リモート I/O 変換器　R3 シリーズ
FL-net（OPCN-2）用、Ver.2.0 対応
通信カード（形式：R3-NFL1）
取扱説明書（詳細編）

NM-8426-B 改 11

MG CO., LTD.
www.mgco.jp

目次

はじめに 1
1. FL-net（OPCN-2）の概要 2
1.1. FL-net（OPCN-2）とは 2
1.2. FL-net の特徴 2
1.3. FL-net のよくある質問 4
2. 一般的なご注意 6
2.1. FL-net を用いる上での一般的なご注意事項 6
3. FL-net カード 7
3.1. システム構成 7
3.1.1. 機能・性能仕様 7
3.1.2. 機能ブロック図 8
3.1.3. サポートツール 8
3.1.4. リンクデータ仕様 9
3.2. FL-net カードの各部名称および機能 10
3.2.1. 外観・各部名称および機能 10
4. FL-net 通信カードの実装 11
4.1. カードの実装位置 11
4.2. カードの実装方法 12
4.3. カードのスイッチの設定方法 12
4.4. 入出力カードのご注意事項 12
5. 利用の手引き 13
5.1. FL-net について 13
5.1.1. FL-net の概要 13
5.1.2. 接続台数とノード番号 14
5.1.3. データ通信の種類 15
5.1.4. 伝送データ量 17
5.1.5. リフレッシュサイクル 17
5.1.6. データ領域とメモリ 18
5.1.7. 通信管理テーブル 18
5.1.8. サイクリック伝送と領域 18
5.1.9. メッセージ伝送 21
5.2. FL-net の設定方法 28
6. トラブルシューテング 29
6.1. 故障かな!?と思う前に 29
6.2. パソコンの“Ping 機能”による IP アドレスの確認方法 29
7. 付録 31
7.1. システム構築ガイド 31
7.1.1. 汎用の Ethernet と FL-net の相違点 31
7.2. ネットワークシステムの定義 32
7.2.1. 通信プロトコルの規格 32
7.2.2. 通信プロトコルの階層構造 32
7.2.3. FL-net の物理層について 32
7.2.4. FL-net の IP アドレス 32
7.2.5. FL-net のサブネットマスク 33
7.2.6. TCP/IP、UDP/IP 通信プロトコル 33
7.2.7. FL-net のポート番号 34
7.2.8. FL-net のデータフォーマット 34
7.2.9. FL-net のトランザクションコード 36

7.3. FL-net のネットワーク管理 38
7.3.1. FL-net のトークン管理 38
7.3.2. FL-net の加入・離脱 40
7.3.3. ノードの状態管理 42
7.3.4. FL-net の自ノード管理テーブル 42
7.3.5. FL-net の参加ノード管理テーブル 43
7.3.6. FL-net の状態管理 43
7.3.7. FL-net のメッセージ通番管理 44

MG CO., LTD.
www.mgco.jp

はじめに

このたびは、弊社の R3 シリーズリモート I/O 変換器 R3 シリーズ FL-net（OPCN-2）用通信カード（形式 : R3-NFL1）をお買い上げいただき、誠にありがとうございます。本取扱説明書は、R3-NFL1 の持つ機能を十分に使用していただくために R3-NFL1 の機能や設置、配線方法、操作方法などを記述しています。ご使用になる前に本書をよくお読みいただき、正しくお使いください。

次に示すような環境でご使用になる場合には、本器以外にて十分な配慮をされるようお願いします。

（１） 取扱説明書に記載の無い条件や環境での使用

（２） 原子力関係施設、鉄道施設、航空施設、車両、燃料装置、医療機器、娯楽機械、安全機器など、関係法令に基づいて安全性の確保が必要な場合での使用

（３） 人命や財産に大きな影響が予測され、特に安全性が要求される用途への使用
なお、本器は原子力装置、交通、その他人命や重大事故につながる部分にはご使用にならないでください。

1. FL-net（OPCN-2）の概要

1.1. FL-net（OPCN-2）とは

FL-net(OPCN-2)とは、次図に示すように、多数の異なる製造業者のプログラマブルコントローラ(PLC)や数値制御装置(CNC) などの各種 FA コントローラまたはパソコンを相互接続し、制御・監視を実現するネットワークです。

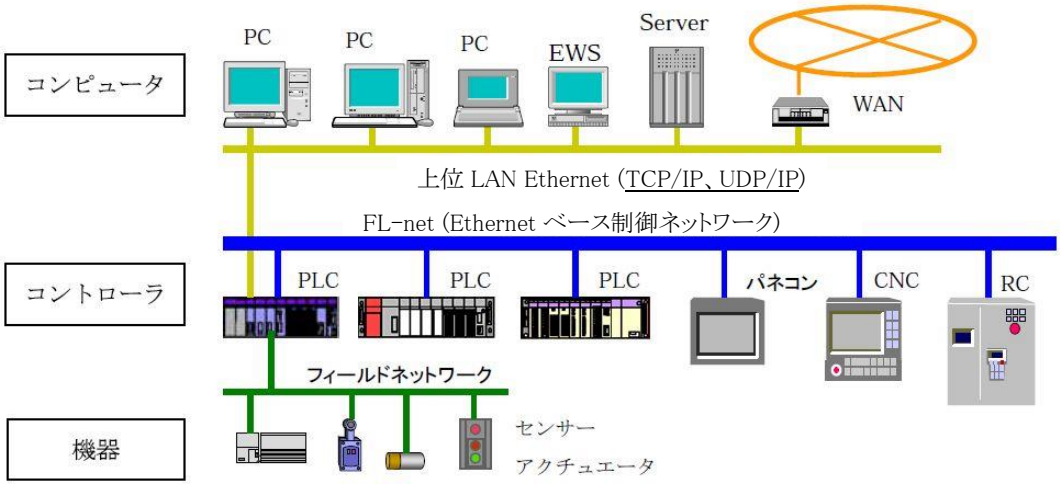


図 1-1　FA コントロールネットワーク構成例

FL-net(OPCN-2)は、JIS 規格および(社)日本電機工業会 JEM 規格として制定されていてほとんどのメーカーの PLC が対応しています。各社対応製品リスト、規格書、解説を含む詳細情報がオープン PLC ネットワーク（OPCN）の次のホームページにあります。

http://www.jema-net.or.jp/Japanese/hyojun/opcn/top-opcn.htm

なお OPCN では図 1-1における下位層のフィールドネットワークであるデバイスレベルとその上位層のコントローラレベルとをそれぞれ OPCN-1、OPCN-2 として規格化し、後者は（財）製造科学技術センターの開発した FL-net が採用されたことから FL-net(OPCN-2)の名称となっています。簡略のため本書では FL-net と記しています。

1.2. FL-net の特徴

FL-net は次のような特徴があります。

- オープン化とマルチベンダの実現
  多くの異なる製造業者のプログラマブルコントローラ(PLC)や数値制御装置(CNC)などのコントローラやパソコンなどを相互接続し制御・監視を実現することが可能です。

<table>
<tr><td>アプリケーション層</td><td></td><td colspan="2">コントローラ・インタフェース</td></tr>
<tr><td rowspan="3">FAリンクプロトコル層</td><td></td><td rowspan="2">サイクリック伝送</td><td>サービス機能</td></tr>
<tr><td></td><td>メッセージ伝送</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">トークン機能</td></tr>
<tr><td>トランスポート層</td><td></td><td colspan="2">UDP</td></tr>
<tr><td>ネットワーク層</td><td></td><td colspan="2">IP</td></tr>
<tr><td>データリンク層</td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">Ethernet
(IEEE802.3準拠)</td></tr>
<tr><td>物理層</td><td></td></tr>
</table>

図 1-2　FL-net のプロトコルの基本構造

- 広く普及した標準規格に準拠

  OA の機器で標準となっている Ethernet をベースに、標準の UDP/IP を使って効率のよい通信を実現しています。（図 1-2）

  －低価格

  普及している通信デバイスによって構成できるため、低価格を実現しています。

  －広範囲なネットワーク機器

  トランシーバやハブ、ケーブル、パソコン用 LAN カードなど、Ethernet 用として広く普及したネットワーク用機器を用いることができます。

  －将来の高速化

  将来 10 Mbps→100 Mbps→1 Gbps と伝送速度の向上が期待できます。

  －光通信化

  Ethernet 用に普及している光リピータなどを用いることによって、必要な部分を光ファイバ化することで、500 m 以上の長距離伝送を可能にし、耐ノイズ性の向上および屋外配線時の雷サージ対策を可能にすることができます。

- FA コントローラ間に必要な通能をサポート

  使用者の要求仕様がスタートとなっているため、FA に必要な各種の特徴を有しています。

  －大規模ネットワーク

  最大 254 台の機器(ノード)が接続できます。

  －用途に応じた 2 種類の通信機能

  サイクリック通信によって各ノードが同一のデータを常に共有できるコモンメモリ機能、および必要なときに必要な情報だけをやり取りするメッセージ通信機能の両方をサポートしています。

  －大容量コモンメモリ

  コモンメモリは 8 K ビット＋8 K ワードと大容量です。

  －高速応答

  50 ms/32 ノード(2 K ビット＋2 K ワード時)の高速応答が実現できます。

  －マスタレス方式による高い信頼性

  マスタが存在しないことから、各ノードの参加・離脱がほかのノードの通信に影響を与えることなしに自由にできるため、どのノードも自由に電源の ON/OFF またはメンテナンスなどが可能です。

1.3. FL-net のよくある質問

表 1-1 FL-net のよくある質問

	質 問	回 答
1	Ethernet とは？	Ethernet は、ケーブルのタイプを定義する仕様であり、ローカルエリアネットワーク(LAN)で用いられます。Ethernet は、10 Mbps～100 Mbps の通信速度で、コンピュータ間のデータ転送を行えます。現在、事務所などの OA で最も多く用いられている Ethernet は、10 Mbps ツイストペアケーブル(UTP)です。Ethernet は、多くのマルチベンダから出されているソフトウェアプロトコルを用いて、通信することができます。
2	FL-net とは？	FL-net は、プログラマブルコントローラ(PLC)や数値制御装置(CNC)などの FA コントローラを接続し、コントローラ間の制御データを高速に相互交換するネットワークです。ケーブルなどは、Ethernet と同じものを用います。
3	FL-net と Ethernet の違いは？	Ethernet は、上位のコンピュータ、パソコンなどとコントローラを接続し、生産指示、実績収集など情報・制御用途のために用います。また、FL-net は、コントローラ間の接続に用い、高速な制御データ交換のために用います。1 台のコントローラで、上位用の Ethernet およびコントローラ間用の FL-net の両方を実装した場合には、ケーブルを間違って接続しないように十分注意してください。
4	どうやって FL-net ユニットを用いることができますか？	FL-net ユニットは、プログラマブルコントローラ(PLC)や数値制御装置(CNC)などのコントローラに実装し、通常の PLC の“CPU リンクユニット”と同じように、局番号(ノード番号)およびコモンメモリ(リンクレジスタとも呼ばれる)のリンク割付設定を行うだけで、コントローラ間のデータ送受信をサイクリックに行います。この場合 PLC などに特別な通信プログラムは不要です。またパソコンなどからの PLC などのメモリや通信パラメータなどの読出、書換なども PLC などに特別な通信プログラムは不要です。ただし、コントローラ間相互で、メッセージ伝送を用いたデータ送受信を行う場合には、個々のコントローラにプログラムが必要となります。
5	プロトコルとは？また FL-net は、何というプロトコルをサポートしていますか？	プロトコルとは、通信をするうえで必要なルールです。FL-net は、UDP/IP とその上位層に位置する FL-net 専用の“FA リンクプロトコル”を用いています。
6	FL-net に通常のパソコンを接続できますか？	プログラマブルコントローラ(PLC)や数値制御装置(CNC)などの FA コントローラに実装する FL-net ユニットは、ボード内にプロセッサーをもったインテリユニットになっています。パソコンの Ethernet カードは、ダムボードと呼ばれるノンインテリ方式なので、パソコンの性能または使い方などによりますが、一般的にはインテリ形の FL-net ボードを推奨します。

7	トポロジとは？	ネットワーキングトポロジとは、ネットワーク配線形態のことを示します。大きくスター形(ツリー形)、バス形、およびリング形の三つがありますが、これらは、物理的な配線形態というよりも論理的な配線形態といったほうが、分かりやすいでしょう。FL-net で用いる 10BASE-T は、スター形トポロジです。10BASE5 は、バス形トポロジです。
8	ネットワークケーブルの種類とそのケーブル長、および接続台数は？	最も一般的に用いられる Ethernet ケーブルの標準および、特性・制限の一部を記載します。備考（）の数値はリピータ使用した場合です。■10BASE-T ツイストペアケーブル(UTP)、1 セグメント当たりの最大伝送距離 100 m(500 m)、1 セグメント当たりの最大接続数は 254 台。■10BASE5 Thick 同軸ケーブル(イエロケーブル)、1 セグメント当たりの最大伝送距離は 500 m(2500 m)、1 セグメント当たりの最大接続数は 100 台(254 台)。■10 BASE–FL 光ファイバケーブル、1 セグメント当たりの最大伝送距離は 2000 m、1 セグメント当たりの最大接続数は、254 台。

2. 一般的なご注意

2.1. FL-net を用いる上での一般的なご注意事項

一般的な LAN の注意事項に加えて FL-net 特有の制限として次の制限または注意事項があります。

表 2-1　FL-net を用いる上での一般的なご注意事項

No.	内 容
1	FL-net の通信ケーブルにほかの Ethernet の通信データを流してはいけません。
2	FL-net をルータに接続しないようにしてください。
3	FL-net にスイッチングハブを用いても効果はありません。
4	赤外線および無線などのメディアを用いると通信のリアルタイム性が大幅に低下することがあります。
5	パソコンを用いた場合には、パソコン本体の能力または用いる OS、アプリケーションなどによって通信のリアルタイム性が大幅に変化することがあります。
6	IP アドレスは、決められたアドレスを用いてください。ネットワークアドレスについては揃える必要があります(標準ネットワークアドレスは、192.168.250 です)。また、IP アドレスのノード番号(局番)については次の入力範囲が推奨されています。 ネットワークアドレス：192.168.250 ノード番号：1~249 ノード番号は、初期設定時には番号の重複チェックはできず、通信して初めてノード番号重複エラーとなりますので十分注意して、設定してください。
7	アースは確実に接続してください。また、アース線は十分な太さを確保してください。
8	ノイズ源からは十分に隔離してください。また、電源線などとの並設などは避けてください。
9	サイクリックデータ通信およびメッセージデータ通信を同時に行うときは、データ量などによってリアルタイム性が低下することがあります。
10	サイクリックデータ通信の領域(コモンメモリ領域)はノード間では連続して確保する必要はありません。
11	トランシーバに SQE スイッチが装着されている場合は、取扱説明書に従って正しく設定してください。
12	接続される機器の処理能力によってシステム全体の定時通信性が影響を受けます。最も遅い機器の通信処理能力(最小許容フレーム間隔)にネットワークに接続されるすべての機器が通信処理速度を合わて通信します。このため 1 台の機器接続または追加によってシステム全体のリアルタイム性が大幅に低下することがあります。
13	メッセージデータ通信のヘッダ部は、ビッグエンディアンですがデータ部はリトルエンディアンです。ただし、プロファイルリードでのデータ部であるシステムパラメータは、ビッグエンディアンです。(ビッグエンディアンとは、MSB を最初に送出する方式を指します。)
14	プロトコルのバージョンまたはモードが異なる機器を同じネットワークに混在させないでください。同じネットワーク内に、プロトコルのバージョンまたはモードが異なる機器が混在した場合は、ネットワークに接続できなくなります。現在の FL-net(OPCN-2)は Version 2.0 であり、古い 1.0 とは互換性はありません。

3. FL-net カード

3.1. システム構成

１つの R3 リモート I/O 変換器シリーズは、ベースと呼ばれる筐体の各スロットに、各種入出力カードを実装することで構成されます。
FL-net には R3-NFL1 通信カードにより接続されます（図 3-1）。

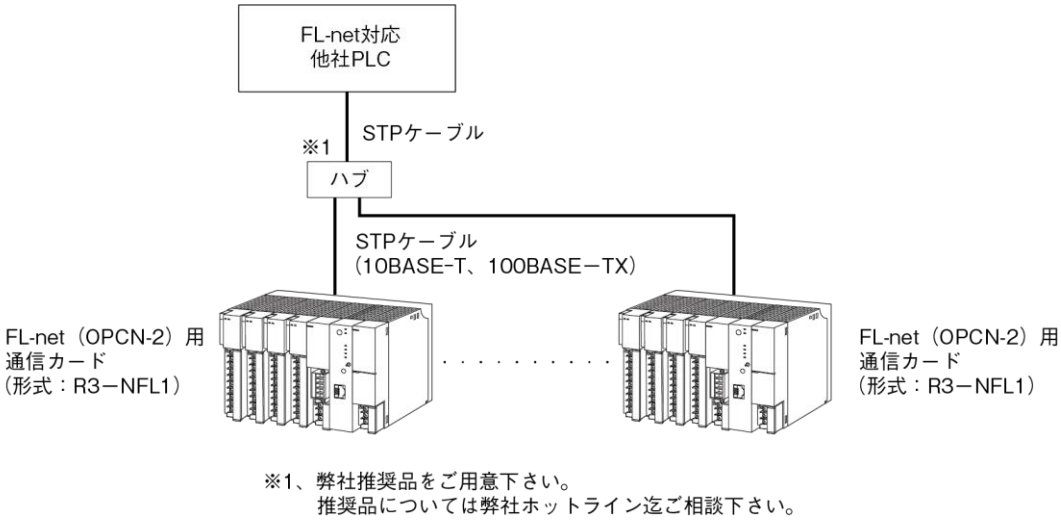


図 3-1　システム構成例

小規模近距離の場合はハブだけで構成できます。複数ハブをツイストペアケーブルで結んでで拡張でき、また光ケーブルで遠距離のハブを結ぶことも可能です。10BASE-5 や 10BASE-2 の FL-net には、それらとの接続機能を持つハブを用います。市販のネットワーク製品を利用します。

3.1.1. 機能・性能仕様

表 3-1 一般仕様

項目	仕様	備考
形式	R3-NFL1	
内部消費電流	130 mA	
使用周囲温度	－10～＋55℃	
使用周囲湿度･保存周囲湿度	30～90%RH（結露しないこと）	
使用周囲雰囲気	腐食性ガス、ひどい塵埃のないこと	
絶縁抵抗	Ethernet－内部通信バス・内部電源－RUN 接点出力間　500V DC 100 MΩ以上	
耐電圧	Ethernet－内部通信バス・内部電源－RUN 接点出力間　1500V AC 1 分間	
カード寸法	W 27.5 × H 139 × D 109 mm	
質量	約200 g	

表 3-2 機能・性能仕様

項目	仕様	備考
伝送速度	10 Mbps　および 100 Mbps	
電気的インタフェース	IEEE802.3 準拠(CSMA/CD 準拠)	
接続ケーブル	10BASE-T: STP カテゴリ5を推奨 100BASE-TX: STP カテゴリ 5e 以上 ハブまで最大 100 m	
プロトコル	FL-net(OPCN-2)　Version　2.0	1.0 と非互換
接続ノード数	254	
サイクリックデータ量	最大（8 k ビット＋ 8 k ワード）／システム 最大（4 k ビット＋ 256 ワード）／ノード	ワード : 16 ビット
トークン周期時間	50 ms ／ 32 ノード （2 k ビット＋ 2 k ワード／全ノード時）	

3.1.2. 機能ブロック図

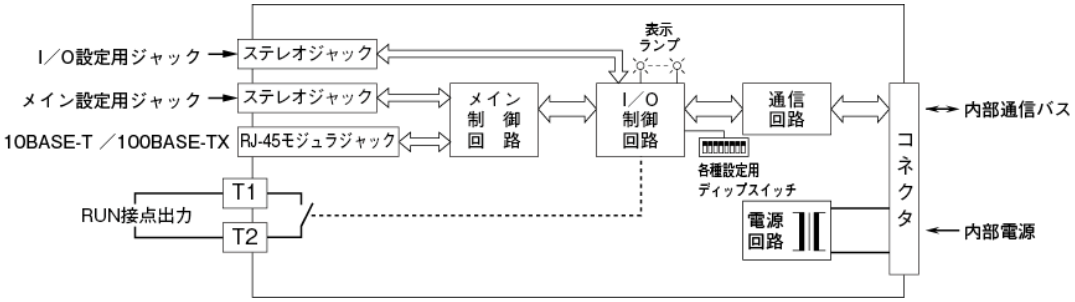


図 3-2　機能ブロック図

3.1.3. サポートツール

■ FL-net 設定ツール（形式 : R3-NFLBLD）
パソコンにて R3-NFL1 の FL-net パラメータやコモンメモリ領域割り当ての設定を行うビルダソフトウェアです。弊社ホームページよりダウンロード可能です。
設定した内容は、Ethernet 通信により本体にダウンロードします。
R3-NFL1 に設定している内容をアップロードして、保存することが可能です。
また保守のために R3-NFL1 の内部テーブル類の表示機能も持ちます。
詳細は、R3-NFLBLD 取扱説明書（NM-8426-C）を参照ください。

3.1.4. リンクデータ仕様

1) コモンメモリ領域

本器でのコモンメモリの大きさと内容は以下のとおりです。

FL-net への送信

	最大サイズ（実効）	内容
領域 1	256 ワード（4k ビット）	任意に割り当てた入出力カード（ビット単位、ワード単位）の最新値
領域 2	256 ワード	同上（ただしワード単位のみ）

FL-net からの受信

	最大サイズ	内容
領域 1	512 ワード（8k ビット）	任意に割り当てた出力カード（ビット単位、ワード単位）に出力される。
領域 2	8192 ワード	

コモンメモリと入出力カードとの対応はビルダで設定します。
本器の送信サイズは入出力カードの最大数から上の表のようになっています。

コモンメモリのデータの形式は入出力カードの種類によって異なり、それぞれの仕様書を参照ください。原則としてワード単位で以下のようになっています。入力カードを例にしていますが出力カードも方向が逆になるだけで同じです。

●温度入力（熱電対入力、測温抵抗体入力など）では、実量値（℃）を 10 倍したバイナリデータとなります。25.5℃では“255”となります。マイナスの温度は負の値となり、2 の補数で表します。また、温度単位が華氏（°F）の場合には整数部がそのままデータとなります。たとえば、135.4°F の場合は“135”がデータとなります。

●直流電圧･電流入力などは設定レンジを 0 ～ 100 % とし､16 進数の 0000 ～ 2710（0 ～ 10000）となります。

●アナログ出力は､出力カードで設定したレンジを 0 ～ 100 % とし､16 進数の 0000 ～ 2710（0 ～ 10000）となります。-15 ～ 0 % では負の値となり、2 の補数で表します。

●接点データ入力は最下位ビットから順にチャネル 1 から対応し、入力 ON で対応ビットが 1 となります。16 チャネルを超える場合は次のワード以降が対応します。接点では 1 点単位でコモンメモリのワードの各ビットに割り当てできます。

3.2. FL-net カードの各部名称および機能

3.2.1. 外観・各部名称および機能

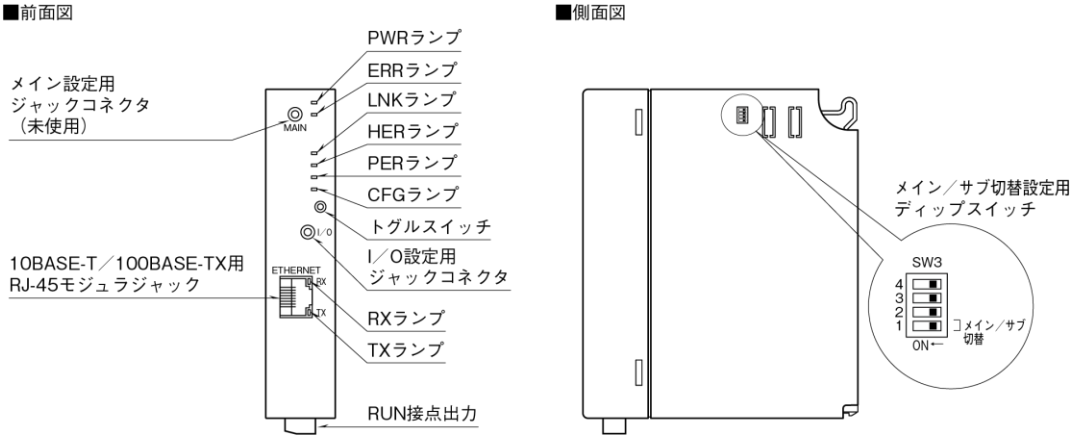


図 3-3 FL-net カードの外観図

メイン設定用ジャックコネクタ		本器では使用しません。
10BASE-T／100BASE-TX用 RJ-45モジュラジャック		Ethernetツイストペアケーブルを接続
動作表示 ランプ	PWR ランプ	CPU・内部通信バス正常時、緑色点灯
	ERR ランプ	システム異常時、赤色点灯
	LNK ランプ	通信正常(FL-net参加)時、赤色点灯
	HER ランプ	入出力データの異常時、赤色点灯 コモンメモリへのデータ送受信に設定している入出力カードが未実装および種類が異なる場合、もしくは入出力データが異常の場合。 コモンメモリへのデータ送受信の設定に誤りがある場合。
	PER ランプ	パラメータ設定異常時、赤色点滅
	CFG ランプ	起動時、赤色0.2秒周期高速点滅 ビルダ使用時、赤色2秒周期低速点滅 セーフブートモード時、赤色1秒周期低速点滅
	TX ランプ	データ送信時、緑色点灯
	RX ランプ	データ受信時、黄色点灯
トグルスイッチ		RUN：稼動 CFG：保守 ①CFG側のとき、内部通信スキャンが停止します。そのときに、離脱ノード出力クリア設定が「二重化切替え」となっていた場合は出力動作も停止します。また、ビルダ設定をEthernetからダウンロード可能になります。 ②CFG側で電源投入後、CFG ランプが３秒(３回)点滅している間に他の位置に倒すとセーフブートモードで立ち上がります。セーフブートモードは仮のノード番号254で起動しますのでノード番号が不明になったとき、有効となります。この機構は独立していてファームウエア致命障害時も動作します。

I/O設定用ジャックコネクタ	R3CONによる入出力カードの設定が可能
RUN接点出力	CPU・内部通信バス正常時、ON
メイン/サブ切替設定用ディップスイッチ	R3シリーズでは、通信カードを２枚まで実装でき、通信の２重化が可能です。２枚実装する場合には、必ず一方を“OFF：メイン”に、他方を“ON：サブ”に設定しなければなりません。また、1枚のみの実装の場合は“OFF：メイン”に設定しなければなりません。

4. FL-net 通信カードの実装

4.1. カードの実装位置

FL-net 用通信カードは他のカードと共にベースに実装します。基本的には、左側（スロット１）から入出力カード、通信カードそして電源カードの順に配置してください。

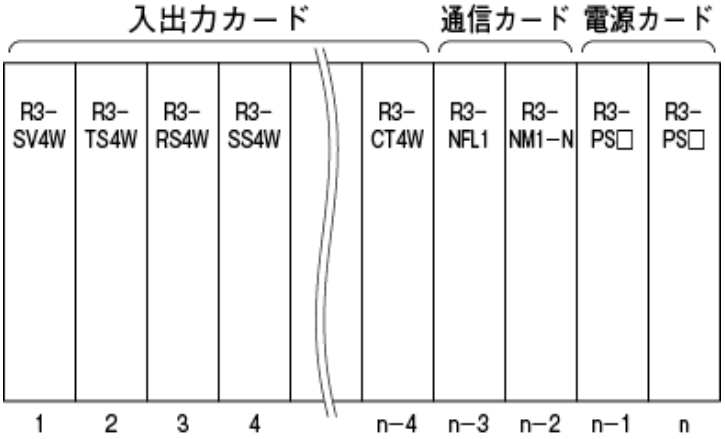


図 4-1　カードの実装位置の例

FL-net 設定ツールでは各入出力カードをカードアドレスで識別します。ベースにはスロット番号がアドレスとなるタイプと、ベース内のロータリスイッチでアドレスを設定できるタイプがあります。

4.2. カードの実装方法

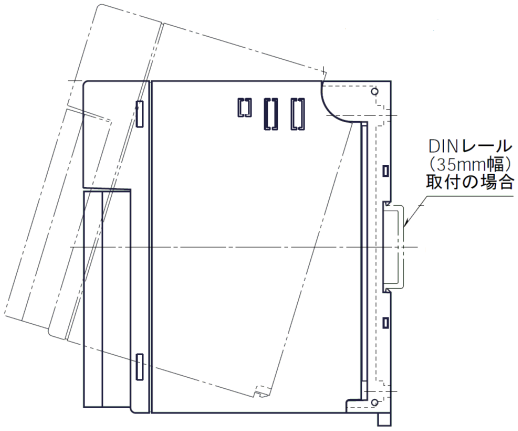


図 4-2　カードの実装方法

図のようにカード上部奥の位置決めガイド回転軸をベース上部に合わせてカチッと音がするまで下向きに回転させます。
取外す場合はカード背面下部にある取外しレバーを押しながら、実装時とは逆の上向き方向に回転させます。

4.3. カードのスイッチの設定方法

側面のメイン/サブ切替設定用ディップスイッチと前面のトグルスイッチを設定します。
3.2.1.外観・各部名称および機能を参照ください。

4.4. 入出力カードのご注意事項

FL-netに加入させる前にR3シリーズの入力カードのディップスイッチを設定する必要があります。各カードの仕様書を参照し、側面にあるディップスイッチを設定してください。
また、未使用入力の処理を行わないとハード異常となり HER ランプが点灯する場合があります。その場合、入力カードごとに用意されている未使用入力の処理を行うか、コンフィギュレータソフトウェア(形式 : R3CON)を用いることにより、未使用入力の処理を行わずに未使用入力の設定が可能です。
出力カードに出力するデータをコモンメモリから割り当てた場合は、必ず出力カードを実装してください。出力カードが未実装の場合は、内部通信バスが異常となり PWR ランプが消灯します。

5. 利用の手引き

5.1. FL-net について

5.1.1. FL-net の概要

1) FL-net のコンセプト

FL-net は、Ethernet をベースとした FA コントロール・ネットワークです。
FL-net は、サイクリック伝送機能およびメッセージ伝送機能をもっています。
FL-net の基本的な考え方は次のとおりです。

●Ethernet を FA コントローラ間の通信媒体(物理レベルおよびデータリンク)にしています。

●Ethernet 上で普及している UDP/IP を用い、基本的なデータ送達手段を実現しています。

●上記の基本的なデータ送達手段を用いつつ、ネットワーク内各ノードの通信媒体アクセスを管理/制御(衝突回避)して、一定時間内の伝送を保証します。

FL-net の対象は、生産システムにおけるプログラマブル・コントローラ(PLC)、ロボット・コントローラ(RC)、数値制御装置(CNC)などの制御装置および制御用パソコン間におけるデータ交換を行うための FA コントロール・ネットワークです。次図に FL-net の位置づけを示します。

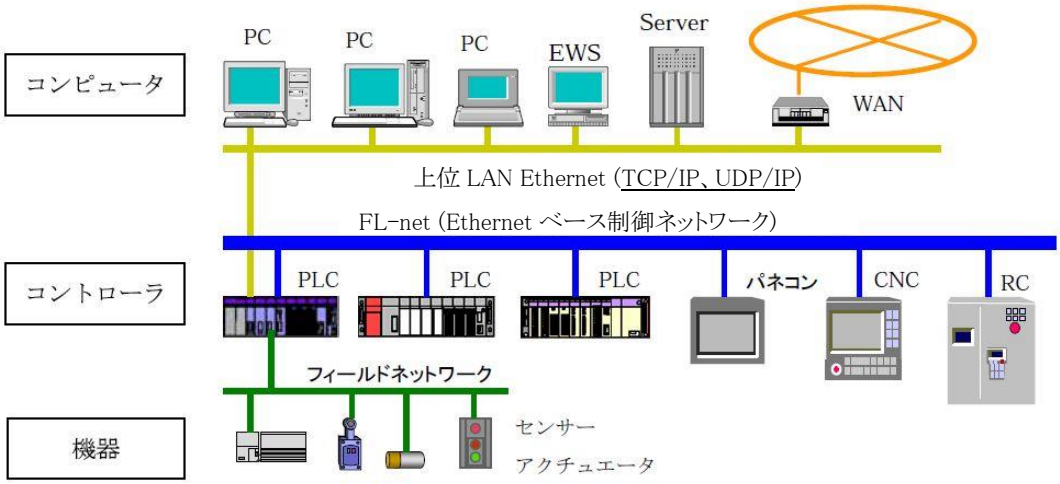


図 5-1 FL-net のコンセプト

2) FL-net のプロトコル

FL-net は、次のように 6 つのプロトコル層から構成されています。

<table>
<tr><td>アプリケーション層</td><td></td><td colspan="2">コントローラ・インタフェース</td></tr>
<tr><td rowspan="3">FAリンクプロトコル層</td><td></td><td rowspan="2">サイクリック伝送</td><td>サービス機能</td></tr>
<tr><td></td><td>メッセージ伝送</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">トークン機能</td></tr>
<tr><td>トランスポート層</td><td></td><td colspan="2">UDP</td></tr>
<tr><td>ネットワーク層</td><td></td><td colspan="2">IP</td></tr>
<tr><td>データリンク層</td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">Ethernet
(IEEE802.3準拠)</td></tr>
<tr><td>物理層</td><td></td></tr>
</table>

図 5-2 FL-net のプロトコルの基本構造

備考　トランスポート層およびネットワーク層では、UDP/IP を用い、データリンク層および物理層では、Ethernet を用います。

3) FL-net 伝送方式の特徴

FL-net の“FA リンクプロトコル層”の特徴は、次に示すとおりです。

①マスタレス･トークン方式による送出管理を行って衝突を回避しています。

②トークンを一定時間で周廻させることによって、リフレッシュサイクル時間が規定可能です。

③サイクリックデータ送信後に、定められたトークンを送信します。

④立ち上がり時一番若いノードからトークンを送信しています。

⑤一定時間トークンが送信されない場合、次ノードがトークンを送信します。

⑥マスタレス・トークン方式によって、一部のノードが故障してもネットワークが停止することはありません。

⑦運転モード(RUN/STOP)/ハード異常(ALARM)などの情報の管理テーブルを用意し他ノードの動作状態を参照できます。

4) FL-net の IP アドレス

FL-net の各ノードの IP アドレスは、クラス C を用いて、個別に重複しないように設定する必要があります。FL-net の IP アドレスのデフォルト値は 192.168.250.N（N:1～254）を用い、N はノード番号になります。

5.1.2. 接続台数とノード番号

最大接続台数は 254 台です。ノード番号は“1～254 ”を次のように用います。

①ノード番号“1～249”： 通常の FL-net 機器用

②ノード番号“250～254”： FL-net メンテナンス用

③ノード番号“255”： FL-net の内部で用います。使用者は、用いることができません(グローバル・アドレスのブロード・キャスト伝送に用いる)。

④ノード番号“0”： FL-net の内部で用います。使用者は、用いることができません。

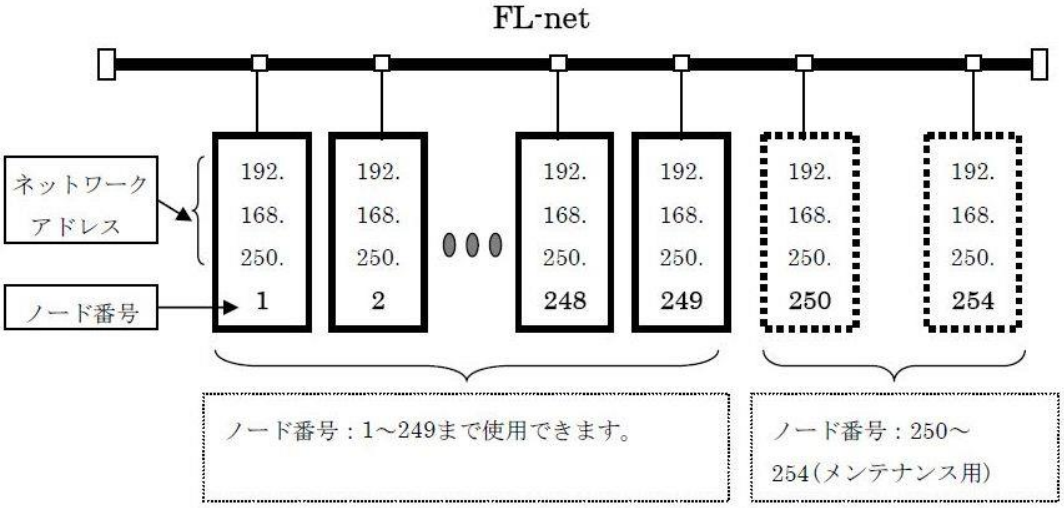


図 5-3　FL-net の接続台数とノード番号

5.1.3. データ通信の種類

FL-net のデータ通信は、“サイクリック伝送”および“メッセージ伝送”をサポートしています。

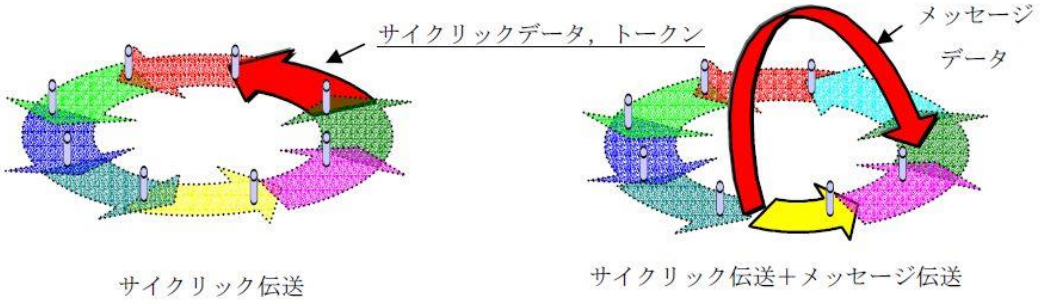


図 5-4 FL-net のデータ通信の種類

1)　サイクリック伝送

サイクリック伝送は、周期的なデータの伝送を行います。各ノードは、コモンメモリ(共通メモリ)を介して、データを共有できます。

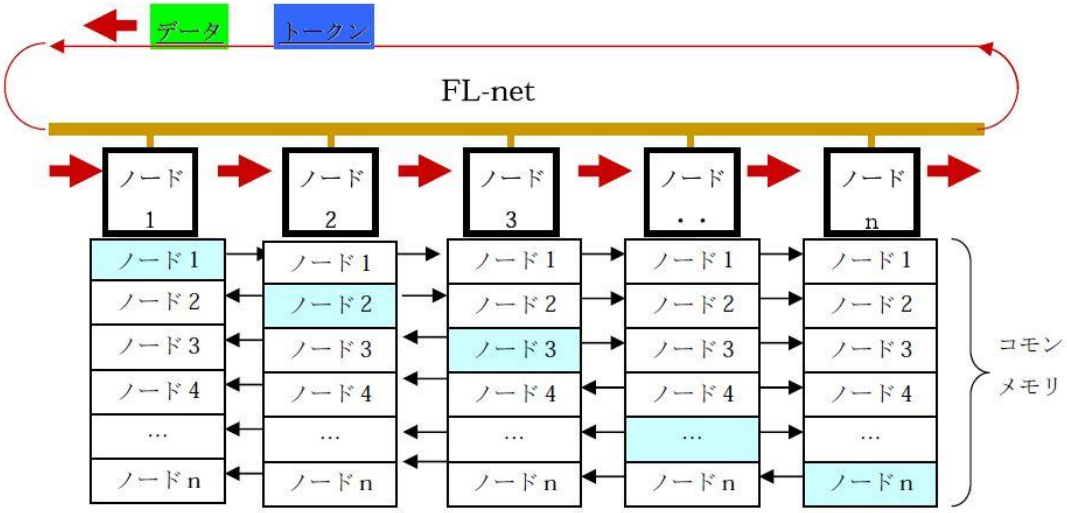


図 5-5 コモンメモリとサイクリック伝送の例

2)　メッセージ伝送

メッセージ伝送は、非周期的なデータの伝送を行います。通常は、送信要求があったときに、特定のノードに向けて通信を行います。

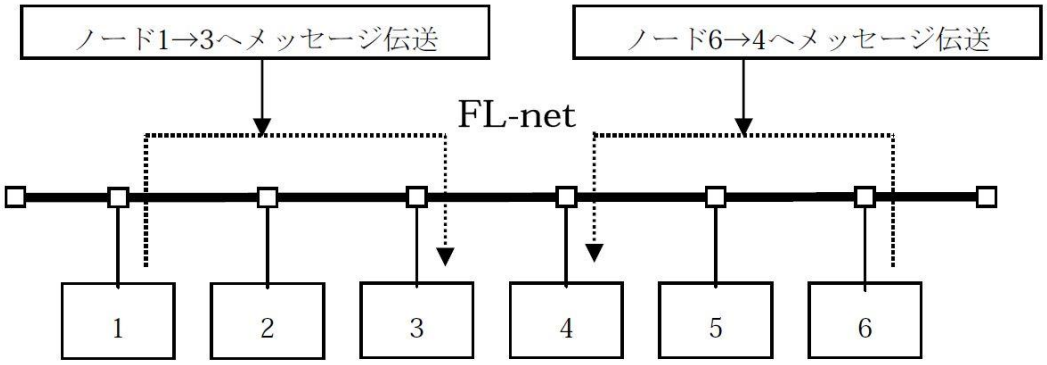


図 5-6 メッセージ伝送の例

5.1.4. 伝送データ量

1) サイクリック伝送

ネットワーク全体で８ｋビット(0.5ｋワード)＋８ｋワード＝8.5ｋワードの領域をもっています。１ノード当たりの最大利用可能な送信データ量は、8.5ｋワードです。ただし、１ワードは、２バイトです。

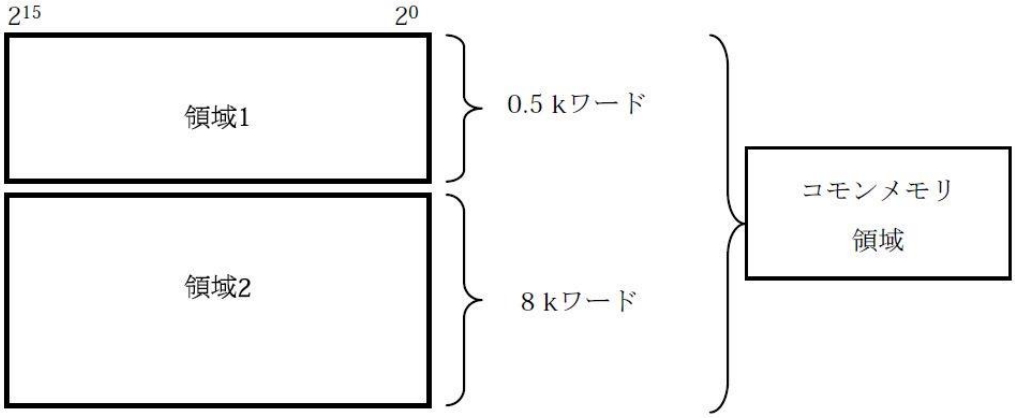


図 5-7 サイクリック伝送のデータ量

2) メッセージ伝送

メッセージ･フレームの最大データ量は、1024 バイトです(ヘッダ部分は含みません)。

5.1.5. リフレッシュサイクル

サイクリック通信は、ほぼ一定周期でコモンメモリをリフレッシュします。単発のメッセージ通信によって、コモンメモリのリフレッシュ時間がリフレッシュサイクル許容時間を超えないように、メッセージ通信の送信をコントロールしています。
各ノードは、自ノード宛てのトークン受信から次の自ノード宛てのトークン受信までにネットワークに流れるメッセージ通信のフレームを常時監視しています。この一周期の間にネットワークに一つもメッセージ通信のフレームが流れないとき、この１周期時間の 120 ％の値をリフレッシュサイクル許容時間とします。
上記の監視処理によって、リフレッシュサイクル許容時間は、ネットワークに加入するノード数によって動的に決定されます。

5.1.6. データ領域とメモリ

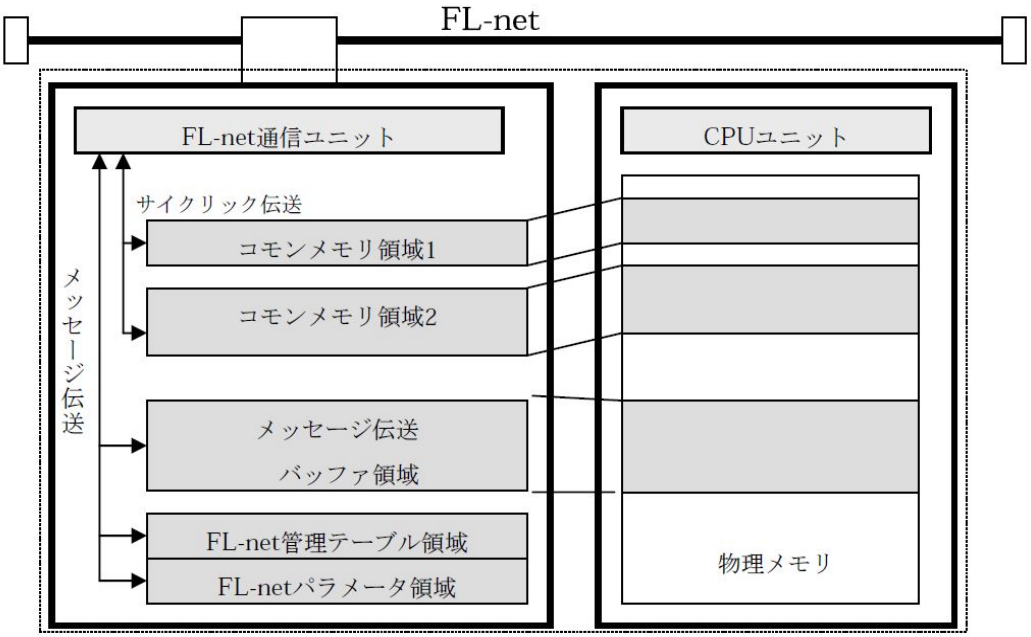


図 5-8 データ領域とメモリ

5.1.7. 通信管理テーブル

ノードの状態の管理情報として、自ノード管理テーブル、参加ノード管理テーブルおよびネットワーク管理テーブルがあります。本器ではユーザプログラミングが存在しないため通常は内容形式を意識する必要はありません。詳細は7.3.3.ノードの状態管理以降を参照ください。

5.1.8. サイクリック伝送と領域

1) サイクリック伝送概要

サイクリック伝送とは、ノード間に発生する周期的なデータ交換をサポートする機能です。
①コモンメモリの機能を実現します。
②ノードがトークンを保持するときに送信します。
③ネットワークに参加するノードでサイクリック伝送を行わないものも認めます。
④トークンを保持したときに、送信すべきサイクリックデータをすべて送信します。

トークン
トークンは、基本的にネットワークに一つだけが存在します。もしも、ネットワークに二つ以上のトークンが存在した場合、ノードは宛先ノード番号が小さい方を優先し、他方を破棄します。
トークンフレーム
トークンを含むフレーム(トークンフレーム)には、トークンの宛先ノード番号およびトークン送出ノード番号があります。各ノードは、受信したトークンフレームのトークンの宛先ノード番号と一致した場合にトークン保持ノードになります。

トークンの順序
トークンのローテーションの順番は、ノード番号によって決まります。各ノードは参加ノード管理テーブルに登録されているノードの中の昇順でトークンのローテーションを行います。最大ノード番号のノードは、最小ノード番号のノードにトークンを渡します。

2) コモンメモリ

コモンメモリの考え方は次のとおりです。

①サイクリック伝送を行うノード間でデータを共有するためネットワーク上に一つの仮想的なメモリ空間を設けます。

②それぞれのノードは送信するデータをこのメモリ空間の任意連続アドレスに重複がないように割り当てておきます。ただし送信データがなく受信だけのノードはこの割り当てはありません。1 ノードの送信領域の大きさは最大領域の範囲まで可能です。

③一定周期で各ノードは、自己データをブロードキャストします。他ノードは一斉にこれを受信しそれぞれ送信ノードのアドレスに対応したメモリに格納します。この内容は各ノード同じなので結果として各ノードはコモンメモリを持つていることになります。これによってシステム全体で同じデータを共有しデータの交換を行います。コモンメモリの動作において、あるノードに割り当てられた送信領域は、他ノードにとっては受信領域となる訳です。ノードのアプリケーションは、コモンメモリ上のアドレスを指定することで他ノードの送信データにアクセスします。

④一つのノードが送信する領域が複数のフレームによって送信される場合に受信側では一つのノードからくるすべてのフレームの受信完了まで、コモンメモリを更新しません。すなわちノード単位の同時性を保証します。

3) 領域 1 および領域 2

一つのノードは、領域 1 および領域 2 という二つのデータ領域をコモンメモリに割付けできます。送信領域の設定は、領域の先頭アドレスおよびサイズによって行います。領域のアクセスは、ワードアドレスとします。領域 1 は 0.5 k ワード(8 k ビット)、領域 2 は、8 k ワードから成り立っています。

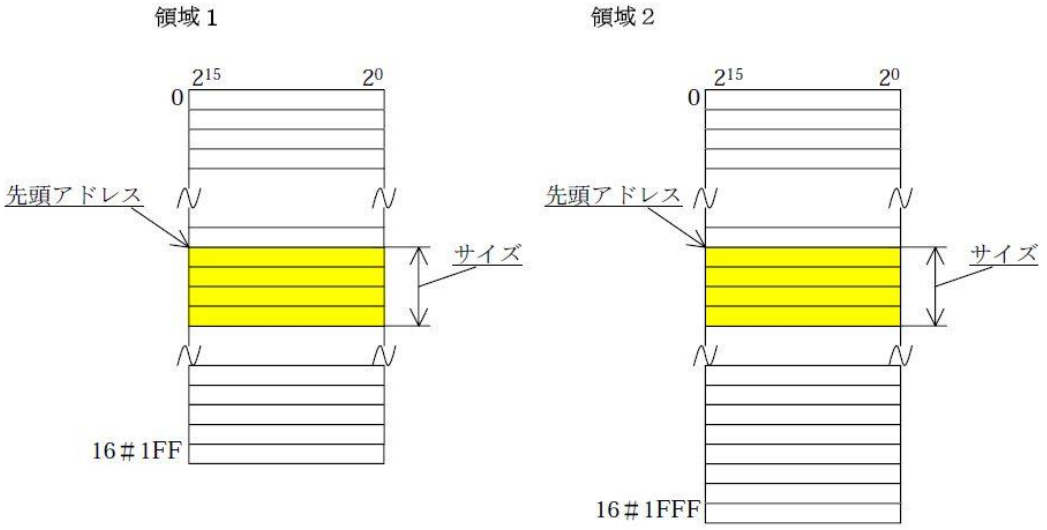


図 5-9 コモンメモリ領域 1 と領域 2

4) データの同時性保証

サイクリック伝送では、送信するデータ量によってフレームを複数に分割します。次の手順でノード単位のコモンメモリの同時性を保証します。

4.1) 送出タイミング

上位層からのデータ送信要求時、自ノードのサイクリックデータをバッファにコピーし、送信準備を行い順次送信します。送信ノードがもっているデータサイズが 1 フレームで送信できるサイズより大きいとき、バッファのデータを複数のフレームに分割して送信します。

4.2) 受信時のリフレッシュタイミング

受信ノードは、一つのノードからのサイクリックデータをすべて受信完了した時点で、上位層と同期をとりながら対応する領域を更新します。サイクリックデータが複数のフレームに分割して送信されてくるときも、領域の更新は、一つのノードから送信されるフレームをすべて受信終了した時点で行います。ノードから分割されて送られてくるフレームがすべて揃わなかったときは、そのノードからの全データは破棄します。

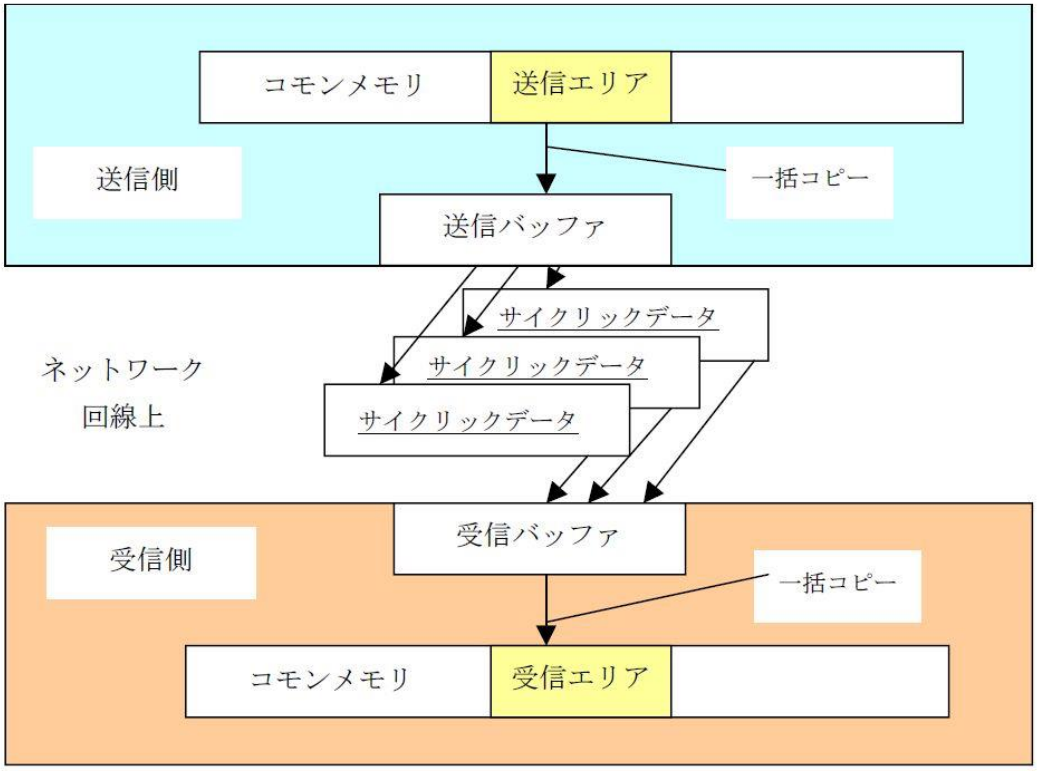


図 5-10 データの同時性保証

5.1.9. メッセージ伝送

1) メッセージ伝送概要

メッセージ伝送とは、ノード間に発生する非同期的なデータ交換をサポートする機能です。

メッセージ伝送の基本機能は、次のとおりとなります

①ノードがトークンを受けたとき、サイクリックフレーム送信の前に最大 1 フレームだけ送信できます。

②1 回の送信で送信できるデータ量は、最大 1 024 バイトです。

③サイクリック伝送のリフレッシュサイクル許容時間を超えないためのアルゴリズムをもちます。

④指定された相手ノードだけに送信する 1 対 1 伝送と、すべてのノードに送信する 1 対 n 伝送の機能をもちます。

⑤1 : 1 メッセージ伝送において、相手先がデータを正しく受信したか確認する送達確認の機能をもちます。

2) サポートメッセージ一覧

R3-NFL1 では FL-net の規定する以下の機能をサポートします。

R3-NFL1 はリモート I/O 用であるため、対応するメッセージ伝送はサーバ機能だけになります。

サーバ機能：受信した要求に対して応答フレームを作成し、送信する機能

クライアント機能：要求メッセージを送信し、応答フレームを受信する機能

表 5-1　サポートメッセージ伝送一覧　　（○：サポート）

No	機能項目	サーバ機能	クライアント機能
①	バイトブロックリード	－	－
②	バイトブロックライト	－	－
③	ワードブロックリード	○	－
④	ワードブロックライト	○	－
⑤	ネットワークパラメータリード	○	－
⑥	ネットワークパラメータライト	－	－
⑦	運転・停止指令	○	－
⑧	プロファイルリード	○	－
⑨	ログデータリード	○	－
⑩	ログデータクリア	○	－
⑪	メッセージ折返し	○	－
⑫	透過形メッセージ	－	－
⑬	ベンダ固有メッセージ	－	－

3) トランザクションコード

それぞれのメッセージには、そのヘッダに要求用のトランザクションコードまたは応答用のトランザクションコードがあり、メッセージフレームを識別します。

表 5-2　トランザクションコード一覧

トランザクションコード（10進数）	フレーム
65005	ワードブロックデータのリード（要求）
65006	ワードブロックデータのライト（要求）
65007	ネットワークパラメータのリード（要求）
65009	停止指令（要求）
65010	運転指令（要求）
65011	プロファイルのリード（要求）
65013	ログデータのリード（要求）
65014	ログデータのクリア（要求）
65015	メッセージ折返し（要求）
65205	ワードブロックデータのリード（応答）
65206	ワードブロックデータのライト（応答）
65207	ネットワークパラメータのリード（応答）
65209	停止指令（応答）
65210	運転指令（応答）
65211	プロファイルのリード（応答）
65213	ログデータのリード（応答）
65214	ログデータのクリア（応答）
65215	メッセージ折返し（応答）

4)　サポートメッセージ詳細

③ワードブロックリード

ネットワークから相手ノードがもつ仮想アドレス空間(32 ビットアドレス空間)に対して、ワード単位(1 アドレス 16 ビット単位)でデータを読み出すメッセージ機能です。要求時にノード番号、ワードブロックのオフセットアドレス（仮想アドレス)、ワードブロックのサイズを指定し、要求に従った応答データを返します。本器では、ネットワークの負荷を軽減するためにサイクリックデータとはせずに必要の都度入出力カードと通信する場合に用います。

３２ビット仮想アドレスの構成：

1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
A				B												C								D							

	ビット位置	内容
A	31 – 28	対象入出力カードの型 0:DI,　1:AI,　2:DO,　3:AO
B	27 - 16	DI,DO の場合にデータの大きさを仮想アドレスサイズ指定の全部ではなくビット数（1-64）で指定したい場合にここに設定します。 0 ならば、仮想アドレスサイズ指定のワード数全部となります。
C	15 -　8	スロット番号　(1-16 実在範囲は機器構成に依存）または 0 0 は DI のみに指定できカード状態ワード(注 1)に対応。
D	7 -　0	チャネル番号　(1-64 実在範囲は入出力カードの種類に依存)

注意

注１：カード状態ワードは実装カードや異常カード等をビットマップを示すワードでサイクリック伝送で指定時に送信されるものと同じです。これについては R3-NFLBLD 取扱説明書（NM-8426-C）を参照ください。カード状態ワードに関しては書き込みできません。

仮想アドレスのサイズ：

16 ビットワードの数で次の範囲を指定します。

DI/DO:　1-4　、　AI:　1-16　、　AO:　1-8

ただし DI/DO の場合は上の表のとおり最少 1 ビットまでさらに範囲を限定できます。複数のカードにまたがる指定はできません。

データ：

DI、DO のデータは 1 チャネルが 1 ビットで、指定チャネル番号のビットが最下位ビットとなるようにシフトしたバイナリ値です。16 ビットを超える部分は次のワードに続きます。チャネル番号は 16 の倍数である必要はなく任意に指定できます。

機器内での入力最新スキャンの値が返されます。ただし該当入出力カードが故障などでスキャンされていない状態にあるときはエラーが返されます。

例）●要求データ

ワークブロックのオフセットアドレス：0x0005010F

A：0=DI

B：005=5 ビット分のデータ要求

C：01=スロット 1

D：0F=15ch

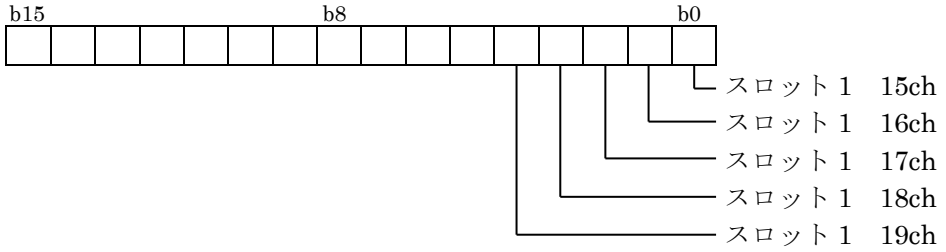
ワークブロックのサイズ：0x0004

4 バイト分のデータ要求

●応答データ

ワードブロックのサイズとしては 4 バイト分要求されていますが B で 5 ビット分のデータ要求がされているので送られるデータの並びは以下になります。

1 ワード単位で応答データが作られるため 1 ワード分のデータが送られますが入っているデータは 5 ビット分になります。



応答フレーム（M_RLT）：

要求に対して正常に処理が行われた場合はメッセージヘッダ部分の M_RLT（応答メッセージの結果）=0 にします。異常応答の場合は M_RLT=1 にして、データとして次の 16 ビットのコードを返します。

-1: 不正なパラメータ

-2: カード未実装　または故障で無応答

④ワードブロックライト

ネットワークから相手ノードがもつ仮想アドレス空間(32 ビットアドレス空間)に対して、ワード単位(1 アドレス 16 ビット単位)でデータを書き込むメッセージ機能です。

仮想アドレス空間の構成は③ワードブロックリードの場合と同じです。

通信カード内メモリ書き込みだけで ACK が返され、機器内での次回スキャン時に入出力カードに出力されます

⑤ネットワークパラメータリード

ネットワークから相手ノードのネットワークパラメータ情報を読み出す機能です。
規格に従った次のデータが返されます。

word offset	パラメータ
+0	ノード名（設備名）
+5	ベンダ名
+10	メーカ形式
+15	領域 1 の先頭アドレス
+16	領域 1 のサイズ
+17	領域 2 の先頭アドレス
+18	領域 2 のサイズ
+19	トークン監視タイムアウト時間
+20	最小許容フレーム間隔
+21	リンクの状態 上位層動作信号エラー コモンメモリデータ有効通知 コモンメモリ（アドレス・サイズ）設定完了 アドレス重複検知
+22	プロトコル・バージョン
+23	上位層の状態
+24	リフレッシュサイクル許容時間 RCT 設定値
+25	リフレッシュサイクル測定値（現在値）
+26	リフレッシュサイクル測定値（最大値）
+27	リフレッシュサイクル測定値（最小値）

⑦運転・停止指令

ネットワークから FL-net に接続されている機器の動作をリモート運転/停止させる機能です。

本器では状態は次のとおりです。

停止状態：入出力カードとの内部通信スキャン動作を停止します。
出力カードへの出力は行われずカード内で最終値が保持されたままとなります。入力カードについては、最後のスキャンでの値がサイクリック伝送されます。内部データの保守の場合などに使われます。

運転状態：入出力カードとの内部通信スキャン動作が行われます。

⑧プロファイルリード

ネットワークから相手ノードの情報であるデバイスプロファイルのシステムパラメータを読み出す機能です。

本器では、以下を返します。

項　目	名　称		データ		
	長さ	文字	タイプ	長さ	文字
デバイスプロファイル共通仕様バージョン	6	COMVER	Integer	1	1
システムパラメータ識別文字	2	ID	PrintableString	7	SYSPARA
システムパラメータ改変番号	3	REV	Integer	1	1
システムパラメータ変更日付	7	REVDATE	Integer	2	2005
			Integer	1	1
			Integer	1	1
デバイス種別	10	DVCATEGORY	PrintableString	3	SP-RIO
ベンダ名	6	VENDOR	PrintableString	8	M-SYSTEM
製品名	7	DVMODE	PrintableString	7	R3-NFL1

⑨ログデータリード

ネットワークから相手ノードのログ情報を読み出す機能です。

本器では、次の表の○印の項目がサポートされます。

項 目	内容	実装
送受信	通算ソケット部送信回数	○
	通算ソケット部送信エラー回数	○
	Ethernet 送信エラー回数	×
	通算受信回数	○
	通算受信エラー回数	○
	Ethernet 受信エラー回数	×
フレームの種類	トークン送信回数	○
	サイクリックフレーム送信回数	○
	1 対 1 メッセージ送信回数	○
	1 対 n メッセージ送信回数	○
	トークン受信回数	○
	サイクリックフレーム受信回数	○
	1 対 1 メッセージ受信回数	○
	1 対 n メッセージ受信回数	○
サイクリック伝送	サイクリック伝送受信エラー回数	○
	サイクリックアドレスサイズエラー回数	○
	サイクリック CBN エラー回数	○
	サイクリック TBN エラー回数	○
	サイクリック BSIZE エラー回数	○
メッセージ伝送	メッセージ伝送再送回数	○
	メッセージ伝送再送オーバ回数	○
	メッセージ伝送受信エラー回数	○
	メッセージ伝送通番バージョンエラー回数	○
	メッセージ通番再送認識回数	○
ACK 関連	ACK エラー回数	○
	ACK 通番バージョンエラー回数	○
	ACK 通番番号エラー回数	○
	ACK ノード番号エラー回数	○
	ACK TCD エラー回数	○
トークン関連	トークン多重化認識回数	○
	トークン破棄回数	○
	トークン再発行回数	○
	トークン保持タイムアウト回数	○
	トークン監視タイムアウト回数	○
状態 1	通算稼動時間	○
	フレーム待ち状態回数	○
	加入回数	○
	自己離脱回数	○
	スキップによる離脱回数	○
	他ノード離脱認識回数	○
状態 2	参加認識ノード一覧	×

⑩ログデータクリア

ネットワークから相手ノードのログ情報をクリアする機能です。

⑪メッセージ折返し

このサービスは、受信したメッセージデータを折返し送信します。機器のメッセージ通信のテストに使われます。

5.2. FL-net の設定方法

R3-NFLBLD 取扱説明書（NM-8426-C）を参照ください。

6. トラブルシューテング

6.1. 故障かな!?と思う前に

表 6-1　故障かな!?と思う前の確認項目

No.	内 容
1	カードは、正しく実装されていますか？
2	カードのスイッチは、正しく設定されていますか？
3	ネットワークの IP アドレスは、正しく設定されていますか？
4	コモンメモリ領域は、正しく設定されていますか？
5	カードの接続コネクタなどにゆるみがないですか？
6	通信ケーブルは、正しく接続されていますか？
7	10BASE5 ケーブルの終端抵抗は、接続されていますか？
8	10BASE5 ケーブルのアース接地は、接続されていますか？
9	10BASE-T ケーブルにクロスケーブルを用いていませんか？
10	10BASE-T ケーブルは、カテゴリ 5 仕様のケーブルですか？
11	Ethernet のハブまたはリピータの電源が入っていますか？
12	ハブ側のリンクランプは点灯していますか？

6.2. パソコンの“Ping 機能”による IP アドレスの確認方法

一般的な Windows パソコンなどを用いて、対象となる FL-net 機器の接続および IP アドレス設定の確認が可能です。次に、“Ping”機能を用いた操作概要を示します。（Windows 7 の場合）

(1)Windows 7 の[スタート]→[全てのプログラム]→[アクセサリ]→[コマンドプロンプト]を選択し[コマンドプロンプト]を表示します。
(2)“Ping” コマンドを入力し、通信ユニットとパソコン間の基本的な通信テストを実行します。Ping コマンドは Ping [IP アドレス] または Ping [ホスト名]と入力します。
＜例：IP アドレス＞ Ping 192.168.250.13
対象の FL-net 機器の設定が正しく行われている場合は次のメッセージが表示されます。 Pinging 192.168.250. 13 with 32 bytes of data

Reply from 192.168.250.13: bytes=32 time<10ms TTL=128
Reply from 192.168.250.13: bytes=32 time<10ms TTL=128
Reply from 192.168.250.13: bytes=32 time<10ms TTL=128
Reply from 192.168.250.13: bytes=32 time<10ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.250.13:
Reply from 192.168.250. 13: bytes=32 time<10ms TTL=128
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0 % loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
C:¥>
(３)NG(未接続)の場合次のような表示(タイムアウト)になります。
Pinging 192.168.250.13 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Ping statistics for 192.168.250.13:
Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100 % loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms.
C:¥>

7. 付録

7.1. システム構築ガイド

7.1.1. 汎用の Ethernet と FL-net の相違点

① FL-net は FA 分野用のネットワークであるため、汎用の Ethernet 機器がすべて用いることができるわけではありません。耐ノイズ性および耐環境性で用いるのに適さない機器があります。

② FL-net は制御用途のリアルタイム通信として応答性能が要求されているため、FL-net 対応のコントローラおよび制御機器だけを接続することができます。

③ FL-net は 10BASE5/-T ベースの UDP/IP 通信の一斉同報機能を用いたサイクリック通信方式のため、現在の規約では、次の制限事項があります。

[I] 現在の対応機器の多くは 10 Mbps の EthernetLAN だけです。
[II] ほかの汎用 Ethernet との接続はできません。
[III] TCP/IP 通信機能はサポートしていません。
[IV]スイッチングハブを用いても効果がありません。
[V] ルータを越えては機能できません。

7.2. ネットワークシステムの定義

7.2.1. 通信プロトコルの規格

通信プロトコルとは、あるシステムが別のシステムと通信回線などを介して情報のやり取りを行うためのルール(通信規約)のことを指します。FL-net で用いている通信プロトコルは次のような規格に準拠しています。

FL-net の通信プロトコル	準拠仕様
FL-net	FA リンクプロトコル仕様書 JEM 1479 FA コントロールネットワーク[FL-net(OPCN-2)－プロトコル仕様]
UDP	RFC768
IP,ICMP など	RFC791,792,919,922,950
ARP など	RFC826,894
Ethernet	IEEE802.3

7.2.2. 通信プロトコルの階層構造

通信プロトコルは階層構造でモデル化され、通信処理を幾つかのレベルに分割・整理して表現および規格化します。FL-net は、次のように 6 つのプロトコル層から構成されています。

<table>
<tr><td>アプリケーション層</td><td></td><td colspan="2">コントローラ・インタフェース</td></tr>
<tr><td rowspan="3">FAリンクプロトコル層</td><td></td><td rowspan="2">サイクリック伝送</td><td>サービス機能</td></tr>
<tr><td></td><td>メッセージ伝送</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">トークン機能</td></tr>
<tr><td>トランスポート層</td><td></td><td colspan="2">UDP</td></tr>
<tr><td>ネットワーク層</td><td></td><td colspan="2">IP</td></tr>
<tr><td>データリンク層</td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">Ethernet
(IEEE802.3準拠)</td></tr>
<tr><td>物理層</td><td></td></tr>
</table>

7.2.3. FL-net の物理層について

伝送速度が 10 Mbps の場合、Ethernet の物理層には 5 種類の伝送方式があります。10BASE5、10BASE2、10BASE-T、10BASE-F および 10BROAD36 (ただしほとんど普及していない)また、これ以外に 100 MbpsEthernet が存在します。
これらの中で、FL-net では 10BASE5 (推奨)10BASE2 および 10BASE-T を採用しています。

7.2.4. FL-net の IP アドレス

Ethernet にて接続された数多くの通信機器の中から指定された通信機器を識別するために、IP アドレス(INET アドレス)と呼ばれるアドレスを用いています。そのため Ethernet に接続された各通信機器は、それぞれ唯一固有の IP アドレスを設定しなければなりません。
IP アドレスは、その通信機器が接続されているネットワークアドレスを表す部分と、その通信機器のホストアドレス部分で構成されており、ネットワークの大きさによっ

て、クラス A、B および C の 3 種類のネットワーククラスに分類することができます。(このほかに特殊な目的のためにクラス D および E があります。)

表 7-1　IP アドレスのクラス

	先頭の 1 オクテット値	ネットワーク アドレス部	ホストアドレス部
クラス A	0 ～127	xxx.xxx.xxx.xxx	xxx.xxx.xxx.xxx
クラス B	128～191	xxx.xxx.xxx.xxx	xxx.xxx.xxx.xxx
クラス C	192～223	xxx.xxx.xxx.xxx	xxx.xxx.xxx.xxx

(備考 xxx.網かけで示された箇所がそれぞれのアドレス部に対応する部分)

一つのネットワークの中で、そのネットワークに接続されている通信機器の IP アドレスは、すべて同じネットワークアドレス部となり、ホストアドレス部は重複しない唯一固有の値となります。
FL-net の IP アドレスのデフォルト値は、192.168.250.N(N はノード番号：1～254)です。
IP アドレスはクラス C を用い、下位のホスト・アドレスと FL-net プロトコルのノード番号を一致させることを推奨しています。

7.2.5. FL-net のサブネットマスク

FL-net のサブネットマスクは 255.255.255.0 固定としています。FL-net の使用者は、このサブネットマスクを設定する必要はありません。
この値はクラス C の本来のネットワークアドレス部およびホストアドレス部の区分と同じとなります。

7.2.6. TCP/IP、UDP/IP 通信プロトコル

TCP、UDP および IP はいずれも、いわゆる Ethernet で用いる主要なプロトコルです。
IP は通信プロトコルのネットワーク層に位置して、通信データの流れを制御しています。
TCP と UDP はトランスポート層に位置して、いずれも IP をネットワーク層として利用していますが、サービス内容に大きな違いがあります。
TCP は、上位層に対してデータの区切りを意識させない信頼性があるサービスを提供します。一方、UDP/IP からのデータのかたまり(データダイアグラム)をそのまま上位層へ伝送するために機能し、データが送信先に到達したかどうかの保証は行いません。データの受信確認・再送などの処理は更に上位の層に任せています。
UDP 自体は TCP に比べて信頼性がないかわりに、オーバーヘッドの小さい通信サービスを提供することができます。
FL-net では、UDP を用いています。これは TCP の凝ったデータ確認再送の手続きが FL-net に対して冗長であることによります。この手続きを省き、かわりに上位の FL-net プロトコル層で、トークンによる送信権の管理、複数フレームの分割・合成などの処理を行うことで、高速なデータ交換を提供します。

7.2.7. FL-net のポート番号

FL-net ではトランスポート層の上位に位置する FL-net プロトコル層でサービスを実現するために次のポート番号があらかじめ定められています。ただし FL-net の使用者は、パラメータなどにこれらのポート番号を設定する必要はありません。

表 7-2　FL-net のポート番号

	名称	ポート番号
1	トークンフレーム、サイクリックフレーム用ポート番号	55000 (固定)
2	メッセージフレーム用ポート番号	55001 (固定)
3	トリガフレーム、参加要求フレーム用ポート番号	55002 (固定)
4	送信用ポート番号	55003 (固定)

7.2.8. FL-net のデータフォーマット

1) FL-net のデータフォーマット概要

FL-net で送受信されるデータは、通信プロトコルの各層で次のようにカプセル化されています。

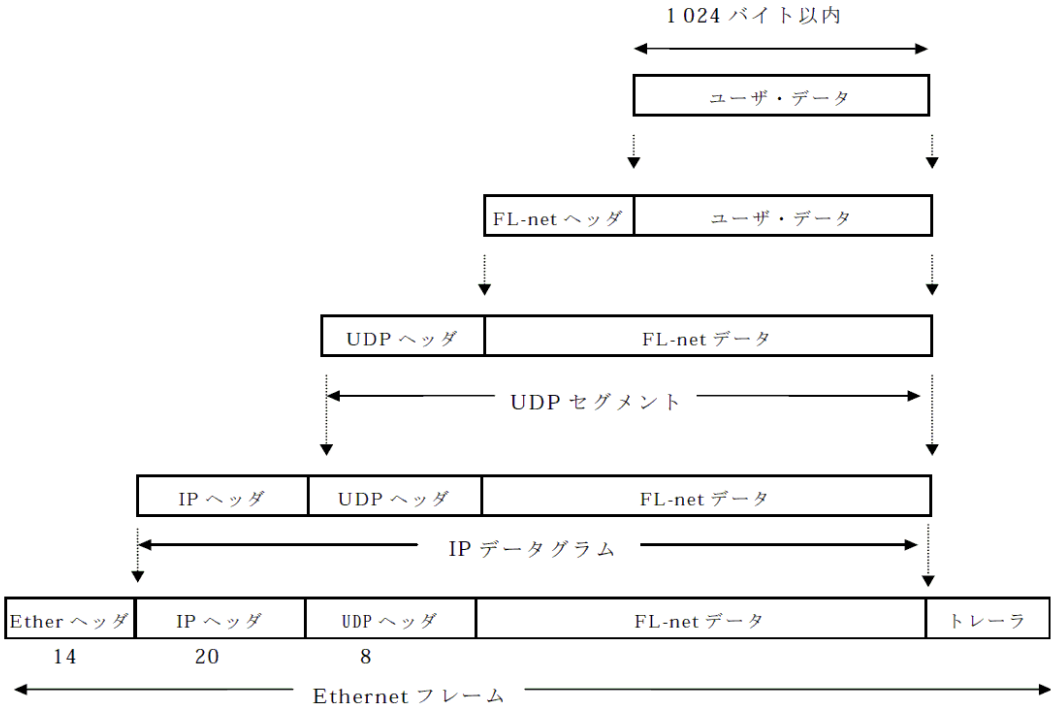


図 7-1　FL-net のデータフォーマット概要

次に通信回線上で観測できる FL-net データ(1 フレーム分)を示します。例では、128 バイトのサイクリックデータが転送されています。

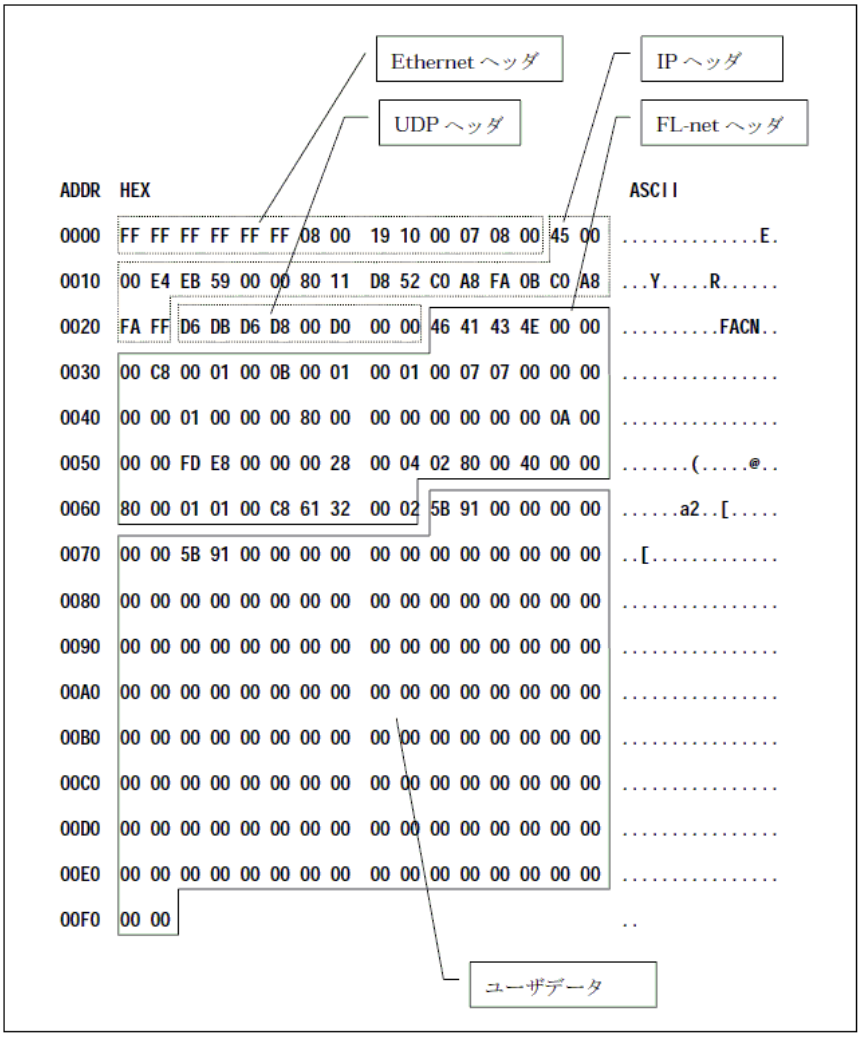


図 7-2　FL-net のデータ(1 フレーム)例

2) FL-net のヘッダフォーマット

FL-net ヘッダは、64 から 96 バイトの大きさをもっています。

FL-net ヘッダは FL-net プロトコルにおけるすべてのフレームの先頭につけられます。

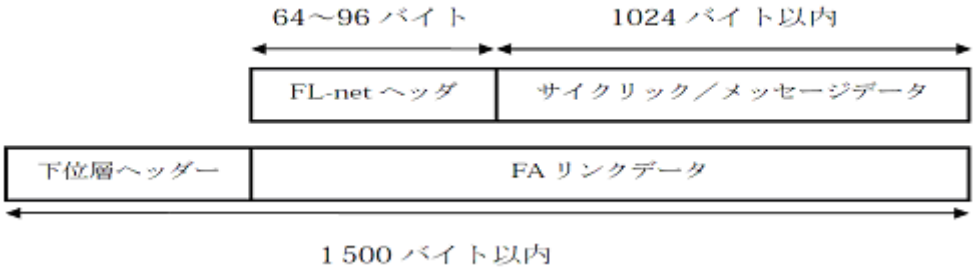


図 7-3　FL-net・ヘッダ

7.2.9. FL-net のトランザクションコード

FL-net ではメッセージ伝送で次のサービスを実現しています。

表7-3 メッセージ伝送サービス

	FL-net のメッセージ伝送サービス
1	バイトブロックリード
2	バイトブロックライト
3	ワードブロックリード
4	ワードブロックライト
5	ネットワークパラメータリード
6	ネットワークパラメータライト
7	停止指令
8	運転指令
9	プロファイルリード
10	ログデータリード
11	ログデータクリア
12	メッセージ折返し
13	ベンダ固有メッセージ
14	透過形メッセージ

それぞれのメッセージには、そのヘッダに要求用のトランザクション・コードまたは応答用のトランザクション・コードがあり、メッセージ・フレームを識別します。

表 7-4　トランザクション・コード一覧

	トランザクションコード	フレーム
1	0～9999	(予約)
2	10000～59999	透過形メッセージフレーム
3	60000～64999	(予約)
4	65000	トークンフレーム
5	65001	サイクリックフレーム
6	65002	参加要求フレーム
7	65003	バイトブロックリードフレーム(要求)
8	65004	バイトブロックライトフレーム(要求)
9	65005	ワードブロックリードフレーム(要求)
10	65006	ワードブロックライトフレーム(要求)
11	65007	ネットワークパラメータリードフレーム(要求)
12	65008	ネットワークパラメータライトフレーム(要求)
13	65009	停止指令フレーム(要求)
14	65010	運転指令フレーム(要求)
15	65011	プロファイルリードフレーム(要求)
16	65012	トリガフレーム
17	65013	ログデータリードフレーム(要求)
18	65014	ログデータクリアフレーム(要求)
19	65015	メッセージ折返しフレーム(要求)
20	65016	ベンダ固有メッセージフレーム(要求)

21	65017～65202	(予約)(将来の拡張用)
22	65203	バイトブロックリードフレーム(応答)
23	65204	バイトブロックライトフレーム(応答)
24	65205	ワードブロックリードフレーム(応答)
25	65206	ワードブロックライトフレーム(応答)
26	65207	ネットワークパラメータリードフレーム(応答)
27	65208	ネットワークパラメータライトフレーム(応答)
28	65209	停止指令フレーム(応答)
29	65210	運転指令フレーム(応答)
30	65211	プロファイルリードフレーム(応答)
31	65212	(予約)
32	65213	ログデータリードフレーム(応答)
33	65214	ログデータクリアフレーム(応答)
34	65215	メッセージ折返しフレーム(応答)
35	65216	ベンダ固有メッセージフレーム(応答)
36	65217～65399	(予約)(将来の拡張用)
37	65400～65535	(予約)

7.3. FL-net のネットワーク管理

7.3.1. FL-net のトークン管理

1) トークン

ノードが送信を行えるのは、基本的にそのノードがトークンを保持しているときです。

ノードが、トークンを保持していないときに送信するのは、トークン消滅時のトークン再発行の場合、またはネットワークに参加しようとしているときの参加要求フレーム送信の場合だけです。

①FL-net では、ネットワークに参加しているノード間で一つのトークンが周回します。

②ノードはこのトークンを受け取ってから次のノードにトークンを引き渡すまでネットワークに対する送信権を保持します。

③トークンは各ノードのタイマによって監視され、一定時間ネットワークに流れないと自動的に再発行されます。

④トークンがネットワーク上に二つ以上あるとき一つに統一する機能をもちます。

2) トークンの流れ

トークンは、基本的にネットワークに一つだけが存在します。ネットワークに二つ以上のトークンが存在した場合、ノードは宛先ノード番号が小さい方を優先し、他方を破棄します。

トークンを含むフレーム(トークンフレーム)には、トークンの宛先ノード番号およびトークン送出ノード番号をもちます。各ノードは、受信したトークンフレームのトークンの宛先ノード番号と一致した場合にトークン保持ノードとなります。

トークンのローテーションの順番は、ノード番号によって決定されます。各ノードは参加ノード管理テーブルに登録されているノードの中の昇順でトークンのローテーションを行います。最大ノード番号のノードは、最小ノード番号のノードにトークンを渡します。

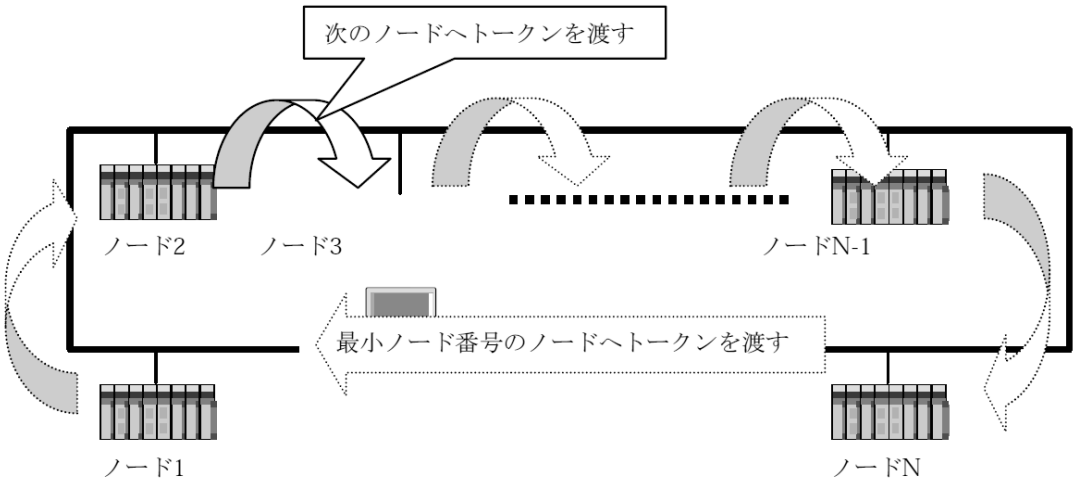


図 7-4　トークンの流れ

3) トークンおよびデータ

トークンを送信するときに伴うデータのパターンは、次の 6 つの種類があります。

a) サイクリックフレーム(サイクリックデータなし)→トークンフレーム
b) サイクリックフレーム→トークンフレーム
c) サイクリックフレーム→サイクリックフレーム→トークンフレーム
d) メッセージフレーム→サイクリックフレーム(サイクリックデータなし) →トークンフレーム
e) メッセージフレーム→サイクリックフレーム→トークンフレーム
f) メッセージフレーム→サイクリックフレーム→サイクリックフレーム→トークンフレーム

4) フレームの間隔(最小許容フレーム間隔)

フレームの間隔とは、他ノードからトークンを受けて自ノードがフレームを出すまでの時間をフレーム間隔と呼びます。このとき、各ノードが最低限フレームを出すまで待たなければならない時間を最小許容フレーム間隔と呼びます。FL-net では、この最小許容フレーム間隔をネットワークで共有します。各ノードは、ネットワークに参加しているノードが設定している最小許容フレーム間隔の最大値をノードの参加・離脱がある度に計算され更新されます。

7.3.2. FL-net の加入・離脱

1) FL-net への加入

各ノードは、立ち上がり時、それぞれ加入トークン検出時間がアップするまで回線を監視します。このとき、トークンを受信しなかった場合は、ネットワーク立ち上がり時と判定しネットワークへ新規参加します。また、トークンを受信した場合は、途中参加状態と判定しネットワークへ途中参加します。

1.1) 新規参加加入

トークン検出時間を経過しても、トークンを受信しない場合は、トリガの送信準備を行い(ノード番号/8)の余り×4 ms 後に送信します。トリガの送信前にトリガを受信した場合はトリガを送信しません。トリガを受信した時点から参加要求フレーム受付時間(1200 ms)の間、ノード番号、アドレスなどの重複チェックおよび参加ノード管理テーブルの更新を行いながら、全ノードが参加要求フレームを送信するのを待ちます。トリガを受信した時点から参加要求フレーム送信待ち時間(ノード番号×4 ms)経過後に、参加要求フレームを送信します。このとき、他ノードの参加要求フレームによってアドレスの重複を認識したノードは、領域 1 および 2 のコモンメモリ先頭アドレス並びにコモンメモリサイズを 0 にし、サイクリックデータは送信しません。アドレスの重複を認識したノードは、アドレス重複検知フラグをセットし、コモンメモリデータ有効通知フラグをリセットします。参加要求フレーム受付時間が終了した時点でノード番号が 1 番小さいノードが参加ノード管理テ―ブルに従い、最初にトークンを送信します。ノード番号の重複を認識したノードは、すべての送受信を行いません。

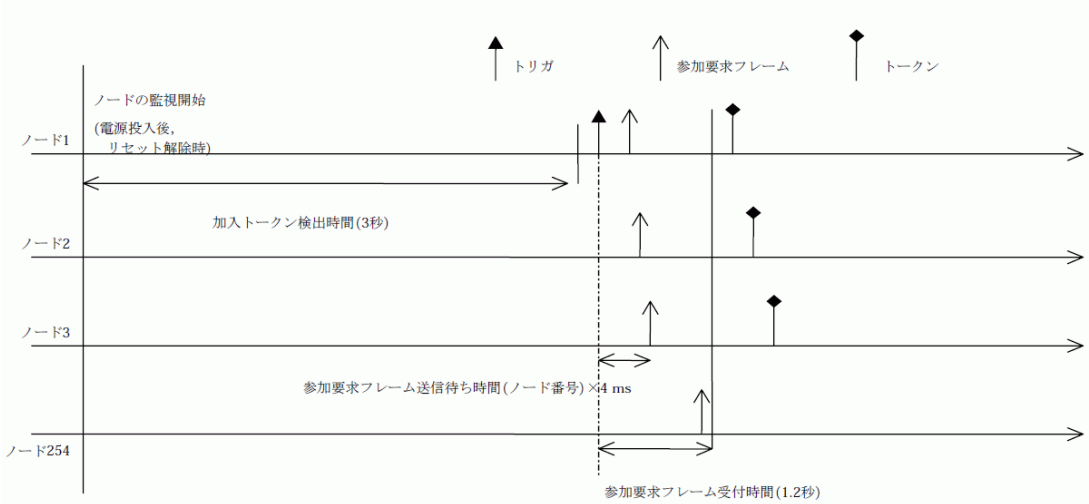


図 7-5　立ち上げ時のタイム・チャート 1

1.2) 途中参加加入

トークン検出時間内にトークンを受信すると既にリンクが確立していると認識し、トークンが 3 周するまで参加要求フレームの送信を待ちます。その間受信したフレームによって、ノード番号およびアドレスなどの重複チェックを行い、参加ノード管理テーブルの更新を行います。このとき、アドレスの重複を検出した場合領域 1 および 2 のコモンメモリ先頭アドレス並びにコモンメモリサイズを 0 にし、サイクリックデータは送信しません。アドレスの重複を認識したノードは、アドレス重複検知フラグをセットし、コモンメモリ・データ有効通知フラグをリセットします。ノード番号に異常がなかった場合、ノードは参加要求フレーム送信待ち時間経過後、参加要求フレームを送信します。参加要求フレームは、トークンの保持とは無関係に送信されます。ノード番号の重複を認識したノードは、参加要求フレームの送信を行わずにネットワークに参加しません。

[備考]

加入トークン検出時間：ネットワークが稼動状態かチェックを行うための時間です。

周回： 周回の基準は、1 番小さいノード番号宛てトークンを受信したときを基準とします。

参加要求フレーム送信待ち時間：参加要求フレームの送出は、新規に参加する他ノードと重ならないように(自ノード番号×4 ms)経過後に送信します。

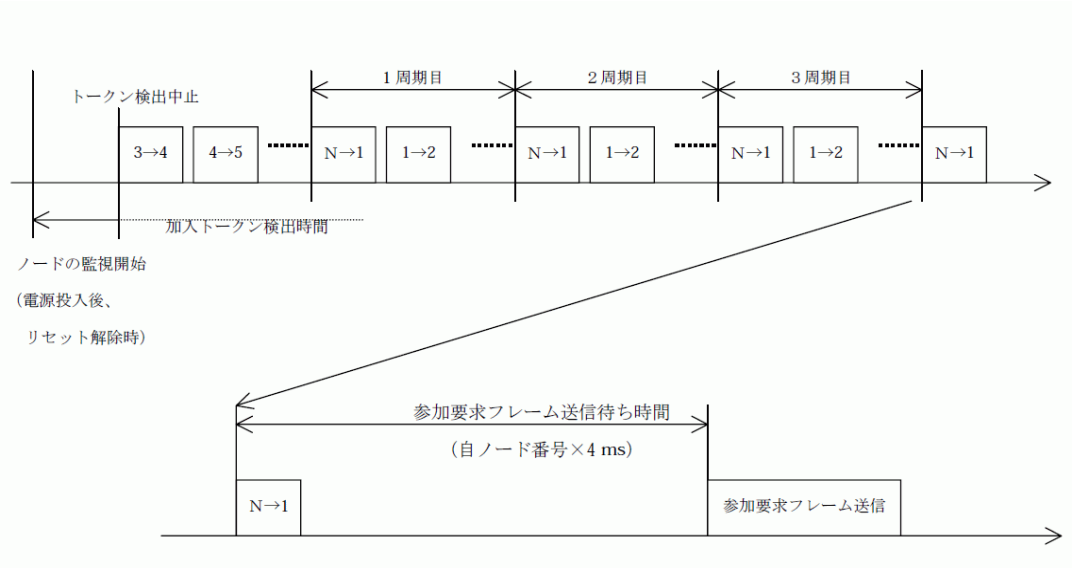


図 7-6　立ち上げ時のタイム・チャート 2

2)　FL-net からの離脱

各ノードは、トークンフレーム受信ごとにノード番号をチェックし、3 回連続してあるノードからのトークンフレームを受信しなければ、離脱したものとします。(トークン保持ノードがトークン監視時間経過後もトークンを送出しない場合も含む。)

上記のようにノードがネットワークから離脱した判断したとき、管理テーブルからそのノードの情報を削除します。

7.3.3. ノードの状態管理

ノードの状態は、自ノード管理テーブル、参加ノード管理テーブルおよびネットワーク管理テーブルによって管理されます。

ノードの状態管理のテーブル概要

名称	内容
自ノード管理テーブル	自ノードの設定について管理します。
参加ノード管理テーブル	ネットワークに加入しているノードに関する情報を管理します。
ネットワーク管理テーブル	ネットワークに共通する情報を管理します。

7.3.4. FL-net の自ノード管理テーブル

自ノードの設定に関するデータを管理します。

① 参加要求フレームまたはネットワークパラメータリードに用います。

② 管理データは、ノードの立ち上げ時に FL-net 上位層から設定されます。

③ノード名およびコモンメモリにおける送信領域の先頭アドレス並びにサイズをネットワークから設定可能です。

自ノード管理テーブル

項目	バイト長	内容
ノード番号	(1 バイト)	1～254
コモンメモリにおける領域 1 データ先頭アドレス	(2 バイト)	ワードアドレス(0～16＃1FF)
コモンメモリにおける領域 1 データサイズ	(2 バイト)	サイズ(0～16＃1FF)
コモンメモリにおける領域 2 データ先頭アドレス	(2 バイト)	ワードアドレス(0～16＃1 FFF)
コモンメモリにおける領域 2 データサイズ	(2 バイト)	サイズ(0～16＃1 FFF)
上位層の状態	(2 バイト)	RUN/STOP/ALARM/WARNING/NORMAL
トークン監視時間	(1 バイト)	1 ms 単位(1～255)
最小許容フレーム間隔	(1 バイト)	100 μs 単位(0～50)
ベンダ名	(10 バイト)	ベンダの名称
製造業者形式	(10 バイト)	製造業者の形式、デバイスの名称
ノード名(設備名)	(10 バイト)	使用者設定によるノードの名称
プロトコルタイプ	(1 バイト)	16＃80 固定
FA リンクの状態	(1 バイト)	参加/離脱など
自ノードの状態	(1 バイト)	ノード番号重複検知など

7.3.5. FL-net の参加ノード管理テーブル

ネットワークに参加しているノード状態は、各ノードが保持している管理テーブルによって監視されます。ネットワークに加入するノードに関してノード単位で管理するデータを扱います。

① 立ち上がり時トークンフレームを受信し参加ノード管理テーブルおよびネットワーク管理テーブルを更新します。

② トークンフレームの受信ごとに各ノードは参加ノード管理テーブルを更新します。

③ 新規参加の参加要求フレームを受信すると参加ノード管理テーブルを更新します。

④ 各ノードのトークンフレームの非受信またはタイムアウトを連続 3 回検出することによって該当ノードをテーブルから削除します。

参加ノード管理テーブル

項 目	バイト長	内 容
ノード番号	(1 バイト)	1～254
上位層の状態	(2 バイト)	RUN/STOP /ALARM/WARNING/NORMAL
コモンメモリにおける領域 1 データ先頭アドレス	(2 バイト)	ワードアドレス(0～16＃1FF)
コモンメモリにおける領域 1 データサイズ	(2 バイト)	サイズ(0～16＃1FF)
コモンメモリにおける領域 2 データ先頭アドレス	(2 バイト)	ワードアドレス(0～16＃1 FFF)
コモンメモリにおける領域 2 データサイズ	(2 バイト)	サイズ(0～16＃1 FFF)
リフレッシュサイクル許容時間	(2 バイト)	1 ms 単位(0～65535)
トークン監視時間	(1 バイト)	1 ms 単位(1～255)
最小許容フレーム間隔	(1 バイト)	100 μs 単位(0～50)
FA リンクの状態	(1 バイト)	参加/離脱情報など

備考 受信するトークンフレームに含まれています。

7.3.6. FL-net の状態管理

ネットワークの状態に関するパラメータを管理します。

ネットワーク管理テーブル

項 目	バイト長	内 容
トークン保持ノード番号	(1 バイト)	現在トークンを保持しているノード(1～254)
最小許容フレーム間隔	(1 バイト)	100 μs 単位(0～50)
リフレッシュサイクル許容時間	(2 バイト)	1 ms 単位(0～65535)
リフレッシュサイクル測定時間(現在値)	(2 バイト)	1 ms 単位(0～65535)
リフレッシュサイクル測定時間(最大値)	(2 バイト)	1 ms 単位(0～65535)
リフレッシュサイクル測定時間(最小値)	(2 バイト)	1 ms 単位(0～65535)

7.3.7. FL-net のメッセージ通番管理

メッセージ伝送における通番および通番バージョン番号を管理します。

メッセージ通番管理の送信用管理データ

項 目	バイト長	内 容
通番バージョン番号	(4 バイト)	送信メッセージ伝送の通番バージョン
通番(1 対 n 送信)	(4 バイト)	1～16＃FFFFFFFF
通番(1 対 1 送信)	(4 バイト)×256	1～16＃FFFFFFFF

メッセージ通番管理の受信用管理データ

項 目	バイト長	内 容
通番バージョン番号	(4 バイト)	1～16＃FFFFFFFF
通番(1 対 1 受信)	(4 バイト)	1～16＃FFFFFFFF
通番(1 対 n 受信)	(4 バイト)	1～16＃FFFFFFFF