

ホワイトペーパー

迅速かつ簡単な産業用イーサネット開発

伊崎 良平、IoT・インフラ事業本部、ルネサスエレクトロニクス株式会社

2021年、1月

概要

産業用イーサネット R-IN32M3 モジュールは、マルチプロトコルに対応し、高速リアルタイム応答や高精度通信制御を実現した R-IN32M3-EC を搭載した組込み型モジュールです。小型のハードウェアに産業用イーサネット対応に必要な PHY、RJ45 コネクタなどのハードウェアおよび主要プロトコルである PROFINET、EtherNet/IP™および EtherCAT® のプロトコルスタックを内蔵しているため、開発コストを最小限とし僅かな工数で産業ネットワーク対応を実現できます。

本資料では、産業ネットワークの動向、開発における課題とそれを解決する R-IN32M3 モジュールソリューションについて説明いたします。

産業用イーサネット

工場内のネットワーク

工場内の製造ラインや設備で利用されるネットワークは、上位から「情報ネットワーク」、「コントローラ・ネットワーク」、「フィールド・ネットワーク」の3つの階層に分けられます。上位は、IT (Information Technology) でつながる情報系ネットワーク、中間下位層は、OT (Operational Technology) でつながる運用技術のコントローラ・ネットワーク、フィールド・ネットワークで構成されています。工場内のネットワークではこれら IT と OT の通信技術の融合が、産業用モノのインターネット (IIoT) の進化とともに進んでいます。

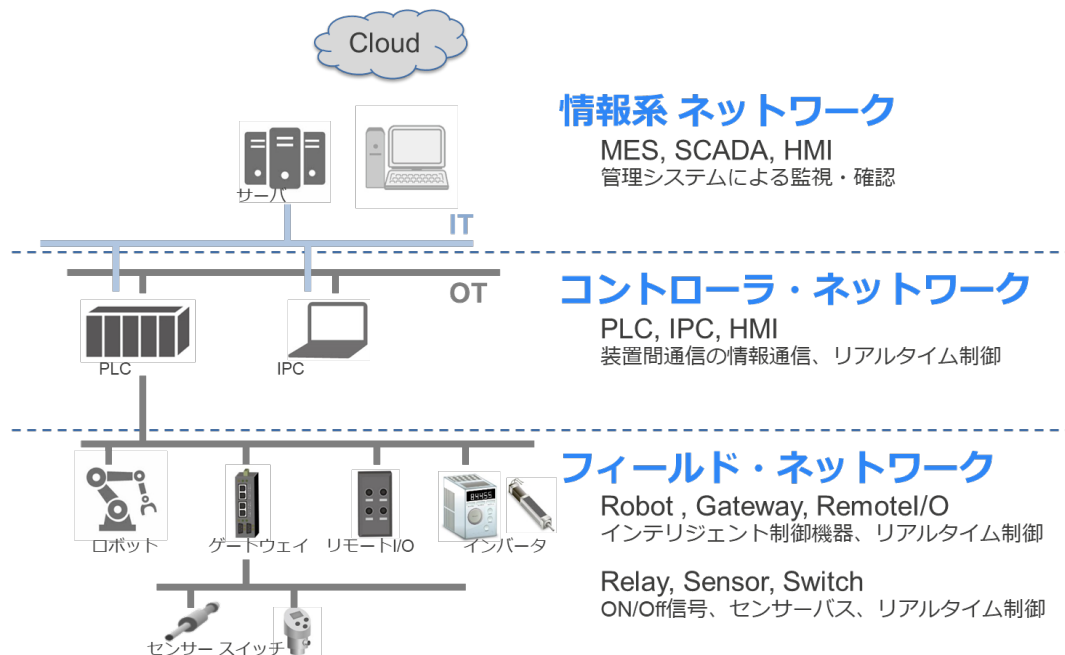


図 1. 工場内ネットワーク構成

「情報ネットワーク」は、MES (Manufacturing Execution System) や SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) など管理システムによる工場全体の監視制御とデータ取得をし、生産性の向上と、製造品質の向上、製造の省力化といった製造システム全体を最適化する狙いがあります。この階層のネットワークは制御を目的としないため、標準イーサネットの TCP/IP で通信されています。

「コントローラ・ネットワーク」は、PCL (Programmable Logic Controller)、IPC (Industrial PC) などのマスター機器として制御装置間/生産ラインを接続および、フィールド・ネットワークのスレーブ機器との制御データをリアルタイムに相互通信します。

「フィールド・ネットワーク」は、上位層の制御装置をマスターとしたインバータ、ゲートウェイ、リモート I/O といった各種制御、計測機器などがスレーブ機器として接続されるネットワークです。従来、フィールド・ネットワークの機器は CANopen、CC-Link、DeviceNet™、Modbus、PROFIBUS などを含む数多くのシリアル・フィールドバスで構成されていましたが、2000 年以降には急速なデジタル化にともない機器間で扱うデータの高速化、大容量化、リアルタイム性の要求により、産業用イーサネットへの置き換えが進んできました。2018 年には産業用イーサネット機器ノード数がシリアル・フィールドバスを逆転したといわれています。

産業用イーサネット・プロトコル

産業用イーサネット・プロトコル規格は、複数存在し各推奨団体により管理・運用されています。以下に代表的なプロトコル規格を説明します。

EtherCAT®

EtherCAT® は、2003 年にドイツの Beckhoff Automation 社によって開発されたオープンなフィールド・ネットワークで、[EtherCAT Technology Group \(ETG\)](#) により管理・運営されています。マスターとイーサネットケーブルで接続された各スレーブに順番にパケットデータが伝達され、折り返してマスターに戻ってきます。この 1 サイクル中に、各スレーブはパケットデータの該当箇所に対して直接データの読み書きを行うオンザフライという方式を採用しています。これにより高速、高効率な通信が実現できるプロトコルであり、これら通信処理は ESC (EtherCAT Slave

Controller)で制御されるためマイコン性能に依存することなく高速、高効率な通信を実現します。R-IN32M3 モジュールは、ESC を内蔵した R-IN32M3-EC とプロトコルスタックにより、簡単に EtherCAT[®]スレーブを実現することができます。

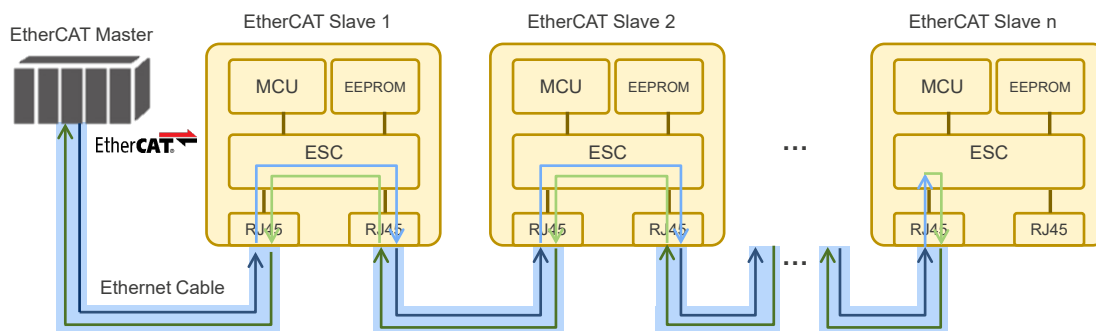


図 2. EtherCAT[®]通信

PROFINET

PROFINET は、1999 年に [PROFIBUS & PROFINET International \(PI\)](#) が発表した TCP/IP イーサネットをベースにしたオープンなフィールド・ネットワークです。PROFINET には通信サイクル性能別に 3 つの異なるクラスがあります。PROFINET Class A [NT (Non Real-Time)]は、TCP/IP ベースでそのサイクル時間は約 100ms であり、リアルタイム性を必要としないパラメータの読み書きに使用されます。PROFINET Class B [RT (Real-Time)]は、ソフトウェア・プロトコルスタックを導入し、サイクル時間は約 10ms であり、ファクトリ・オートメーションやプロセス・オートメーションで使用されます。PROFINET Class C [Isochronous Real-Time]は、専用コントローラを必要とし、サイクル時間を 1ms 未満に規定されています。

EtherNet/IP™

EtherNet/IP™は、Rockwell Automation 社によって開発されたオープンなフィールド・ネットワークで、[Open DeviceNet Vendor Association, Inc. \(ODVA\)](#) によって管理・運用されています。TCP/IP イーサネット上に CIP (Common Industrial Protocol) を制御プロトコルとして実装、マネージドスイッチの利用により制御データおよび情報データを統合した優先制御が可能です。CIP は、DeviceNet™でも使用されていることから、EtherNet/IP™への移植が比較的容易に実現させることが可能です。またこれら DeviceNet™採用センサレベルの製品とも相互運用が可能です。

Modbus TCP

Modbus TCP は、Modicon 社によって開発されたフィールド・ネットワークです。マスタ・スレーブ方式の通信で、通信はマスターからのコマンド発行をきっかけに開始されます。マスターは、特定のスレーブもしくは全てのスレーブに対しブロードキャストでコマンドを発行することが可能です。

CC-Link IE

CC-Link IE は、2007 年に CC-Link 協会によって開発されたオープンなフィールド・ネットワークです。コントローラ向けに開発された CC-Link IE Control と、フィールド・ネットワーク向けに開発された CC-Link IE Field、CC-Link IE Basic などがあります。CC-Link IE はギガビットイーサネットをベースにネットワークを構成しているため高速通信が可能です。

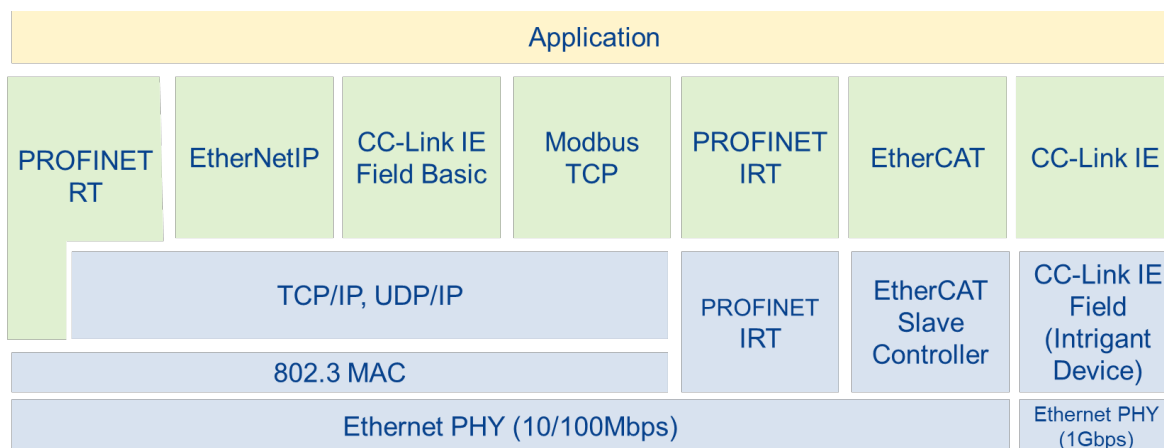


図 3. 産業用ネットワークの分類

開発における課題

フィールド・ネットワークの通信方法が従来のシリアル通信からイーサネット通信に変わる事により、もちろんハードウェア設計が必要となってきますしソフトウェア構造も複雑になります。特に産業用イーサネットは、広く一般的に使われている web やメールのような標準イーサネット通信とは異なり、前述のような特殊な通信方式となっていますので自ら開発するには敷居が高く、導入には以下のような課題に直面します。

(1) イーサネットそのものへの対応

イーサネット自体は既に一般的な技術となっておりますが、PHY などの部品選定や入手性の確認、IEE802.3 コンプライアンステストを考慮したハードウェア設計が必要です。

(2) 通信プロトコルへの対応

鍵となるのがプロトコルスタックの実装です。未経験の場合、まず何から始めてよいかわからないというご質問を受けることが多いです。自社開発するには相当な工数が発生しますし、プロトコルベンダから購入する場合には当然ながらある程度のコストが発生し、複数のプロトコルに対応する場合には、その分の負担があります。このため、特に小規模なプロジェクトなどでは、開発コストが折り合わないケースも見られます。また、プロトコル規格は概ね 1 年に 1 回程度の頻度で仕様の改訂が行われるため、その対応も必要となります。

(3) 評価や認証試験への対応

産業イーサネットに対応した製品として対応プロトコルのロゴをつけて販売するためには、各プロトコル協会の認証試験をパスする必要があります。そのためには一定のノウハウも必要で、事前テストを実施することが必須とされています。

R-IN32M3 モジュールという解

産業用イーサネット対応における課題に対して、ルネサスは産業用イーサネット向けマルチプロトコル LSI R-IN32M3-EC を搭載した R-IN32M3 モジュールを準備しました。概略と主な特徴は以下です。

特徴

1. オールインワンでコンパクト
2. 主要な3つのプロトコルを内蔵
3. 開発環境も充実

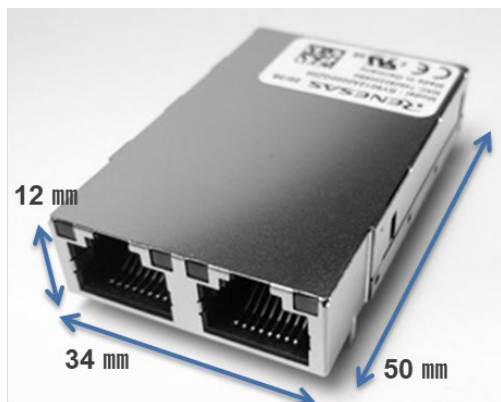








図 4. R-IN32M3 モジュール

名称	R-IN32M3 モジュール
製品型名	RY9012A0000GZ00#001 RY9012A0000GZ00#002
搭載 CPU	R-IN32M3-EC
対応プロトコル	EtherNet/IP  EtherCAT 
製品サイズ	50x34x12mm * 端子除く
電源電圧	3.3±0.15 VDC
消費電力	Typical 1.3W / Max 2.0W
動作温度	- 40 ~ 70 °C
適用規格	   

R-IN32M3 モジュールは、産業イーサネットによる機器の見える化や、リアルタイムにデバイス情報を収集する、など既存製品の後継製品の開発にも最適な製品となっています。

1. オールインワンでコンパクト

R-IN32M3 モジュールは、50 x 34 x 12mm の小さなパッケージに 2 ポートの RJ-45 コネクタとその周辺回路が全て内蔵されています。シリアル通信用の 9 ピンのヘッダピンを基板に半田実装するだけなので、特殊なコネクタなども不要で、回路設計は非常に容易です。ホストマイコンと 9 ピンのヘッダピン介してシリアル通信(SPI)接続することで、PROFINET、EtherNet/IP™、および EtherCAT® 通信を実現することができます。

ハードウェアとしては、コンプライアンステストを考慮した設計であり、ルネサスの品質水準にて各種信頼性評価も実施しています。もちろん、安全規格(CE、UL)、環境規制(REACH、RoHS)も取得済です。

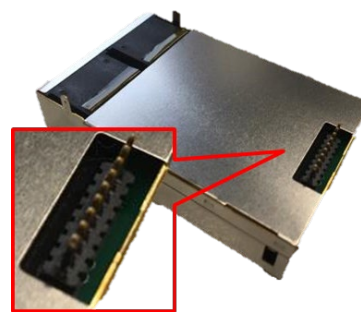


図 5. 外部接続端子

2. 主要な3つのプロトコルを内蔵

2020年8月の発売時には PROFINET および EtherNet/IP™の対応のみでしたが、今回新たに EtherCAT®に対応したことで、図7に示すように産業イーサネット・プロトコルのおよそ3/4を占める主要な3つのプロトコルに R-IN32M3 モジュールが対応できるようになりました。ルネサスホームページよりダウンロードした最新ファームウェアに更新することで、ハードウェアはそのまま EtherCAT®にも対応することができます。

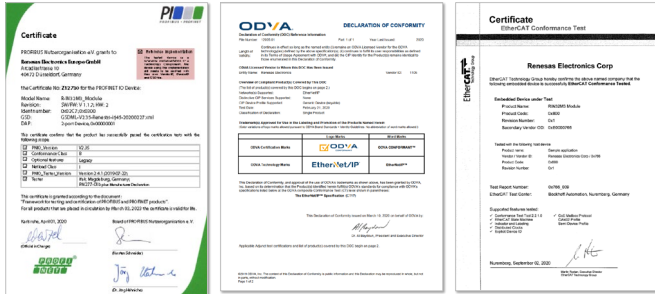


図 6. プロトコル認証書

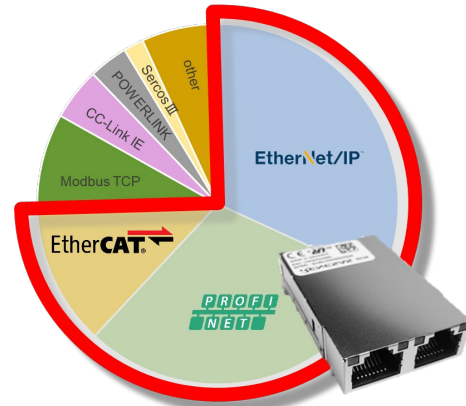


図 7. プロトコル・シェア

R-IN32M3 モジュールは、ソリューションキット YCONNECT-IT-I-RJ4501 とホストマイコンとして Synergy SK-S7G2 Starter Kit を Arduino コネクタで接続した構成で各プロトコルの認証を取得しています。各プロトコルともに最終製品として認証試験を実施する必要がありますが、R-IN32M3 モジュールは認証試験を実施済ですので、比較的容易に認証を取得することができます。

また、各プロトコル規格は仕様の改訂があります。改定後は、半年程度の移行期間がありますが、改訂後にコンプライアンステストを通すためには、新しい仕様に対応していく必要がある場合もあります。R-IN32M3 モジュールでは、ファームウェアは無償アップデートしていく予定ですので、プロトコル更新によるメンテナンス費用も含めた総コスト TCO (Total Cost of Ownership) を抑えることができます。

3. 開発環境も充実

R-IN32M3 モジュールを使った評価、製品開発を行うための各種開発環境を準備しており、今後更に環境を拡充していく予定です。

開発環境には、各プロトコルの簡易マスター機能や、IP アドレス設定などモジュールのコンフィグレーション機能、ファームウェアアップデート機能、ログ取得機能を兼ね備えた便利な補助ツールの Management Tool を利用することで、R-IN32M3 モジュール初期評価を直ぐに実施することができます。

評価環境として、R-IN32M3 モジュールを搭載したソリューションキット YCONNECT-IT-I-RJ4501 を用意しています。汎用的な Arduino および P-mod コネクタで各種評価ボードと接続することで、簡単に評価を行うことができます。Synergy S7 Starter Kit SK-S7G2 と接続したホストマイコン用のサンプルソフトには、各種アプリケーション用のサンプルプロジェクトを用意しています。

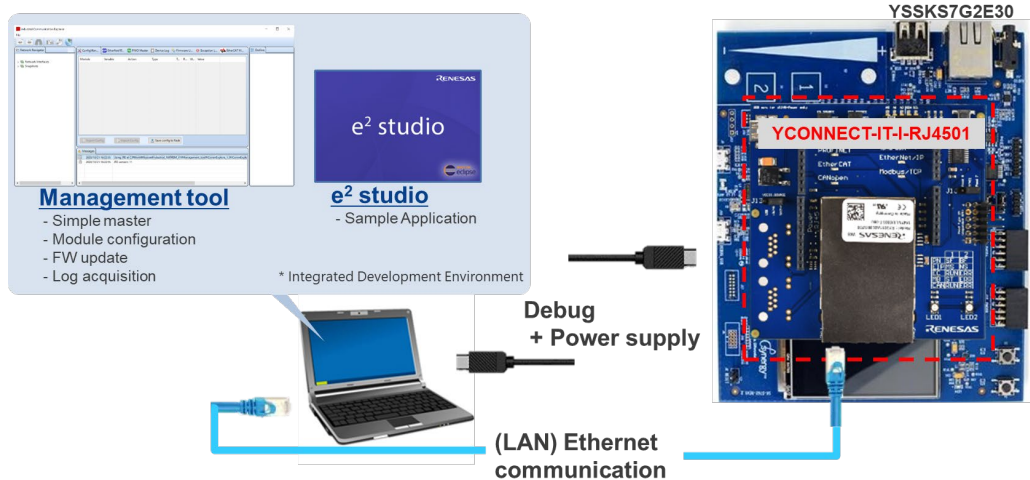


図 8. 開発環境

	Host MCU	開発環境
Development Board	Synergy S7	Renesas Electronics <ul style="list-style-type: none"> YCONNECT-IT-I-RJ4501 with YSSKS7G2E30
	RX66T	Shimafuji Electronics Incorporated <ul style="list-style-type: none"> SEMB1320

まとめ

本資料では、イーサネット化が進む産業ネットワークの動向、およびその製品開発を推進する R-IN32M3 モジュールソリューションについて説明しました。

R-IN32M3 モジュールは、小型パッケージに産業用イーサネットに必要なハードウェア、および、主要な3つの通信プロトコルスタックを実装したオールインワンなソリューションです。産業用ネットワークの専門知識を意識することなく、ハードウェア設計、通信プロトコルの実装、コンFORMANCEテスト実施という製品開発における負担を大幅に軽減し、アプリケーション開発に注力することが出来ます。

産業用イーサネット対応による製造装置の内データの見える化やフィールドバスからの置き換えなど、R-IN32M3 モジュールは工場ネットワークのデジタル化に貢献いたします。

詳細情報

- [R-IN32M3 モジュール](#): 産業イーサネット対応に必要なハードウェアおよび PROFINET、EtherNet/IP™、EtherCAT® プロトコルスタックを含むソフトウェアが全て実装されています。
- [R-IN32M3 モジュールソリューションキット \[YCONNECT-IT-I-RJ4501\]](#): R-IN32M3 モジュールを搭載したソリューションボード
- [SK-S7G2 スタータキット \[YSSKS7G2E30\]](#): Synergy S7 搭載、開発環境含むキット
- [R-IN32M3 モジュール搭載 RX66T Solution Kit SEMB1320](#): R-IN32M3 モジュール、RX66T 搭載、開発環境含むキット
- [産業イーサネット製品](#): 産業イーサネットの普及に対応できる製品群

© 2021 ルネサスエレクトロニクスまたはその関連会社 (Renesas) 無断複写・転載を禁じます。全著作権所有。すべての商標および商品名は、それぞれの所有者のものです。ルネサスは、本書に記載されている情報は提供された時点では正確であると考えていますが、その品質や使用に関してリスクを負いません。すべての情報は、商品性、特定の目的への適合性、または非侵害を含むがこれらに限定されないことを含め、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行の過程から生じるかどうかを問わず、いかなる種類の保証もなく現状のまま提供されます。ルネサスは、直接的、間接的、特別、結果的、偶発的、またはその他のいかなる損害についても、そのような損害の可能性について通知された場合でも、本書の情報の使用または信頼から生じる責任を負いません。ルネサスは、予告なしに製品の製造を中止するか、製品の設計や仕様、または本書の他の情報を変更する権利を留保します。すべてのコンテンツは、米国および国際著作権法によって保護されています。ここで特に許可されている場合を除き、本資料のいかなる部分も、ルネサスからの事前の書面による許可なしに、いかなる形式または手段によっても複製することはできません。訪問者またはユーザーは、公共または商業目的で、この資料の派生物を修正、配布、公開、送信、または作成することを許可されていません。