し、インターリーブを行って送信する。

受信がわでは、インターリーブを戻して、誤り訂正処理を行う。

2) 効 果

今回用いた誤り訂正方式では1ブロック2ビットまでの誤りしか訂正出来ないため、インターリーブしていない場合に、連続した3ビットに誤りが生じると、そのデータは既に無効データとなってしまう。

インターリーブしていた場合は、最大8ビットの連続した誤りが発生しても、受信後に各ブロックごとに分散されるために訂正可能となる。

従って各ブロック単位にて誤り訂正が行われ、受信データを有効データとすることが出来る(バースト誤りの軽減)。

インターリーブは以上から、長いデータを伝送する場合に特に有効であることが分かる。

インターリーブした場合としない場合でのデータ受信率の違いについて図-5(-a,-b,-c)に示す。

この表はレイリーモジュレータを用いて移動局がある車速にて移動した場合をシミュレートして測定した結果である。

実測値からも、無線回線にて長いデータを伝送する場合、回線品質の悪い弱電界地域や、特にフェージングの発生する移動体との通信時に効果が大きいといえる。



図-6 車載端末 外観

Fig. 6 On-board terminal appearance.

4. システム構成

本システムは、ホスト、基地局、移動局の3つから構成されている。

主に基地局と移動局の構成について以下で述べる。

4. 1 移動局設備

車載端末設備は図-6の様な外観となっている。

4. 1. 1 ハードウェア構成

移動局のハードウェア構成を図-7に示す。

大きな特徴として、信号処理用基板(デジタル部)、音声回路部(アナログ部)と完全に分離さ

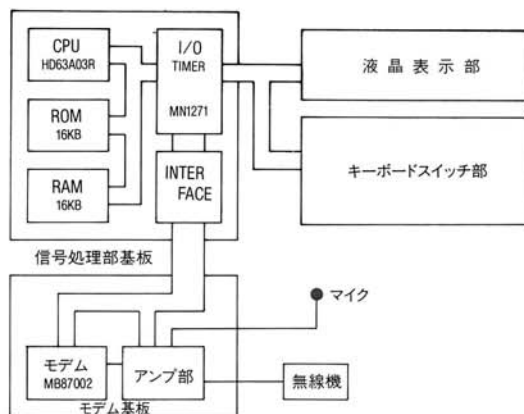


図-7 車載端末装置ハードウェア構成

Fig. 7 Mobile station hardware configuration.

れた2枚の基板から構成されていることである。

基板を分離したことによって、音声回路でのノイズ削減、S/N比の増加等の効果を得ると共に、各基板に汎用性を持たせることが可能になった。

4.1.2 ソフトウェア構成

移動局のソフトウェア構成は以下の5ブロックにて構成されていて、各項目について現在処理が必要かどうかを常にチェックする手法を使った。

- ・LCD表示制御部
- ・キー入力処理部
- ・送信データ操作部
- ・受信データ操作部
- ・無線機制御部

今回はソフトウェアにて初めて実現した任意発信データ 混信防止機能について以下に説明を行う。

各移動局が設定データを任意に送信すると、移動局の同時送信が発生しデータの呼損が増加することになる。

したがって効率良くデータ収集を行うために送信中の無線局の有無を検出して、混信防止を図る必要があった。

今回は無線機のBUSY状態を検出し以下の条件にて送信を行うようにした。

- ・BUSY中はマイクプレスを禁止する（ブザーを鳴らし、警告）。
- ・BUSY中に送信したいデータが発生した場合はBUSYが終了してから、送信する。

混信防止機能は以下のようにソフトウェアにて制御を行っている。

また図-8には実際の混信防止のデータ送出タイミングを示す。

- ① 無線回線BUSY中にデータを送信したい移動局はBUSYでなくなるまで待機しておく。
- ② BUSYでなくなると各移動局は各自乱数にて自分の送信タイムスロットを決定し、時間計

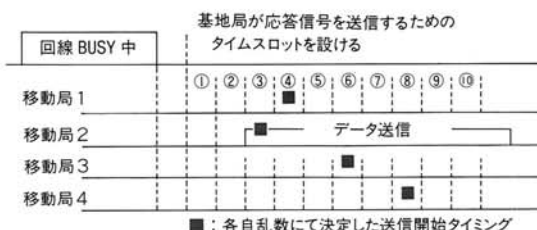


図-8 混信防止用任意発信データ送出タイミング

Fig. 8 Optional transmit data sending timing for interference prevention.

算を開始する。この時最初のタイムスロットは、基地局からの応答信号を優先して送信するために開けておく。

- ③ 自分の決定したタイムスロットが来ると、もう一度BUSYを見て、BUSYでなかった場合のみデータを送信する。BUSYの場合は図-8の初期状態にもどる。

各タイムスロットは移動局送信データより十分短く、無線機のBUSY検出立ち上がり時間よりも十分長いことが必要である。具体的に今回はタイムスロットを50mSに設定した。

この手法を用いることによって、移動局のデータを混信なく基地局へ伝送することが可能となった。

4.2 基地局設備

基地局設備は、移動局とホスト間のデータ仲介および基地局音声指令端末となっている。

4.2.1 基地局ハードウェア構成

基地局のハードウェア構成を図-9に示す。

信号処理部は当社オリジナルの8ビットCPUボードを用い、外部にモデム（ホストとの接続用）、無線機（車載端末との通信用）、キーボード（車番入力用）を接続することにより構成されている。

4.2.2 ソフトウェア構成

基地局には外部制御用I/Oとして3種類（キーボード、無線機、ホスト）を使用しているが、

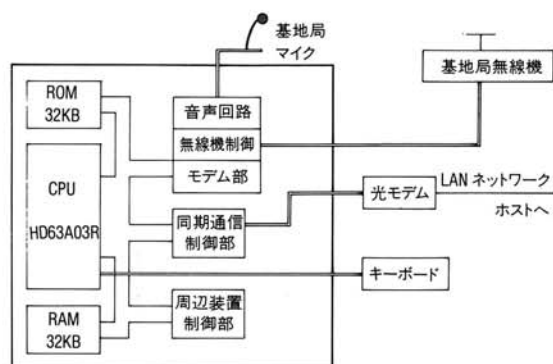


図-9 基地局ハードウェア構成

Fig. 9 Base station hardware configuration.

これらの制御を1つのCPUにて制御している。

これらをプログラミングしてみると、1つの長いプログラムと各外部制御機器からの割り込み処理とに分割されて作成することになる。

2つ以上の割り込みをもちいてプログラムを作成した場合、メインプログラムと割り込み処理プログラムとの相互関係や、データの受け渡し等すべてのことを頭の中にいれてプログラムを組まなければならない。

そこでプログラムの構成を全面変更して、個々に行うべき仕事に対して、1本ずつプログラムを作成し、それらのプログラムがどう動くかについて、モニタと呼ばれる監視プログラムにまかせよ

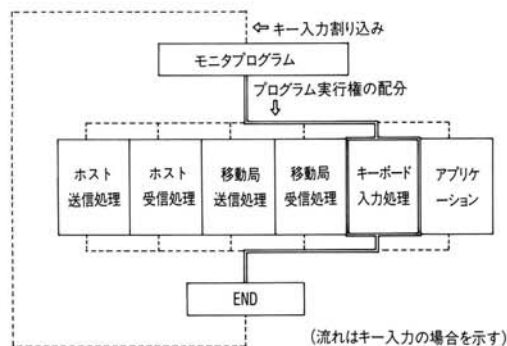


図-10 リアルタイムモニタを用いたソフトウェア構成

Fig. 10 Software configuration using real time monitor.

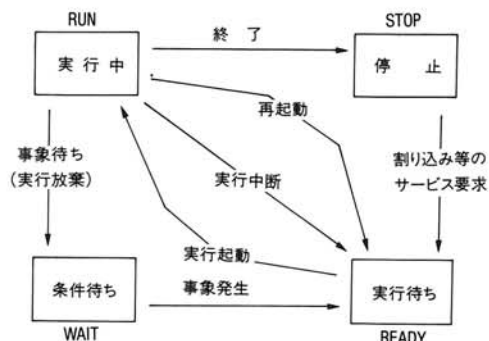


図-11 リアルタイムモニタによるタスク管理

Fig. 11 Task management using real time monitor.

うと考えた。今回用いたリアルタイムモニタの構成を図-10に示す。

モニタプログラムの特徴を以下に示す。

- ・モニタプログラムは、個々のプログラム（タスク）よりも優先順位が上位にあって、常にプログラムの監視をおこなう。
- ・モニタプログラムは、割り込みが発生した時や、タスクの実行が（何かの処理待ちのため）続行出来ないときなどに、CPU動作に介入し、CPUを効率良く動作させる。

モニタプログラムは図-11のごとくタスク状態を監視し、CPUに実行権を与える動作を行っている。



図-12 プログラム実行効率の違いについて

Fig. 12 Difference of program execution efficiency.

複数のプログラムを並列処理した場合と、平行処理した場合の効率の違いを図-12に示す。

図からも分かるように、以下の事項に注意してソフトウェアを作成することにより、効率良く、作成の容易なプログラムを作成することが可能となってくる。

- ① できるだけ特定のプログラム（タスク）が処理を占有しない。
- ② CPU以外のリソースの空き待ちや他のプログラムの進行待ち等のときは、CPUの占有権を解除してもらう。

今回の基地局ソフトウェアは以上のような考え方にしたがってリアルタイムモニタプログラムを構築し、各タスクを効率よく処理することを可能とした。

5. 終 わ り に

本稿にて川崎製鉄㈱水島製鉄所の車両管理運行システムにおける無線回線関連の基地局、移動局についてハードウェア、ソフトウェアの両面から紹介した。

当製鉄所で業務用無線を利用したデータ伝送システムは初めての試みであったが、1988年10月に本稼働し、当初の狙いを満したシステムが構築されている。

今後は無線の欠点である回線品質の問題を解決しつつ、無線回線の特徴を生かした新しいデータ伝送システムの構築にとりくむ所存である。

最後に本システムの開発にあたり、種々御指導、御協力いただいた関係各位に心から謝意を表する。