

FERRAMENTA PARA CONFIGURAÇÃO DE SISTEMAS DE CONTROLE EMBARCADOS (IoTControl)¹

Danilo Oliveira MARTINS²

Discente do Mestrado em Automação e Controle de Processos
IFSP/Campus São Paulo

Alexandre Brincalepe CAMPO³

Docente do Mestrado em Automação e Controle de Processos
IFSP/Campus São Paulo

Almir FERNANDES⁴

Docente do Mestrado em Automação e Controle de Processos
IFSP/Campus São Paulo

RESUMO

O artigo apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta para configuração de sistemas de controle embarcados. Como procedimento metodológico, adota a pesquisa de literaturas e aplica em experimento prático. A análise sustenta que a união de tecnologias provenientes das áreas de Engenharia da Computação e Engenharia Elétrica possibilita a implementação de sistemas de controle embarcados utilizando a rede de dados (internet). Conclui, através de experimento prático, que a ferramenta permite utilizar dispositivos conectados para coleta de dados do sistema e assim permitindo que sejam aplicadas técnicas de ajuste de parâmetros de controle (sintonia).

Palavras-chave: Controle. Ferramenta gráfica de controle. Controle embarcado. Internet das coisas.

Introdução

Prover uma tecnologia que permita, através de uma ferramenta, configurar e supervisionar remotamente uma planta de controle, oferecendo conectividade entre dispositivos e que atenda à demanda tecnológica de IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas) vem a ser relevante, como sustenta Kopetz (2011 p. 308):

¹ Orientador Prof. Dr. Alexandre Brincalepe Campo e Co-orientador Prof. Dr. Almir Fernandes.

² Endereço eletrônico: danilo.oliveira.martins@gmail.com

³ Endereço eletrônico: brincalepe@gmail.com

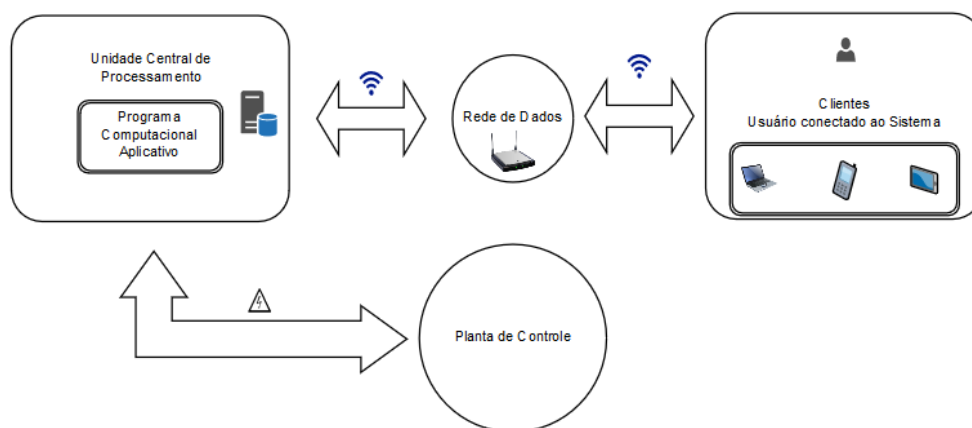
⁴ Endereço eletrônico: fernandes.almir@gmail.com

Ao longo dos últimos 50 anos, a Internet cresceu exponencialmente a partir de uma pequena rede de pesquisa, que incluía apenas alguns nós, a uma rede mundial disseminada com mais de um bilhão de usuários. A miniaturização e a redução de custos de dispositivos eletrônicos possibilitam expandir a Internet para uma nova dimensão: objetos inteligentes. (KOPETZ, 2011 p. 308)

Nesse sentido, é possível prover esta tecnologia com o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de configurar parâmetros de controle, possibilitando acesso e operação remota, sem interferir no processo, permitindo a conectividade entre dispositivos através de uma rede de dados e tornando possível observar o comportamento do sistema em diversas configurações. Para esta solução, adotamos um “banco de dados”, capaz de armazenar e gerenciar informações, disponibilizando interfaces de acesso e manipulação aos dados em uma arquitetura de rede.

O seguinte diagrama em blocos representa as estruturas computacionais envolvidas nesta plataforma.

Figura 1- Sistema



Fonte: Autores (2017)

A implementação dos programas computacionais que permitem o funcionamento deste sistema, bem como o desenvolvimento da interface de sinais elétricos atuadores na planta de controle e sua interface gráfica (homem máquina), são escopo deste trabalho e compõem a plataforma. Os algoritmos de controle empregados em malha fechada são PID, PI e FUZZY, definidos em pesquisa documental realizada

nas literaturas básicas da área de Controle e Automação de Processos, como Ogata (1998) que explicita que “a utilidade dos controles PID reside na sua aplicabilidade geral à maioria dos sistemas de controle” (p. 544).

Posto isso, como objetivo da pesquisa, desenvolvemos uma plataforma que demonstra um sistema de controle implementado com o emprego de tecnologias de programas computacionais baseadas em uma arquitetura computacional em rede. Através de um sistema prático com aplicação de algoritmos de controle e supervisão, proporcionar o acesso remoto de supervisão e interação oferecendo uma alternativa tecnológica para sistemas de controle no contexto de internet das coisas (IoT).

Para sua consecução, a metodologia utilizada a fim de demonstrarmos o uso da plataforma em uma aplicação real, foi a de adotar como planta de controle um motor em miniatura de intensidade de corrente elétrica contínua. Com esta planta experimental, podemos explorar a execução do sistema em malha aberta exercitando a operação e obtendo dados através da medição do sinal elétrico que permite determinar a velocidade do motor, também com este sinal é possível exercitar o sistema em malha fechada realizando a realimentação no sistema com este mesmo sinal obtido.

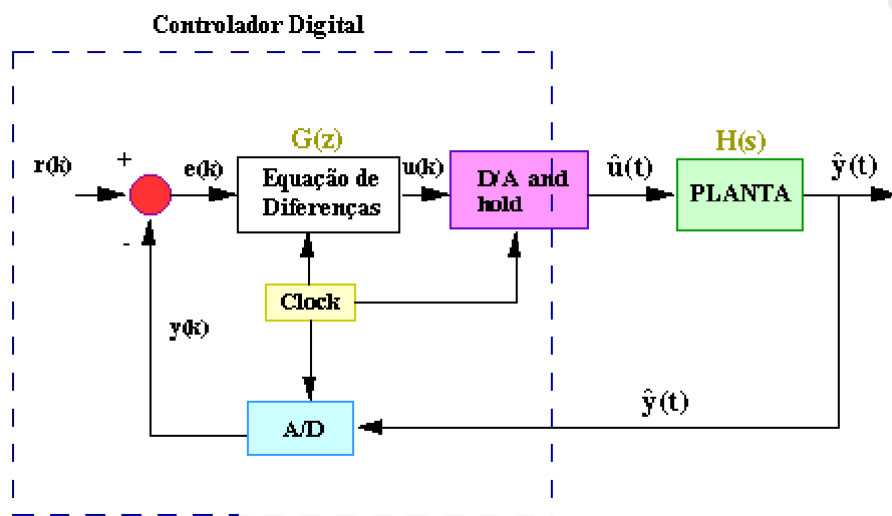
Em malha aberta, temos apenas uma conversão a que o sinal de entrada é submetido e transformado no sinal de saída, aplicado à planta do sistema. Já em malha fechada, temos a aplicação de algoritmos de controle, podendo ser explorada uma grande diversidade de controladores estudados, em que podemos considerar o mais popular – controlador PID (Proporcional Integral Derivativo).

Assim, a metodologia de desenvolvimento deste trabalho está baseada em análise de artigos e trabalhos relacionados com o contexto e/ou similaridade parcial; com base nos dados obtidos através dos trabalhos teóricos referenciados, estabelecemos uma teoria de funcionamento para o sistema. Os elementos descritos neste artigo foram obtidos na etapa de busca por tecnologias aplicáveis à pesquisa e que contribuem para solucionar o problema proposto de obter uma ferramenta que permita remotamente configurar e supervisionar uma planta de controle considerando a demanda tecnológica de IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas).

A pesquisa: percursos e resultados

Com a planta de controle experimental, foi possível explorar a execução do sistema em malha aberta exercitando a operação e obtendo dados através da medição dos sinais elétricos que permitem determinar a velocidade e sentido de rotação do motor, também com estes sinais foi possível exercitar o sistema em malha fechada realizando a realimentação no sistema com o sinal de velocidade obtido. Os algoritmos sugeridos são: Malha Aberta, PI, PID e FUZZY.

Figura 2- Modelo Simplificado Controlador Digital



Fonte: Autores (2016)

Para malha aberta, temos apenas uma conversão em que o sinal de entrada é submetido a uma multiplicação por um fator proporcional e transformado no sinal de saída aplicado na planta do sistema.

$$f(t) = K \text{ entrada}(t)$$

Equação 1 – Malha Aberta

Em malha fechada, temos a aplicação de algoritmos de controle que utilizam realimentação, processando a leitura do sinal obtido no processo e assim corrigindo o sinal aplicado. Para o PI (Proporcional Integral). consideramos a função de transferência:

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Equação 2 – PI função de transferência

Aplicando a transformada bi-linear e aplicando a transformada inversa, teremos a equação de diferenças:

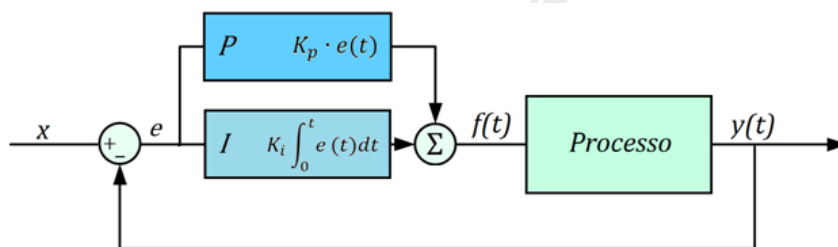
$$u(k) = u(k - 1) + K_p \left(1 + \frac{T}{2K_i} \right) e(k) + K_p \left(-1 + \frac{T}{2K_i} \right) e(k - 1)$$

Equação 3 – PI equação de diferenças

onde T representa o intervalo de tempo entre amostras (ciclo de controle), K_p e K_i são respectivamente os termos Proporcional e Integral. Esta equação está implementada no programa computacional aplicativo, sendo processada quando o algoritmo PI for selecionado.

Podemos representar o PI com o seguinte diagrama de blocos:

Figura 3- PI



Fonte: Autores (2017)

Para o PID, temos a função de transferência:

$$\frac{U(z)}{E(z)} = \frac{K_p(T + 2T_i + Tz^{-1} - 2T_i z^{-1})}{2T_i(z^{-1} - 1)}$$

Equação 4 – PID Função de Transferência no domínio Z

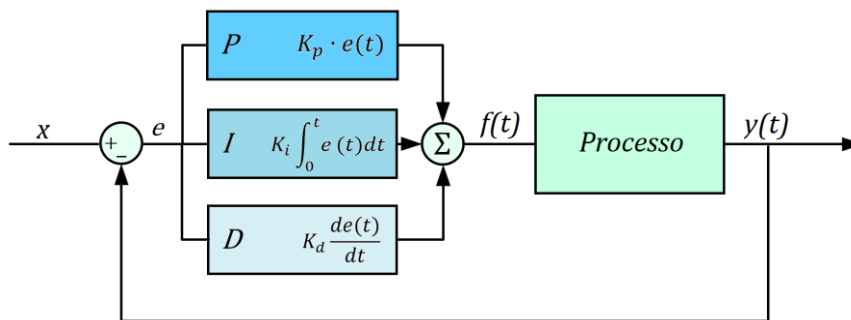
A seguinte equação de diferenças representa o PID:

$$u(k) = u(k - 1) + K_1 e(k) + K_2 e(k - 1) + K_3 e(k - 2)$$

Equação 5 – PI equação de diferenças

Temos que $K_1 = K_p + K_i + K_d$, e $K_2 = -K_p - 2 K_d$, por fim $K_3 = K_d$ (K_p , K_i e K_d são respectivamente os termos Proporcional, Integral e Derivativo). Podemos representar o controlador PID com o seguinte diagrama de blocos:

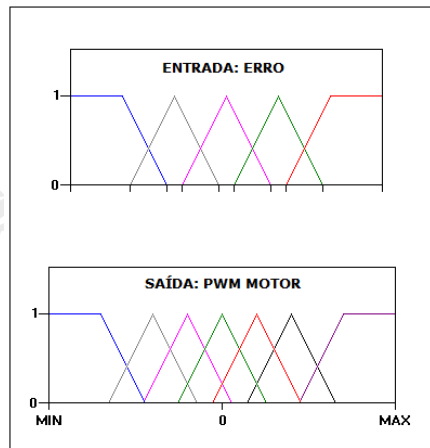
Figura 3- PID



Fonte: Autores (2017)

Podemos considerar FUZZY como o controlador mais moderno. A figura representa graficamente o modelo aplicado:

Figura 5- FUZZY



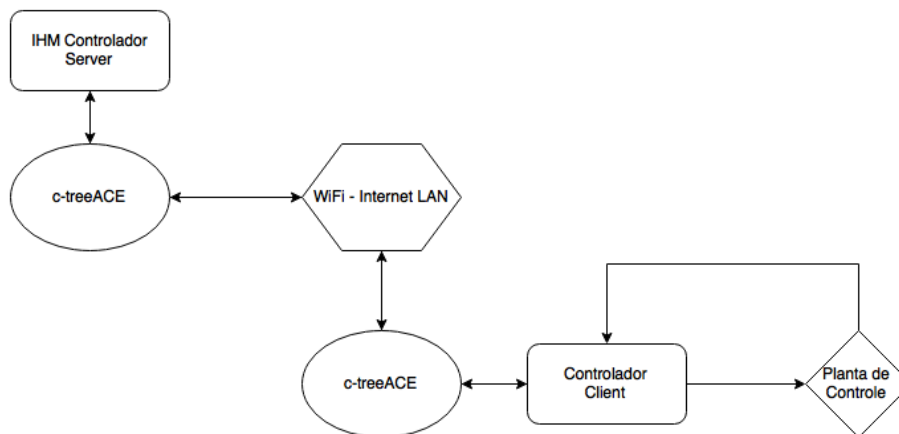
Fonte: Autores (2017)

O programa computacional aplicativo que está embarcado junto à planta de controle será responsável por processar este algoritmo, as configurações dos parâmetros são obtidas através do programa de rede que utiliza a tecnologia do banco de dados para realizar o gerenciamento e disponibilidade dos dados configurados para o programa computacional aplicativo.

Os materiais que compõem o sistema são microcomputador, dispositivo eletrônico computacional dotado de interface para sinais elétricos de entrada e saída de dados, roteador capaz de realizar a comunicação de dados em rede, sensor de rotação, motor de escala miniatura com acionamento elétrico. Adicionalmente, os seguintes programas computacionais compõem o sistema funcional: sistema operacional Windows, sistema operacional Raspbian, programa computacional de controle IoTControl (produto deste trabalho) e banco de dados (c-tree).

A arquitetura do sistema consiste em dois subsistemas de processamento, 'IHM Controlador Server' e 'Controlador Client', com suporte de comunicação de dados em rede local sem fios com o servidor de dados representado com a nomenclatura do subsistema computacional escolhido 'c-treeACE', conforme:

Figura 6- Arquitetura básica do Sistema

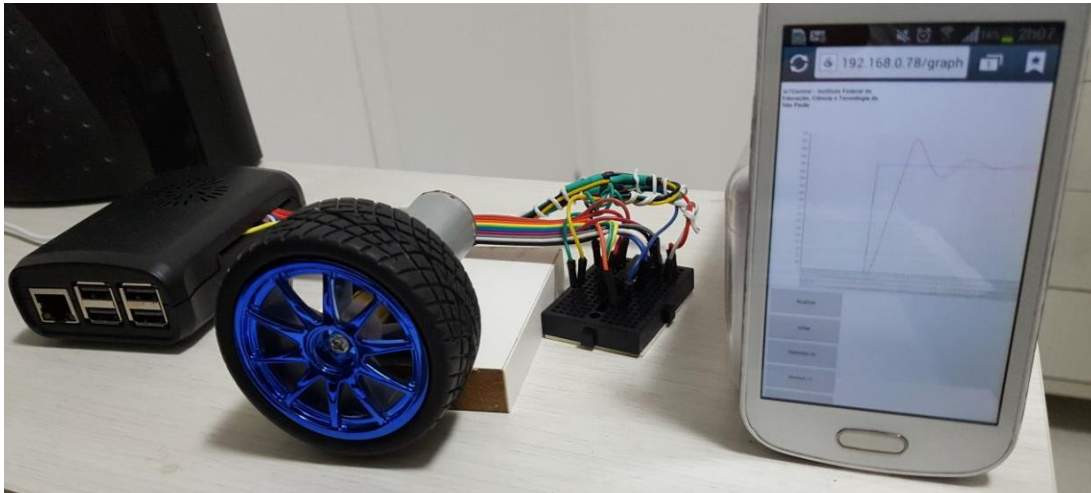


Fonte: Autores (2016)

Adotado para este desenvolvimento, o produto *c-tree* da empresa FairCom, por facilitar o desenvolvimento do programa computacional, objeto deste trabalho, provendo interfaces de fácil utilização e suporte multi plataforma.

O resultado deste desenvolvimento foi a plataforma de controle com operação em rede. O sistema prático implementado está apresentado na figura:

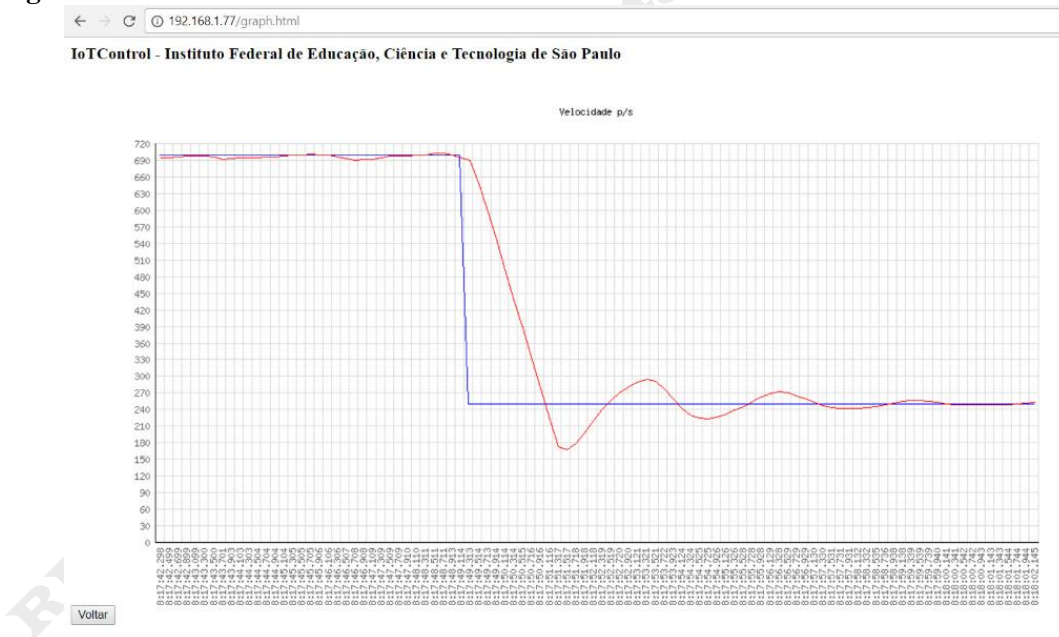
Figura 4- Plataforma



Fonte: Autores (2017)

Então com a ferramenta gráfica disponível é possível obter informações do comportamento do sistema.

Figura 8- Tela Gráfico



Fonte: Autores (2017)

No gráfico acima, podemos notar o comportamento do sistema com a ocorrência de sobressinal. Quando o sistema foi colocado em Malha Fechada (K_p , K_i e K_d obtidos através do método de Ziegler-Nichols).

Considerações finais

Os resultados obtidos demonstram que a plataforma desenvolvida permite ao usuário operar e estudar algoritmos de controle, possibilitando configurações e a visualização do comportamento do sistema em tempo de execução através de métodos gráficos, facilitando a interpretação de resultados.

Como sugestão de trabalhos futuros, o projeto poderá contar com adição de algoritmos de controle, melhoria de interface gráfica com telas ilustrativas e o incremento do número de elementos a ser controlado. O banco de dados c-treeACE pode ser explorado em sua interface ISAM permitindo uma execução com desempenho superior. Expandir a planta para uma aplicação real, como por exemplo ao invés de um simples motor elétrico de corrente contínua realizar o controle de um motor metro ferroviário e expandir a capacidade do sistema em uma plataforma computacional que permita controlar diversos motores. Nesta arquitetura, seria possível controlar uma malha de trens metro ferroviários aplicando algoritmos para controlar a velocidade de diversos motores.

Podemos concluir que uma ferramenta que permita remotamente configurar e supervisionar uma planta de controle considerando a demanda tecnológica de IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas) vem a ser útil e relevante em aplicações de controle, possibilitando aos usuários e desenvolvedores o trabalho em uma rede computacional que permite um grande armazenamento de dados históricos, acesso remoto, controle de usuários conectados, monitoramento em tempo de execução, supervisão sistemática de operação. Essas vantagens enobrecem uma aplicação de controle podendo transformar um simples experimento em um dispositivo conectado, possibilitando que diversos usuários possam se conectar e utilizar o experimento remotamente.

Referências

- KOPETZ, H. *Internet of things*. In Real-time systems. Springer US, 2011. p. 307-323.
- KOPETZ, H. *Emergence in the Internet of Things*. TU Wien, 2016.

OGATA, K. *Engenharia de Controle Moderno*. 3ª. ed. São Paulo: Prentice Hall do Brasil, 1998.

ZIEGLER, J. G.; NICHOLS, N. B. *Optimum settings for automatic controllers*. Transactions of the ASME, p. 759–768, 1942.

TOOL FOR CONFIGURATION OF BOARDED CONTROL SYSTEMS (IoTControl)

ABSTRACT

The article presents the development of a framework to configure boarded control systems. As methodological procedure, it adopts the research of literature and apply the concept in a practical experiment. The analysis supports that the union of technologies from Computer Engineering and Electrical Engineering make possible the implementation of embedded control systems based on data network (internet). It concludes, through a practical experiment, that the tool allows the use of connected devices for data acquisition of the system, thus allowing the application of tuning techniques on the control parameters.

Key words: *Control, Graphical tool, embedded controller, Internet of Things (IoT).*

Envio: setembro/2017

Aceito para publicação: setembro/2017