

## 論文内容の要旨

博士論文題目 Design and Analysis of Fieldbus Control System  
(フィールドバス制御システムの設計と解析)  
氏名 Yan-bin PANG

### (論文内容の要旨)

A Fieldbus Control System (FCS) is a distributed system composed of field devices and control and monitoring equipments and it is integrated into the physical environment of a plant or factory. The FCS is increasingly being used in the automation arena because of the advantages of the fieldbus. In recent years, more than 50 different names of available fieldbuses have emerged. However, research works for the FCS lag far behind their current practice. This thesis investigates several important issues of the FCS.

In Chapter 1, differences between an FCS and a conventional control system are summarized, and related researches are reviewed with focus on timing analysis, evaluation, control algorithms, modeling and simulation, development and applications.

Chapter 2 presents models of different fieldbus protocols from basic to complete ones to lay fundamentals for this study. Main fieldbuses are introduced briefly and their characteristics are discussed. The fieldbus medium access control mechanism is also discussed. As a result, several classification methods of fieldbuses are proposed.

In Chapter 3, the timing characteristics of the FCS are analyzed in details. The control period of a control loop in the FCS is formulated and analyzed. The stability condition for normal operation of the fieldbus control loop is derived. The analysis and experimental results show that the execution time and the margin time are dominant in a control period, whereas the communication time is secondary. It is also shown that the execution time of function blocks depend on the configuration of application software. The effects of the communication time, the computation time, and the jitter of control period on the control performance are evaluated.

In Chapter 4, a complete set of evaluation indices is proposed from the user point of view by analyzing the requirements of data communication and installation environment for fieldbuses. As a case study, experimental results for FOUNDATION Fieldbus are presented. A general procedure with a complete set of detailed indices for selecting a fieldbus system is also proposed.

Chapter 5 considers how to overcome bad effects caused by the delays of communication

and computation time, and the jitter of control period. A modified PID (Proportional-Integral-Derivative) control algorithm and a predictive control algorithm are applied and the effectiveness of these algorithms are analyzed and verified by simulation study.

Chapter 6 proposes an object-oriented, hierarchical, and hybrid modeling approach for the FCS development. Based on this approach, a simulation platform for the FCS including fieldbus devices, fieldbus segments and the plant is developed using the Matlab environment. In this simulation, both computation times of application software and communication delays are considered at the same time. Also both the control and the communication performances are evaluated through simulation runs.

Chapter 7 illustrates the development of two fieldbus systems by describing both the hardware and software of the system. The contributions of this thesis are summarized with directions for future work in Chapter 8.

氏名	Yan-bin PANG
----	--------------

(論文審査結果の要旨)

フィールドバスは、工場などで稼動している現場機器（測定器、操作器）とコントローラ間の信号のやり取りをデジタル通信を用いて行うネットワークである。できるだけ多くの機器を接続できるオープンな規格とともに、速いスピード、信頼性、容易なエンジニアリングなどが必須機能になる。本論文は技術の進展と標準化が先行してきたフィールドバスについて、基本的な時間特性解析の方法、システム設計の方法を考察したものであり、主な成果は次の4点である。

1) フィールドバスをプロトコルモデルとメディア・アクセス・コントロール機構によって分類することを提案し、フィールドバス制御システムの時間特性を解析する方法を示した。フィールドバスの制御周期は各機能ブロックの実行時間、機能ブロック間の通信時間、余裕時間の和として表すことができることを示し、各時間の見積もり方を示したあと、実際のフィールドバスで実験を行って各時間を計測した。

2) フィールドバス上の通信時間、機能ブロックでの計算時間、ジッターが制御性能におよぼす影響について調べたあと、制御性能への悪影響を克服するための制御アルゴリズムについて考察した。PID制御則を修正したアルゴリズムと一定の未来の出力予測値を用いるモデル予測制御アルゴリズムを提案し、それらのフィールドバス制御システムにおける有効性をシミュレーションによって示した。

3) フィールドバス機器、フィールドバスセグメント、プラントが結合した複雑な対象システムを解析するため、各要素をモデル化し、全体をハイブリッドシステムとして統合してシミュレーションする方法を提案した。このため、オブジェクト指向、階層化モデリング手法が有効であることを示した。このシミュレーションプラットフォームを使えば新しい制御アルゴリズムの効果や制御機能のフィールドバス機器への配置の影響などについての評価を容易に行うことができる。

4) フィールドバスを評価するメトリックスを提案するとともに、実際に使われているフィールドバスのメッセージ効率および応答時間を計算する方法を示した。またフィールドバスを設計する指針を提案し、実際に二つのフィールドバスシステムを開発して、指針の有効性を確認した。一つは地理的に離れた井戸の温度および水位データを解析センターに集めて地震の予知をするシステムで現在も稼動している。

以上のように、本論文は、フィールドバスの解析および設計の手法を示したものとして、システム制御の分野において、学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。