

現場保全作業を効率化するセンサ/アクチュエータの開発

Development of a sensor/actuator that improves the efficiency of the workplace preservation process

株式会社 山武
ビルシステムカンパニー

沖田 孝雄
Takao Okita

株式会社 山武
ビルシステムカンパニー

久保田 秀雄
Hideo Kubota

株式会社 山武
ビルシステムカンパニー

関根 秀太
Hidetaka Sekine

キーワード

インテリジェントコンポ™, SAnet, センサ, アクチュエータ, 劣化予知, フォルト検知

空調設備の機器データを収集、蓄積することを目的としたインテリジェントコンポ™を開発したので報告する。従来のセンサ / アクチュエータがアナログ信号であったのに対し、インテリジェントコンポ™は SAnet 通信を採用することにより情報量が拡大し、機器データの収集、蓄積が容易となった。収集したデータは、機器台帳作成支援や劣化予知、フォルト検知に利用することができ、保全業務の効率向上を図ることが可能となった。

This paper shows the Intelligent Compo that we have developed for the purpose of collecting and accumulating data on air-conditioning facilities. Unlike conventional sensors/actuators that use analog signals, the new Intelligent Compo uses SAnet, which permits more information to be communicated and makes easier the collection and accumulation of data on the facilities. The collected data can be used to help create machine ledgers, to predict deterioration, and to detect machine faults, all of which in turn improve the efficiency of maintenance operations.

1. はじめに

空調設備を高いレベルで快適性、省エネルギー性を実現するためには、空調設備機器の保全作業は不可欠である。しかし現状、保全作業は手作業に頼っていることが多く、効率的に行われているとは言い難い。

そこでセンサやアクチュエータの潜在的機器データの可視化を行う事を目的として「インテリジェントコンポ™」の開発を行った。

インテリジェントコンポ™(自動制御用センサ/アクチュエータは空調設備の部品との意味からコンポーネントと表現される)は自己で機器データを持ち、蓄積することができる。機器データとは、機器固有の形番情報や動作履歴、故障情報などを示す。

このインテリジェントコンポ™をBAシステムに組み入れ、従来不可能だった計測、機器データの収集、蓄積を可能とすることで、空調設備の機器台帳作成支援や劣化予知、フォルト検知診断が容易となる。

2. インテリジェントコンポ™の商品ラインナップと特徴

インテリジェントコンポ™の商品ラインナップと特徴を以下に記載する。

2.1 商品ラインナップ

- ①室内型センサ (図1)
 - 室内型温度センサ
 - 室内型温湿度センサ
- ②ダクト挿入型センサ (図2)
 - ダクト挿入型温度センサ
 - ダクト挿入型温湿度センサ
 - ダクト挿入型給気露点温度センサ
- ③直結型ダンパ操作器 (図3)
- ④電動弁 (図4)
 - アクティブ電動二方弁
 - アクティブ電動三方弁



図1 室内型センサ



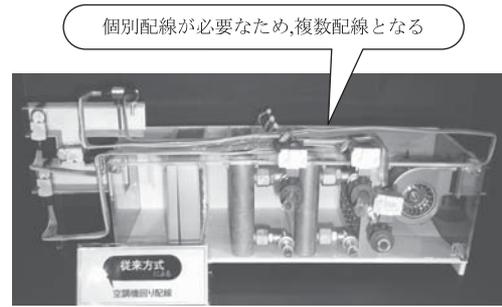
図2 ダクト挿入型センサ



図3 直結型ダンパ操作器

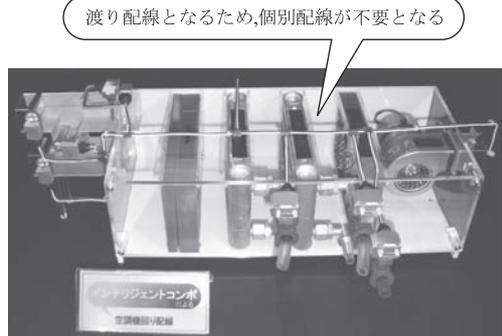


図4 電動弁



個別配線が必要なため、複数配線となる

図6 従来施工—ゼロ引き配線



渡り配線となるため、個別配線が不要となる

図7 インテリジェントコンポ™施工—渡り配線

2.2 特徴

①演算、蓄積機能

従来のセンサ/アクチュエータと異なり、それぞれ機器内部にマイコンとメモリを搭載し、機器データ、計測機能/演算機能/蓄積機能を持つ。

②データ通信機能

大量のデータ伝送を行う必要があるため、センサ/アクチュエータは従来の1-5Vや4-20mA等のアナログ信号に代わり、SAnet(電圧伝送)(図5参照)によるデジタル通信で空調機コントローラに接続される。

③配線施工

SAnetの採用でセンサ/アクチュエータ配線施工を従来、ゼロ引き配線(図6)でしか対応できなかった方式を省施工可能な渡り配線方式(図7)にできる。

ゼロ引き配線の場合には計装盤から各機器に対して独立した配線施工が必要となるため、管理費用、労務費用等の人工とケーブル、電線管等の工事部材が多く必要になる。渡り配線により機械室当たり30%の省施工が可能となる。

通信(電圧伝送)

通信距離	: 10~30m(一般計装の場合)
通信速度	: 1200bps
接続台数	: 15台/1ライン
電源電圧	: AC24V±10% 50/60Hz

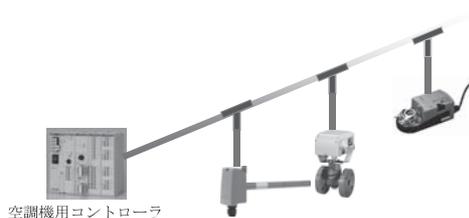


図5 通信仕様

④機器データ収集機能

インテリジェントコンポ™の持つ機器データはCSVファイルとして監視パソコンのハードディスク内に自動収集/蓄積される。機器固有の情報は機器台帳を作成するのに使用し、機器の動作履歴や故障情報は、劣化予知、フォルト検知、故障解析に使用する。イメージを図8に記載する。

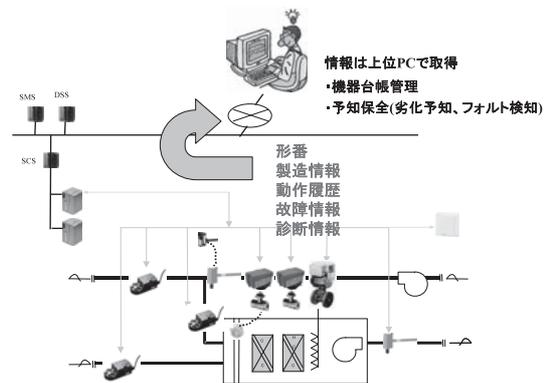


図8 機器データ収集/解析

3. 課題解決

3.1 低速通信の採用

機器データなどの付加価値情報をセンサ/アクチュエータに持たせるには、マイコン、メモリ、通信回路を搭載する必要がある。トータルコストを変えずにこれらの機能を提供するため、①使用部品コストの抑制②施工コストなどの製品以外のコスト低減が可能な電源+通信からなる3線式の1200bps低速通信SAnetの採用を行った。

1200bpsの低速通信のため、通信回路は特殊な専用ICを必要とせず、安価なオペアンプ、トランジスタと抵抗、コンデンサ等の受動部品から構成されることにより、製品コスト上昇の抑制に寄与している。

また、従来の施工では、電源用、通信用、信号線用に別種類のケーブルを用意し、通信には専用ケーブルやツイストペアのケーブル、また、信号内容に合わせシールド付ケーブルを採用していた。SAnetでは、前述のケーブルよりも安価なCVVやVCT等のケーブルを1種類準備すれば、配線工事は完了するため、施工材料コストの低減となっている。

3.2 省施工への対応

2.2の②で述べた渡り配線において、挿入型センサ等はケーブルが1本しか製品に接続できないため、渡り用の入力線、出力線の両方の接続が確保できず、配線用のプルボックスを用いることになる。このプルボックスを取り付けること自体が取付箇所を2箇所（製品とプルボックス）にすることになり、工数アップにつながる。このため、SAnet三又配線ユニット（図9参照）を開発し、製品と渡り配線構造を一体化させることにより、取付箇所が1箇所として、施工コストの低減をはかっている。

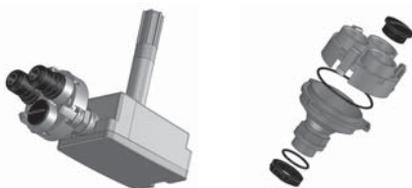


図9 SAnet三又配線ユニット

3.3 室内型温度センサの周囲温度影響低減設計

マイコンや通信回路の搭載により、従来製品と比較し、消費電力は上昇する。この上昇は内部発熱という形で現れ、温度センサとしての本来機能を損なう結果となる。この課題を解決するため、本製品では二つのアプローチを行った。一つは内部発熱の影響を受けにくい最適配置を実現すること、もう一つは低消費化を進め、内部発熱を極力減らすことである。

室内型センサのケースは図11に示すように、他のアナログ出力タイプの製品と同様のものを使用している。この中で、測温体をどこに配置するかがキーポイントとなる。周囲の風速とその向き、ケース内基板上的発熱体の位置をパラメータとして、熱解析シミュレーションを行い、内部発熱による温度影響の少ない配置の検討を行った。シミュレーション結果の一例を図10に示す。



図10 温度分布シミュレーション結果

シミュレーション結果の実証確認として、簡易風洞装置を用いて、風速とその向きを変更し、測定を行った。放射温度計で測定した温度分布を図11に示す。

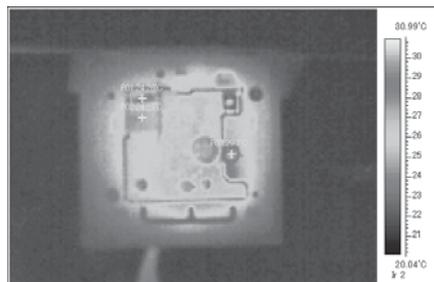
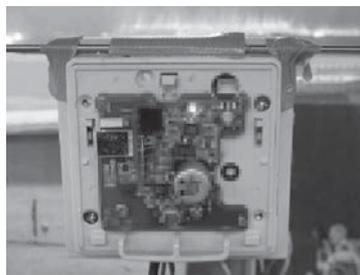


図11 温度分布実測結果

温度の絶対値は必ずしも一致していないが、相対的な傾向は合っていると判断でき、シミュレーションの結果を元に測温体の再配置を実施した。この再配置により、温度は0.8°C低減した。

また、消費電力の低減は回路ブロックから個々の部品までの様々な検討を行っている。例えば、SAnetでは通信回路に20V電源を必要としていたが、耐圧の高い部品を選定することにより、20V電源が不要となり、消費電力の削減が可能となった。また、マイコン等に使用している3.3V用電源ICの再選定により、変換効率が向上し、消費電力の削減につながっている。最終的に、同等機能を持つ他の温度センサと比較して、1/3以下の消費電力となった。

測温体の最適配置と消費電力の低減により、従来製品と同等の性能を実現している。

3.4 データ通信の効率化

3.4.1 データ通信機能の課題

コスト低減や通信品質確保のためにSAnetを採用したが、データ通信機能を実装する上では次のような課題があった。第一に、センサ・アクチュエータのインテリジェント化は今後も継続して進化させていくよう計画している。また2.1で紹介した機器以外にも新たな製品ラインアップが予定されている。このような背景から、インテリジェントコンポのデータアクセス用通信には、順次追加される新たな機器データを送受信できるように通信メッセージフォーマットに柔軟性があること、またアクセスする側のアプリケーションもデータ追加に伴い簡単に修正可能であることが求められる。第二に、通信速度が1200bpsと低速である。これは標準的な空調機の給気温度制御を考慮した場合、計測値・制御コマンドに加えて機器データを扱うインテリジェントコンポ™では、かなり効率の良い通信を行うことが求められる。

3.4.2 汎用メッセージの採用

機器データ追加や機種追加に柔軟に対応できるように、どのデータに対しても共通の方法でアクセスできることを考慮した。その結果インテリジェントコンポTMが持つ全データ構造をオブジェクトとプロパティで構成した。(図12参照) 例えば挿入型温湿度センサには温度、湿度、1-5V入力 の3点の計測点があるが、それぞれをAI(アナログインプット)オブジェクトとし、その中に持つ計測値や正常/トラブル情報等をプロパティとしてとらえた。また機器固有の情報の集合体をデバイスオブジェクトとし、その中の形番やシリアルNo.等をプロパティとしてとらえた。これにより、オブジェクトNo.とプロパティNo.を指定するRead/Writeの2メッセージのみでインテリジェントコンポTMの全データにアクセス可能とした。



図12 オブジェクト・プロパティ構成

3.4.3 専用メッセージの採用

オブジェクト・プロパティアクセス方式の採用で拡張性が確保されたため、次に通信の効率化を考える必要がある。インテリジェントコンポTMで扱う計測値・制御コマンドは温度制御に使用するため高速性が要求されるが、機器データは固定データや過去からの蓄積データであるため高速性が要求されない。そのため通信の構成としてはインテリジェントコンポTMの接続台数に関わらず常時、計測値・制御コマンドをやり取りし、計測値収集周期に影響のない範囲で、オブジェクト・プロパティアクセス方式を使って機器データを間欠的に収集するようにした。また温湿度センサやバルブアクチュエータが持っている計測値全点を一回の送受信でやり取りできるように計測値・制御コマンドに関しては専用メッセージを採用した。このメッセージは計測値・制御コマンド専用ではあるが、インテリジェントコンポTMの全計測値・制御コマンドに使用でき、機種追加時にメッセージ追加が発生することはない。

これらの対策によりインテリジェントコンポTMは、機器データを収集しながらも、従来製品と同等の計測値収集周期を実現している。

4. 機器データを利用したアプリケーション

インテリジェントコンポTMにより収集した機器データを利用したアプリケーションの事例を以下に挙げる。

4.1 機器台帳作成支援

自動制御設備の保全作業は、機器台帳作成から始まる。機器形番はもちろん、製造年月日等の製造データを収集する必要があるが、フィールドでは設置場所における作業者の目視作業が一般的であり、効率、管理品質上課題があると云わざるを得ない。インテリジェントコンポTMには予め機器形番、製造年月日等のデータが製造時に入力されるため、BAシステム上で自動的な収集、管理作業が可能となる。

4.2 予知保全支援

4.2.1 劣化予知

従来、自動制御設備に関して個々の機器稼動状況を効率的に把握する術がなかったため、アクチュエータ等寿命を有する機器に関して、劣化故障後の事後保全対応とせざるを得なかった。インテリジェントコンポTMが接続されたシステムでは、図13の様にアクチュエータが自己カウントする通電時間、動作回数等の機器データから自動推定された寿命に基づいた劣化予知が可能となる。

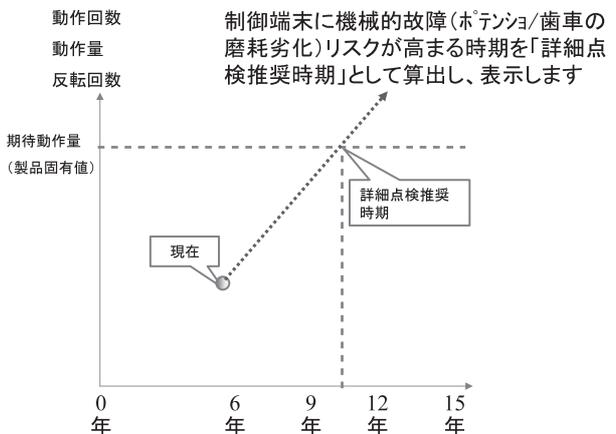


図13 劣化予知

4.2.2 フォルト検知

過剰設定や機器の発停ミスといった、対策が比較的簡単な不具合(フォルト)が発見されず放置され、快適性/省エネルギーに改善余地が残っている建物が多い。

空調設備の運用改善の手法として、「BEMSを設置し」、「室内温湿度、設定値、外気温湿度、消費エネルギーといった計測値を収集し」、「後日問題のあった系統に関して対象期間の全データを理想状態と比較し」、「問題点を検知、診断、改善する」方法が有効であるとされている。しかし解析作業に高度な専門知識と時間が必要であるため、未だほとんどの建物で利用されているとは言い難い。

以下に機器データを利用した簡易フォルト検知手法例を述べる。

室内温湿度／往水温度設定ミス、バルブ固着、手動バルブ調整不良、設備能力不足等、設備運用上何らかの故障が発生し設定値に計測値が追従できなくなると、バルブ開度は100%に張り付く。インテリジェントコンポ™バルブアクチュエータには「開度張り付き頻度の自己カウント機能」があり、監視パソコンから簡単に故障空調機が検知できる(図14にイメージを示す)。

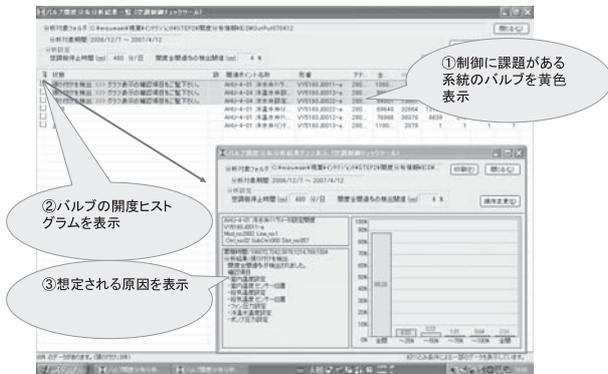


図14 劣化予知

4.3 異常状態回避機能

マイコンと通信の搭載によりインテリジェントコンポ™では各種の異常状態を検出・通知できるようになった。この情報により設備管理者が異常状態への対処を行うわけであるが、インテリジェントコンポ™は自分自身で異常状態からの回避を試みる機能を持っている。

例えばバルブアクチュエータの全閉処理時に配管内の異物を噛み込んで全閉にならないというケースがまれにある。この異物を噛みこんだ状態が継続するとシートリングの破損によるリークや固着につながる可能性がある。そのため、全閉にならない状態をバルブアクチュエータが検出すると、異物が流れていくように一旦開側にある程度開いてから再度全閉処理を実施する。一度で回避できない場合には開側に開く量を増やしながら複数回にわたって本動作を行い、異常状態からの回避を試みる。

なお、本機能の効果については実際の現場にて確認済みである。

5. おわりに

本稿では、インテリジェントコンポ™の開発背景と課題対策、およびインテリジェントコンポ™の機器データを利用する手法を紹介した。

今年度、流量計測制御機能付アクティブ™(流量計測機能付きのバルブアクチュエータ)が開発され、インテリジェントコンポ™に新たなラインナップが加わる。流量計測制御機能付アクティブ™は、バルブ前後差圧、開度を自己計測することで実流量を内部演算している。空調制御における操作対象を従来の「バルブ開度」から「バルブ流量」へ変更すれば空調機コイルへ常に最適な流量とし、空調機への過流量が抑制される。過流量抑制により熱源機、搬送ポンプの運転台数を減らす事ができ、建物の省エネルギーに貢献することができる。

今後は、インテリジェントコンポ™の開発を通じて保全作業の効率化だけでなく当社の理念である人を中心としたオートメーションに則り、地球環境に貢献していきたい。

商標

インテリジェントコンポ™は、株式会社 山武の登録商標です。

著者所属

沖田 孝雄	ビルシステムカンパニー 開発本部開発1部
久保田 秀雄	ビルシステムカンパニー 開発本部開発1部
関根 秀太	ビルシステムカンパニー マーケティング本部 プロダクトマーケティング部

