

特 集 論 文

業務用空調機の大容量化要求に応える
通信システム(スーパーリンクⅡ)の開発

Development of the Communication System
"Super Link II" for the Building Air-conditioner
which Meets the Large Capacity Demand

横 浜 浩 二^{*1}
Koji Yokohama

平 田 敏^{*2}
Satoshi Hirata

稲 葉 隆^{*3}
Takashi Inaba

平 松 誠 司^{*4}
Seiji Hiramatsu

高 橋 和 良^{*5}
Kazuyoshi Takahashi

大 嶽 宏 之^{*6}
Hiroyuki Otake

近年、オフィスビルなどに使用されるビル用マルチエアコンは、設置面積、施工性、設備費の低減要求から、空調用室外機の大容量化が求められており、今後1台の空調用室外機と100台以上の空調用室内機とで構成される空調システムのニーズが高まることが予想される。今回開発した空調機用新通信システム“スーパーリンクⅡ”は、今後の空調システムの発展を支える通信システムであり、従来の旧通信システムとの互換性を保ち、新旧自動決定アルゴリズムにより新旧通信システムを有する空調機器の混在を可能としている。さらに自動アドレス決定アルゴリズムの拡張を行い、室内機最大128台の自動アドレス設定機能を実現した。

1. は じ め に

当社は平成2年より店舗・オフィス用エアコンに“スーパーリンク”と称する、通信システムを開発・市場投入した。その施工性、拡張性、信頼性は、その後のビル用マルチエアコンの進化にも十分適用可能な方式であり、現在に至るまで継承されている。

近年、オフィスビルなどに使用されるビル用マルチエアコンは、設置面積、施工性、設備費の低減要求から、空調用室外機の大容量化が求められており、今後1台の空調用室外機と100台以上の空調用室内機とで構成される空調システムのニーズが高まることが予測される。その空調システムを実現するためには、100台以上の接続台数を可能とする通信システムが必要となる。

本稿では、ビル用マルチエアコンに搭載した、業務用空調機通信システム“スーパーリンクⅡ”の特徴的な技術を紹介する。

2. 通 信 回 路 構 成

従来の当社ビル用マルチエアコンに搭載しているスーパーリンクは、耐環境、信頼性に優れ、かつ多ノード・長距離通信に適応したRS-485規格に適合した通信用トランシーバを採用している。さらに工事(結線)ミスを低減するために、当社独自の通信回路構成及び極性切換えアルゴリズムにより、2本の通信線の無極性化を実現している⁽¹⁾。

今回の開発の大きなテーマは、既にビルに設置されている空調機のリニューアル対応として、順次入替え又は部分入替えによる新旧システムの混在に対応することであった。

スーパーリンクⅡでは、新旧互換性を確保するため、現行スーパーリンクシステムと同じRS-485規格のトランシーバを採用することとし、当社独自の評価方法及び評価基準により、最大172台(空調室内機128台、空調室外機32台、集中制御器12台)の接続台数を許容する通信回路を開発した。表1に新旧システムの概仕様比較を示す。

接続台数増加に伴い、通信量の大幅な増加が見込まれる。特に空調料金管理を行う集中制御機器では、室内機の状態監視を1分ごとに行っており、台数増加しても監視周期1分を踏襲するため、従来比4倍の通信速度とした。

通信速度を上げると通信波形に反射波の影響が顕在化し、さらに通信距離が長くなると通信不成立状態となる。この時の通信波形を図1に示す。この反射波は、主に電源線を誤って通信端子に接続した場合の過電圧保護回路のキャパシタ成分により発生していることが判明したので、過電圧保護回路の構成及び定数見直しを行うことで改良した。

想定される通信線の分岐接続パターンにて検証を行い、最大配線長2000m、最遠端距離1000mまで通信可能であることを確認した。なお、シールド線の場

^{*1} 技術本部名古屋研究所パワーエレクトロニクス・制御研究室主席

^{*2} 冷熱事業本部空調機技術部電子制御設計グループ主席

^{*3} 冷熱事業本部空調機技術部電子制御設計グループ

^{*4} 冷熱事業本部空調機技術部マルチパッケージエアコン設計グループ

^{*5} 技術本部名古屋研究所パワーエレクトロニクス・制御研究室

^{*6} 冷熱事業本部空調機技術部電子制御設計グループ長

表1 新旧通信システム仕様比較

項 目	仕 様		備 考
	スーパーリンクII	スーパーリンク	
伝送媒体	2芯ケーブル	2芯ケーブル	ビニールキャブタイヤ：0.75 mm ² ～2mm ² シールド線：0.75 mm ² 又は 1.25 mm ²
端末数	172 (最大)	100 (最大)	
最大ケーブル長	2000 m (シールド線以外) 1500 m (シールド線 0.75 mm ²) 1000 m (シールド線 1.25 mm ²)	1000 m	
伝送速度	38 400 bps	9 600 bps	新旧比 4 倍の通信速度とした
伝送方式	ベースバンド直列伝送	ベースバンド直列伝送	RS-485 準拠
制御手順	CSMA/CD 方式準拠	CSMA/CD 方式準拠	

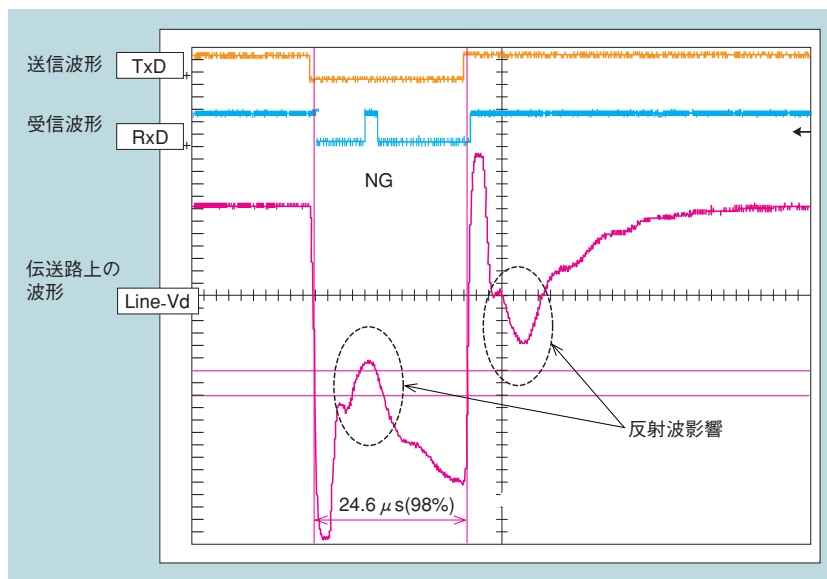


図1 伝送路上の反射波影響による受信波形ひずみ
伝送路の分岐パターン、接続台数により反射波影響が顕著になり、受信波形にひずみが生じている。受信波形ひずみにより正常に通信できなくなる。

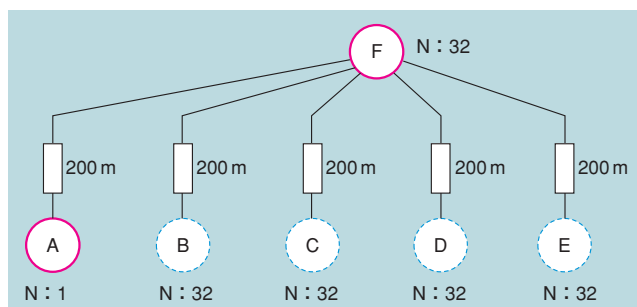


図2 分岐接続パターンの一例
Nは接続台数を示す。Aは集中制御器、B～Eは室内機、Fは室外機を想定、A～Fのブロック間を200 mの通信ケーブルで分岐接続したパターン。

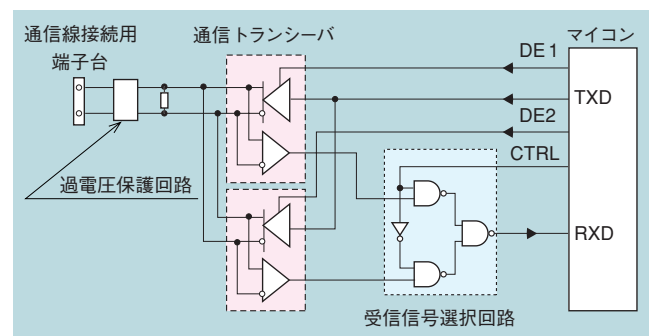


図3 通信回路構成
通信トランシーバを2個使用し、正逆いずれの極性でも通信可能な構成としている。

合は、通信ケーブルのキャパシタ成分の影響が大きくなるため、最大ケーブル長1500 mに設定した。

今回想定した通信分岐接続の一例を図2に示す。

図3に今回開発した通信回路構成を示す。2個のトランシーバ及び受信信号選択回路を構成することによ

り、通信線接続用端子台に正又は逆いずれかの極性に接続されても、自ら通信ネットワークの極性を検知し、適正な極性の送信回路及び受信回路を選択することで相互に通信可能となる。また、図示していない受信回路入力部のバイアス設定回路により、通信線の短絡及

び開放（未接続）時にも、受信出力が安定するよう考慮されている。

3. 通 信 手 順

3. 1 回線アクセス手順（CSMA/CD 方式）

スーパーリンクは、CSMA/CD（Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection）方式に準拠した当社独自プロトコルを採用している。1本の伝送路を複数の通信端末が共有し、必要な時に通信端末が競合して伝送路を使用するバス型コンテンション方式を採用しており、送信開始時に伝送路の使用状態を監視し、“使用中”であれば執拗に“空き”となるのを待つ1-persistent方式を採用していた。今回のスーパーリンクⅡでは接続台数の増大に伴うデータ衝突の増加が予測されたため、伝送路が“使用中”であればランダムな遅延時間待った後に再度送信動作を行うnon-persistent方式に変更した。さらに、送信データの衝突検出時に行う再送動作（バックオフ）用ランダム遅延時間の見直しを行い、接続台数増加（室内機最大48台⇒128台）に伴う応答性能及び回線使用効率の悪化を防いだ。

3. 2 新旧自動極性決定アルゴリズム

リニューアル物件対応には、従来機との互換性を確保することが求められる。特に集中管理システムを採用しているビルでは、全ての空調機を一度に入れ替えるケースは稀であり、段階的に入替えを行うケースがほとんどである。空調機を順次入れ替える際にも、既設集中管理システムと接続でき、省エネルギー管理や空調料金管理を継続して運用できることが求められる。

今回開発した新旧自動決定アルゴリズムは、空調機の電源投入時にネットワーク上に1台でも旧通信システムで動作している空調機が存在すれば旧通信システムで動作する。

従来のスーパーリンクで採用している自動極性決定アルゴリズム⁽¹⁾は、ネットワーク上に既に極性決定している空調機が存在すれば、それをマスターとして後から参入する空調機がマスターの極性に合わせるように通信回路の極性を決定する方式である。今回採用した新旧自動極性決定アルゴリズムは、この極性合せの時に使用されるデータに新旧の情報を付加することで、新旧自動切換えを実現した。旧仕様機を優先検知する方式のため、最も厳しい（時間のかかる）条件は、全ての構成機器が新仕様対応機で、室内機128台、室外機32台の構成で、同時電源投入した時に20秒程度ですべての機器が新仕様に設定されることを確認した。

4. 自動アドレス設定機能

一つのネットワークに複数の制御装置が接続される場合、機器1台ごとに通信上の識別用アドレスNo.を付番する必要がある。ビル用マルチエアコンは居住空間などに設置される室内機と、屋外に設置される室外機とで構成され、それぞれが冷媒配管によって接続される。室内機、室外機が相互に通信を行い、必要な空調能力が出るように制御を行う。室内機及び室外機が相互に通信するためには、通信用の識別No.以外に相手の識別No.を登録しておく必要がある。

ところが、ビルに設置される室内機は、天井に埋め込まれるもの、天井裏に設置されるダクトタイプなどがあり、制御装置に実装されているアドレス設定用スイッチへのアクセスが非常に悪い状況が多々ある。

そこで、室内機のアドレスNo.を自動付番する自動アドレス機能⁽²⁾を製品に標準装備させている。従来、最大48台までの室内機アドレス自動付番機能を実現してきたが、今回、最大128台までのアドレスNo.を自動付番できるように機能拡張した。

図4に示すような複数の冷媒系統を一つのネットワークに接続し、集中制御器によって管理する場合には、冷媒系統ごとの室内機と室外機のペアリングが重要となる。

冷媒配管によって接続された室内機と室外機のペアリングと、渡り配線によって構成される通信網を経由して接続される室内機と室外機のペアリングを一致させる必要があり、冷媒配管と通信のペアリング不一致が発生すると、機械の故障や水漏れ事故につながる。

そこで、今回当社は複数冷媒系統自動アドレス設定機能を開発し市場投入した。以降複数冷媒系統自動アドレス設定機能を実現した技術について述べる。

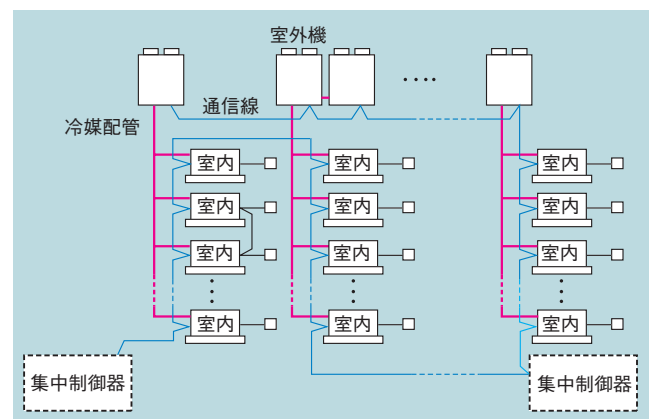


図4 冷媒配管と通信線

冷媒配管により接続された冷媒系統と、通信線を経由して構成される室内機と室外機のペアリングを一致させる必要がある。

4. 1 ネットワークコネクタ

冷媒系統ごとに室内機と室外機のパairingを電氣的に自動設定するには、通信網を冷媒系統ごとに分離し、通信網ごとに存在する機器同士で通信を行い、互いの存在を認識すれば良い。通信線の分離を容易に実現する手段として、ネットワークコネクタと称する通信線コネクタを配置することとした。図5に複数の冷媒系統が通信接続される場合の結線イメージを、図6にネットワークコネクタの具体的なイメージを示す。

ビル用マルチエアコンは、冷媒配管工事を行う際に冷媒配管と一緒に通信線を断熱材によって覆い、ビル内を引き廻し、屋上に集中設置された室外機に接続される設置形態が多い。冷媒系統ごとに通信網を容易に分離可能とするためにネットワークコネクタを配置した。図7に複数冷媒系統自動アドレス設定手順の流れ

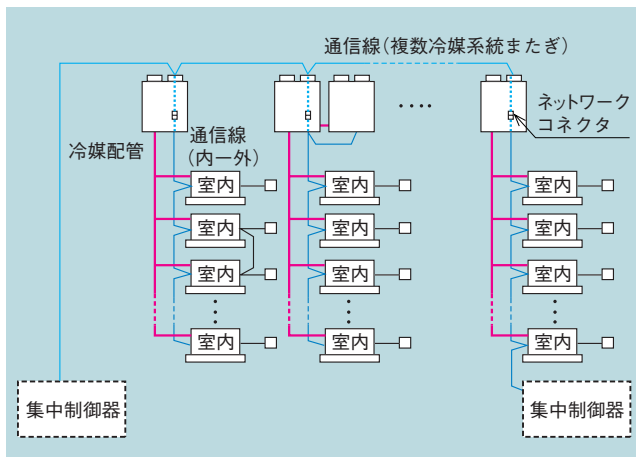


図5 複数冷媒系統自動アドレスの配線方法
各冷媒系統の通信線は冷媒配管に添って結線。複数冷媒系統の接続は室外機側で渡り配線。冷媒系統ごとに通信線を分離するためのネットワークコネクタを配置。

を示す。

4. 2 仮アドレス決定手順

自動アドレス設定手順によって決定したアドレス情報は、室内機制御基板に実装されている不揮発性メモリに保存されるため、停電などの電源断時にもその情報は保持されるが、工場出荷時は未決定状態としており、初めての電源投入時に室内機の仮アドレス決定手順が実行される。この仮アドレス決定手順は、従来の自動アドレス決定手順を流用し、今回、最大128台まで自動付番可能となるように拡張した。

4. 3 本アドレス決定手順

仮アドレスは、冷媒系統ごとにアドレスNo.の若い000番から順に最大127番まで付番される。室外機にて室内機の開始アドレスNo.及び接続台数を設定し、室内機の本アドレスNo.が、仮アドレスに基づいて開始アドレス及び設定接続台数範囲内で自動決定するアルゴリズムを開発した。

4. 4 内外自動ペアリング

室内機は、室外機からの開始アドレスNo.取得と

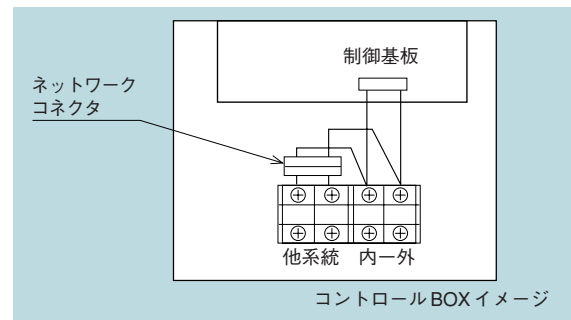


図6 ネットワークコネクタ配置イメージ
冷媒系統内の機器の接続用と、他冷媒系統との渡り配線用にそれぞれ端子台を設けた。

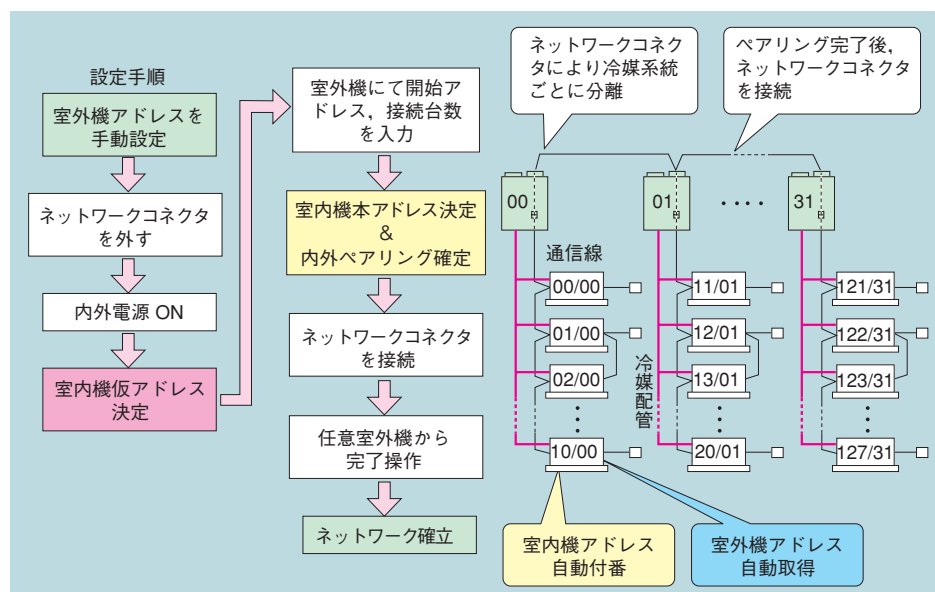


図7 複数冷媒系統自動アドレス設定手順

同時に室外機アドレス No. を取得。室外機は室内機からの本アドレスによる登録伺いという手順により、複数の相手室内機アドレス No. を取得する。この一連の手順により同一冷媒系統内の室内機と室外機のペアリングが確定する。

4. 5 極性合せ処理

最後にネットワークコネクタを接続することで全ての冷媒系統が一つの通信網により接続されることとなる。ところが、ネットワークコネクタを外した状態で電源の操作を行っているために冷媒系統ごとに通信極性が決定しており、すべての冷媒系統の通信極性が一致するとは限らない。そこで、代表冷媒系統の室外機にて、“完了”操作を行うことで、他の冷媒系統の構成機器が代表冷媒系統の通信極性に合わせる方法を採用した。

4. 6 自動アドレス決定時間

自動アドレス設定機能の評価試験の結果、室内機単独で 128 台が仮アドレス取得完了までに最大 1 分、室内機 128 台と室外機 1 台を同時に立ち上げた時に本アドレス取得完了までに最大 5 分弱という結果が得られた。

5. ま と め

現在、本論文で紹介したスーパーリンクⅡを搭載したビル用マルチエアコン及び集中制御器の機種展開を順次行っている。今回の通信システムの改良により、

システムの拡張性が大幅に増大したことで、新規大型物件のみならず、リニューアル物件の獲得にも効果があると考えている。

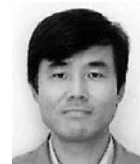
多様な市場ニーズに応えるべく、エアコンも常に時代のニーズを先取りした製品開発を行うとともに、機能が複雑化し、据付作業者にとって扱い難い商品とならないよう心がけ、工事ミスを削減し、工期短縮につながるよう改善を図っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 青井文男ほか、極性確定制御方法、特許第 2566323
- (2) 蜷川忠三ほか、空調システムの自動アドレス制御装置、特許第 3169959



横浜浩二



平田敏



稲葉隆



平松誠司



高橋和良



大嶽宏之