



90  
AÑOS

PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

Federación  
Iberoamericana  
de Ingeniería  
Mecánica



## 8º CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECANICA

Cusco, 23 a 25 de Outubro de 2007

### MODELAGEM DE REDES DE CONTROLE LONWORKS EM EDIFÍCIOS INTELIGENTES

**Igei P.J., Garcia J.I., Miyagi P.E., Cugnasca C.E.**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

CEP 05508-030 – São Paulo – SP – Brasil

E-mails: *percy.kaneshiro@poli.usp.br*, *joisigar@poli.usp.br*, *pemiyagi@usp.br*,

*carlos.cugnasca@poli.usp.br*

#### RESUMO

Os avanços tecnológicos em sistemas prediais têm sido significativos nas últimas décadas devido principalmente à introdução de abordagens distribuídas dos sistemas de controle. No contexto onde a interação entre os sistemas prediais ocorre através de mensagens com informações mais complexas que uma simples troca de sinais de lógica binária, novas técnicas de projeto das estratégias de controle devem ser consideradas. Assim, propõe-se neste trabalho uma abordagem para a modelagem e análise de sistemas distribuídos e abertos para automação predial, baseada na tecnologia LonWorks. A abordagem considerada para este propósito se baseia na caracterização da rede de controle LonWorks como um sistema de eventos discretos e na aplicação de técnicas derivadas da rede de Petri para sua modelagem e análise. O controle é modelado em diferentes níveis de abstração: o modelo conceitual obtido pelo uso da técnica Production Flow Schema e o refinamento deste para modelos funcionais através do uso do Mark Flow Graph e suas extensões, onde são preservadas as estruturas das “atividades” descritas no nível superior de modelagem. Com esta abordagem, são desenvolvidos os modelos que conformam a rede de controle do edifício inteligente, onde é considerada sua relação com outros sistemas prediais. Este procedimento possibilita um desenvolvimento estruturado dos modelos, facilitando o processo de especificação do algoritmo da rede de controle. Um exemplo de aplicação é apresentado para ilustrar as principais características deste procedimento.

**PALAVRAS CHAVES:** sistemas distribuídos, redes de controle LonWorks, simulação discreta, rede de Petri.

## INTRODUÇÃO

Os avanços em automação de sistemas prediais têm sido significativos nas últimas três décadas devido principalmente à introdução de novos sistemas de controle. A integração, segundo diversos autores [1], [2] e [3], é uma necessidade para a operação efetiva de um edifício inteligente, pois é da interação entre as partes, que funcionalidades associadas à segurança, conforto dos ocupantes, confiabilidade e robustez do controle dos sistemas podem ser de fato implementadas reduzindo globalmente os custos de operação. Assim, é evidente que o projeto de edifícios inteligentes e especificamente o de seus sistemas prediais envolvam técnicas de modelagem e análise, que visem a sua efetiva integração. Dentro desta perspectiva e, considerando que a integração entre os diversos sistemas de um edifício inteligente é fundamental para o suporte das atividades dos usuários, deve-se estudar também meios e procedimentos para a sua implementação [4].

LonWorks é uma tecnologia que possibilita a criação de sistemas abertos e distribuídos para soluções em automação industrial, predial, residencial, sistemas de transporte e redes de controle gerais [5]. LonWorks é uma implementação do conceito de redes de controle, ou *fieldbus*, com processamento distribuído. Embora não exista um padrão único e bem definido de fieldbus, esta tecnologia vem sendo considerada bastante promissora, podendo vir a tornar-se um padrão de grande adoção no mercado mundial [6]. Inúmeras instalações baseadas em LonWorks ao redor do mundo, como os apresentados em Alves Filho, Cugnasca e Dias [7], Mahalik e Lee [8] e Tse, Chan e Lai [9] validam a utilização desta tecnologia em aplicações de instalações prediais.

Assim, e com base nos pontos levantados sobre a integração de sistemas prediais em edifícios inteligentes, o trabalho procura explorar os conceitos das redes de controle distribuídas para este fim. Para isto propõe-se uma abordagem que permita modelá-las e analisá-las de acordo com os requisitos de integração que se requer destes sistemas prediais visando contribuir na sua especificação.

Alguns trabalhos na área de modelagem de redes de controle compreendem a criação de modelos para propósitos de avaliação de desempenho através da simulação [10, 11]. Neugebauer et al. [12] desenvolveram uma abordagem para modelar e analisar as redes de controle LonWorks através da teoria de filas. Em Miskowics [13], é apresentado um método de avaliação do desempenho da rede de controle LonWorks.

Este trabalho apresenta uma nova abordagem para a modelagem de redes de controle. Baseia-se, numa primeira etapa, na caracterização dos processos dos sistemas prediais e a seguir na aplicação de técnicas derivadas da rede de Petri, tais como *Production Flow Schema* (PFS) [14], e *Mark Flow Graph* (MFG) [15] para a construção de modelos para análise e desenvolvimento das redes de controle. O modelo gerado é validado de acordo com os requisitos do sistema e é verificado explorando as propriedades da rede de Petri.

O texto está organizado da seguinte maneira: na secção 2 são apresentadas as principais funções e características dos edifícios inteligentes (EIs) e a tecnologia LonWorks. Na secção 3 são apresentadas as técnicas derivadas da rede de Petri e na secção 4 apresenta-se o procedimento para a modelagem e análise das redes de controle. Na secção 5 apresenta-se um exemplo de aplicação do o procedimento proposto. Finalmente, na última secção são apresentadas as conclusões obtidas neste trabalho.

## EDIFÍCIOS INTELIGENTES E A TECNOLOGIA LONWORS

### Edifícios Inteligentes

Em um edifício convencional, o sistema de energia elétrica, de ar condicionado, de iluminação, de prevenção contra incêndio etc., operam independentemente e, conseqüentemente, o gerenciamento do edifício desconsidera qualquer situação que se refere à satisfação de demandas conflitantes. Entretanto, com a adoção de uma concepção integrada e abrangente que inter-relaciona os diversos sistemas prediais, o edifício deve responder a estas demandas em tempo real e com o melhor custo efetivo [3]. Pode-se então definir um edifício inteligente (EI) como a integração de uma ampla gama de serviços e sistemas, cuja finalidade é criar um ambiente que conduz a uma maior criatividade, produtividade e segurança que nos edifícios convencionais [1, 3, 14].

A integração dos sistemas prediais pode utilizar tecnologias centralizadas ou distribuídas [16]. Os sistemas centralizados, como o nome sugere, são aqueles que dispõem de uma unidade central de controle onde todos os dispositivos são conectados, tanto para recebimento dos sinais dos sensores e dispositivos de comando, quanto para, após o processamento das informações, enviarem sinais para os dispositivos de monitoração e atuação.

Segundo Liu e Makar [16], os sistemas com tecnologias distribuídas ou descentralizadas, são compostos por diversos dispositivos com processamento inteligente próprio. Cada dispositivo possui uma função específica dentro das inúmeras necessidades do sistema predial, sendo distribuídos por toda a extensão do edifício, interligados por uma rede de comunicação, trocando informações entre si e com sensores e atuadores que podem se encontrar próximos ou integrados ao objeto de controle e/ou painel de monitoração e comando. Os dispositivos estão conectados a um barramento de dados por onde é feita a comunicação digital através de um protocolo, enquanto que a inteligência envolvida na realização do controle, ou seja, o processamento das informações é distribuído em vários locais do sistema através da utilização de microcontroladores que executam as estratégias de controle. Os circuitos de condicionamento e o tratamento dos sinais coletados são feitos em cada elemento da rede de comunicação chamados de nós [17].

### **Tecnologia LonWorks**

LonWorks é uma tecnologia que inclui a infra-estrutura de *hardware* e *software* para a operação de uma rede de controle denominada *Local Operating Network* (LON). Trata-se de uma tecnologia aberta de controle distribuído, projetado para implementar a interoperabilidade de redes de controle. O protocolo utilizado é denominado LonTalk (padrão ANSI – American National Standards Institute – 709.1) que implementa as sete camadas do modelo de referencia da ISO (International Organization for Standardization) e foi projetado para aplicações que envolvem funções de sensoriamento, controle, monitoração e identificação.

Permite seis meios físicos de transmissão de sinais: cabos elétricos, par trançado, cabo coaxial, infravermelho, rádiofrequência e fibra ótica. A parte principal de uma rede de controle LonWorks é um circuito integrado de nome Neuron Chip, o qual atua como um nó da rede, incluindo o hardware de comunicação e o protocolo LonTalk. O controle da rede é distribuído nos dispositivos (nós). Cada nó tem seu próprio programa aplicativo, de acordo com a sua função e se comunica com os outros nós através do protocolo LonTalk. A associação LonMark estabelece padrões e certifica dispositivos de controle interoperáveis [18].

Os subsistemas básicos que compõem uma rede de controle LonWorks são:

- Controladores Neuron Chip e firmware associado (inclui o suporte para o protocolo LonTalk);
- Transceivers que permitem a conexão aos distintos meios físicos de transmissão,
- Módulos de controle LonWorks que incluem o Neuron Chip, transceivers e memória externa;
- Roteadores que servem de encaminhadores entre as diferentes sub-redes e/ou meios de transmissão;
- Interfaces de rede pelas quais podem se interconectar outros elementos baseados no protocolo LonTalk, tais como PCs, Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) etc;
- Ferramentas de instalação, configuração e diagnóstico tanto dos nós como das redes de controle;
- Ferramentas de desenvolvimento de aplicações, compilador Neuron C, depurador etc.

Basicamente, os nós podem se dividir em dois grandes grupos funcionais:

- Nós de controle com memória e capacidade de processamento
- Nós transdutores/atuadores.

Este último grupo de nós atua unicamente lendo as variáveis dos transdutores enviado-as através das variáveis de rede aos nós que necessitem de tais informações. Similarmente, um nó atuador pode simplesmente ativar uma saída em resposta a uma ordem enviada pelo nó de controle. Esta distribuição é necessária devido ao número limitado de entradas/saídas físicas de cada nó e em muitos casos, não é possível integrar num único nó as funções de sensoriamento, atuação e controle.

A Fig. 1 mostra um exemplo de uma rede de controle LonWorks típica, onde se podem notar os seus principais componentes: nós, canais de comunicação, roteadores e gateways. Diversas topologias de redes baseadas no protocolo LonTalk são permitidas, bem como a sua interligação com outros tipos de redes.

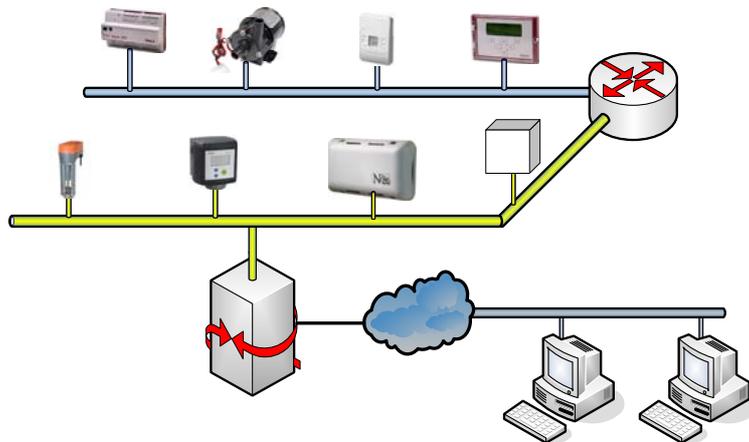


Fig. 1: Exemplo de uma rede de controle LonWorks típica

## REDE DE PETRI E SUAS EXTENÇÕES

Nesta secção são tratados os conceitos básicos da rede de Petri necessários à modelagem e análise das redes de controle LonWorks. A rede de Petri é uma ferramenta matemática e gráfica para modelar, analisar e projetar sistemas, em especial aqueles caracterizados por estados discretos que são alterados abruptamente por eventos assumidos como instantâneos, isto é, sistemas a eventos discretos (SEDs). Entre as principais características desta ferramenta têm-se as facilidades de interpretação gráfica, identificação de estados e ações numa maneira clara e a possibilidade de representar a estrutura e a dinâmica de sistemas em diferentes níveis de detalhe [19]. A rede de Petri modela fenômenos como sincronismo, assincronismo, concorrência, causalidade, conflito e compartilhamento de recursos.

Neste trabalho considera-se o PFS/MFG para modelar a rede de controle LonWorks. Esta técnica consiste na modelagem de sistemas seguindo um procedimento sistemático e racional baseado na interpretação hierárquica da estrutura e funções do sistema. Inicialmente o modelo conceitual do sistema (representando um alto nível de abstração do sistema sem o detalhamento de sua dinâmica) é desenvolvido através de PFS. Nesta etapa o propósito é modelar as principais características das funções que serão consideradas no sistema, isto é, a ênfase está na identificação dos componentes ativos e passivos do sistema, assim como do fluxo de itens (pessoas, material e/ou informação) entre estes elementos. Para a modelagem do comportamento dinâmico do sistema, o modelo em PFS é convertido progressivamente em um modelo em MFG isto é, uma classe de rede de Petri interpretada que detalha o funcionamento dinâmico das partes do sistema [14]. A definição detalhada do MFG e suas extensões podem ser encontradas em Miyagi,[14].

## PROCEDIMENTO DE MODELAGEM PROPOSTO

O procedimento proposto para a modelagem das redes de controle LonWorks é composto por seis etapas ilustradas na Fig. 2 e detalhadas em seguida.

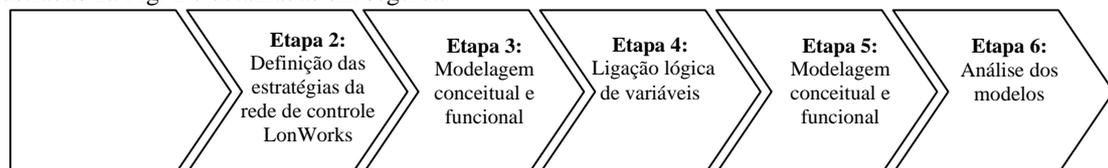


Fig. 2: Metodologia proposta para a modelagem da rede de controle LonWorks

### **Etapa 1: Coleta de informações sobre o objetivo do edifício e os sistemas prediais envolvidos.**

Esta é a etapa inicial da modelagem das redes de controle LonWorks onde se procura identificar as características funcionais do edifício através do levantamento de suas informações. Estas informações

permitem caracterizar os elementos que conformam a rede de controle do sistema predial no nível qualitativo e quantitativo, tanto para um edifício já construído como um em fase de projeto.

#### **Etapa 2: Definição das estratégias a serem modeladas.**

Nesta etapa, as informações levantadas na Etapa 1 são utilizadas para estabelecer os requisitos da rede de controle, levando em consideração a interação entre os sistemas prediais. Estes requisitos são materializados na forma de uma definição das estratégias que devem ser implementadas.

#### **Etapa 3: Modelagem estrutural da rede de controle**

Com base na especificação das estratégias do sistema predial, é desenvolvido nesta etapa o modelo estrutural da rede de controle. Aqui são especificados todos os componentes (nós) que conformam a rede de controle assim como a topologia de rede baseadas no protocolo LonTalk.

#### **Etapa 4: Ligação lógica de variáveis da rede de controle**

Nesta etapa é realizado o processo de ligação entre as variáveis que formam a rede de controle para possibilitar a comunicação entre os nós. Este processo é executado através de ferramentas de gerenciamento da rede onde as variáveis de saída de um dispositivo são ligadas às variáveis de entrada de outros dispositivos segundo sua necessidade. Desta forma, estabelece-se uma ligação lógica (*binding*) entre os diferentes dispositivos da rede de controle.

#### **Etapa 5: Modelagem conceitual e funcional da rede de controle**

Inicialmente, desenvolve-se a modelagem conceitual de cada estratégia para gradualmente realizar-se um refinamento destes processos e obter seu modelo funcional. Assim, o modelo conceitual é particularmente importante para tratar as interpretações das informações obtidas (as quais podem ser subjetivas). Auxilia na organização das idéias e permite a descrição e compreensão dos diferentes processos ao descrever as inter-relações e funções de seus componentes. Posteriormente, cada atividade do modelo conceitual construído em PFS é transformada em modelos funcionais através da técnica MFG.

#### **Etapa 6: Análise dos modelos**

Uma vez obtidos os modelos funcionais, nesta etapa realiza-se a análise do comportamento dos mesmos com a finalidade de validar e verificar se estes atendem adequadamente os requisitos e funcionalidades da rede de controle. A verificação pode ser conduzida por técnicas de simulação e ou análise formal do MFG baseadas nas propriedades da rede de Petri [19].

### **EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

O exemplo de aplicação apresentado considera o controle de um sistema de bombas contra incêndios para o caso de um prédio hospitalar, considerando sua integração com outros sistemas prediais. O prédio dos ambulatórios (PAMB) faz parte do Complexo Hospitalar das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP). Este prédio não é de fato um edifício inteligente, mas, é considerado aqui como um objeto de estudo relevante pela importância da manutenção das condições de segurança contra incêndio em um hospital. Entretanto, devido à limitação do espaço disponível apresenta-se aqui apenas uma amostra dos resultados obtidos das etapas desenvolvidas.

#### **Etapa 1: Coleta de informações sobre o objetivo do edifício e os sistemas prediais envolvidos**

Esta etapa foi desenvolvida através de visitas ao prédio do PAMB e por meio de revisão da documentação disponibilizada. O sistema de bombas contra incêndio se encontra adjacente a uma cisterna, localizada no subsolo. O sistema consiste em uma motobomba contra incêndios tipo centrífuga horizontal, com capacidade e pressão nominal de 1.892 lpm @ 11,70bar (500 gpm @ 170 psi) e uma eletrobomba *jockey* para 19 lpm @ 11,70 bar (5 gpm @ 170 psi). O sistema é automático e mantém pressurizados os montantes e gabinetes, o que significa que estes sistemas podem atuar de imediato quando existe um requerimento de água, como por exemplo, a abertura de um *sprinkler* ou uma mangueira contra incêndio.

#### **Etapa 2: Estratégia do sistema de bombas contra incêndio**

Através da bomba *jockey*, o sistema mantém a pressão projetada na rede de água contra incêndio, compensando pequenos decrementos de pressão e evitando acionamentos desnecessários da motobomba

principal. A bomba *jockey* é acionada automaticamente quando a pressão na linha desce à 11,03 bar (160 psi), pressuriza a linha e é desligada quando a pressão na linha alcança 11,70 bar (170 psi). No caso de uma emergência, a demanda de água solicitada por qualquer dispositivo contra incêndio deve resultar numa queda de pressão na linha que indicará ao controlador da bomba principal a necessidade do seu acionamento quando a pressão do sistema cair para 10,70 bar (155 psi).

### Etapa 3: Modelagem estrutural do sistema de bombas contra incêndio

A Fig. 3 mostra a estrutura física proposta do sistema de bombas contra incêndio. O sistema distribuído envolve por um módulo de controle, botoneiras, um pressostato, uma bomba contra incêndio e uma bomba jockey. O gerenciamento do sistema centralizado monitora a pressão da linha de sprinklers e ativa o sistema de bombas contra incêndio. A rede de controle é dividida em dois segmentos físicos unidos por um roteador. Cada segmento de rede utiliza um meio físico diferente (fibra ótica ou par trançado). O segmento da rede com o módulo de controle e os outros sistemas prediais utiliza fibra ótica e os dispositivos de detecção e atuação utilizam o cabo de par trançado.

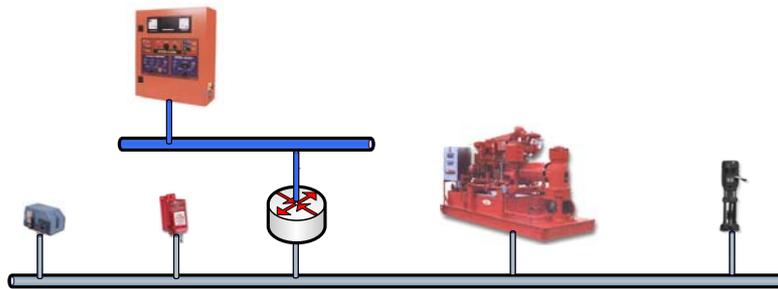


Fig. 3: Estrutura física do sistema de bombas contra incêndio

### Etapa 4: Ligação lógica das variáveis da rede de controle

Para que possa haver a troca de informações entre os dispositivos através de rede, foi executada a ligação lógica dos nós. Neste processo, liga-se a variável de rede de saída de um nó às variáveis de rede de entrada dos nós que a utilizam, conforme descrito no procedimento proposto. A Fig. 4 mostra os dispositivos da rede implementada com as ligações entre as variáveis de rede. Por exemplo, no presente caso, o *binding* b1 liga a variável de saída do pressostato com a variável de entrada do módulo de controle.

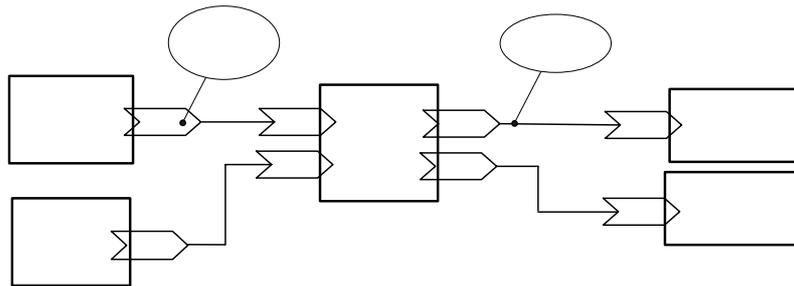


Fig. 4: Dispositivos da rede de controle com as ligações entre as suas variáveis de rede

### Etapa 5. Modelagem conceitual e funcional da rede de controle

O modelo conceitual da estratégia de funcionamento do sistema de bombas é apresentado na Fig. 5 onde são identificadas as principais atividades que compõem esta estratégia.

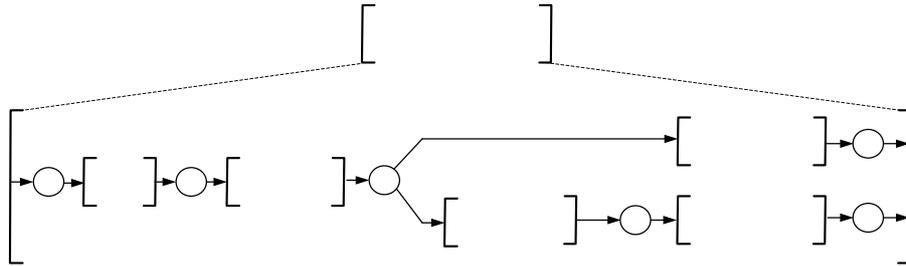


Fig. 5: Modelo em PFS do funcionamento do sistema de bombas contra incêndio.

O fluxo de atividades e suas relações que conformam esta estratégia são representados através da técnica PFS. A estratégia inicia com a atividade “stand by”. Quando a pressão da rede de água desce a 160 psi, é realizada a atividade “ligar bomba jockey”. Depois de realizada esta atividade, o sistema pode tomar dois caminhos, “desligar bomba jockey”, caso a pressão da linha seja restabelecida ou “ligar bomba principal”, caso a pressão da linha desça a 155 psi. Depois de ligar a bomba principal, quando a pressão da linha alcançar os 170 psi, é realizada a atividade “desligar bomba principal e jockey”.

A Fig. 6 descreve, por exemplo, o modelo funcional da atividade “stand by” desenvolvido em MFG. Um sinal (ligar sistema automático de pressurização) proveniente do módulo dos dispositivos de comando dá início à estratégia de funcionamento, que dispara a transição t1 e coloca uma marca no box “stand by”.

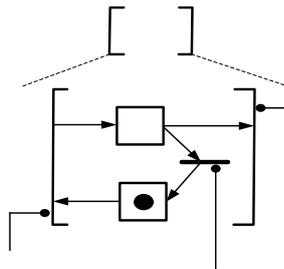


Fig. 6: Modelo funcional em MFG da atividade “stand by”

#### Etapa 6: Análise dos modelos

Depois de construir o modelo da rede de controle, é validado e verificado. No presente caso, o software *Visual Object Net ++* foi usado para analisar por simulação os modelos resultantes [20]. Os resultados obtidos a partir da simulação demonstram que o modelo da rede de controle apresentou um comportamento esperado diante da ocorrência de condições predeterminadas.

Stand  
by

#### CONCLUSÕES

Este artigo descreve uma proposta que têm como objetivo estabelecer um procedimento para a modelagem das redes de controle distribuídas em ambientes prediais. Este procedimento permite o desenvolvimento estruturado dos modelos, facilitando o processo de modelagem e o aprimoramento da especificação da rede de controle. O exemplo de aplicação confirma que o procedimento proposto é uma forma sistemática para a abordagem das redes de controle e para a construção de seus modelos, os quais podem ser usados para a verificação e validação do sistema e sua implementação.

De fato, as redes de controle LonWorks são mais complexas e geralmente consistem em múltiplos segmentos conectados via roteadores. Assim, a modelagem de um segmento da rede de controle é uma pequena parte do modelo global. Por tanto, o procedimento proposto explora uma abordagem hierárquica em diferentes módulos. Posteriormente, o modelo desenvolvido será testado em implementações práticas para uma posterior avaliação e aprimoramento do procedimento proposto.

## BIBLIOGRAFIA

1. Wang, S.W.; et al., Intelligent building research: a review. *Automation in Construction*, v.14, n.1, pp.143-159, 2005.
2. Arkin, H.; Paciuk, M. Service Systems Integration in Intelligent Buildings; In: INTELLIGENT BUILDINGS CONGRESS., Tel-Aviv. Proceedings... Tel-Aviv, 1995. pp. 19-30,1995.
3. Flax B., Intelligent building. *IEEE Communications Magazine*, v.29, n.4, pp.24-27, 1991.
4. Clark et al., Intelligent integrated building management systems. In: Intelligent Building Congress, 1995, Tel-Aviv. Proceedings... Tel-Aviv, Israel., pp.9-18, 1995.
5. ECHELON, CORPORATION. The LonWorks network plataforma – a technology overview. Disponível em: <http://echelon.com/developers/LonWorks/default.htm>. Acesso em: 15 de nov. 2006.
6. Kim, B.H.; Cho, K.H.; Park, K.S. Towards LonWorks Technology and its applications to automation. *Science and Technology*, 2000. KORUS. Proceedings... The 4th Korea-Russia International Symposium, Junho/Julho/2000. v.2 pp.197-202, 2000.
7. Alves Filho, M.S.; Cugnasca, C.E.; Dias, E.M. LonWorks: Inovação Tecnológica para automação residencial, predial e industrial. In: CONAI-CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL DE AUTOMAÇÃO, 11., :São Paulo. Programação temática do congresso. São Paulo: CONAI, 2004. Disponível em: <[http://www.conai.com.br/palestras2004/13\\_05\\_04\\_15h30\\_Miguel.zip](http://www.conai.com.br/palestras2004/13_05_04_15h30_Miguel.zip)> Acesso em 20 Fevereiro de 2006.
8. Mahalik, N.G.; Lee, S.K. A study on production line automation with LonWorks control networks. *Computer Standards & Interfaces*, n.24, pp.21-27, 2002.
9. Tse, W.L.; Chan, W.L.; Lai, S.S. Emergency lighting monitoring system using LonWorks. *Automation in Construction*, n.12, pp.617-629, 2003.
10. Schwartz, P., Donath, U.. Simulation-based performance analysis of Distributed Systems. In *International Workshop Parallel and Distributed Real-time systems*, pp. 244-249, Geneva, Switzerland, 1997.
11. Ruping, S., Hundstock, R., Simulation of LonWorks Systems. In *Proc. Of the Lonusers International Fall 97 Conference*, 1997.
12. Neugebauer, M., et al. Prediction of Network Load in Building Automation. In 5<sup>th</sup> IFAC International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS 2004), Viena, 2004.
13. Miskowics, M., "Analysis of the LonTalk/EIA-709.1 channel performance under soft real-time". *Proceedings of the IEEE ICIT 2003 International Conference on Industrial Technology*, Maribor, Slovenia. pp. 705–708, 2003.
14. Miyagi, P.E.; et al., "Petri net approach for modelling system integration in intelligent buildings". *Journal of The Brazilian Society of Mechanical Sciences*, ABCM, Rio de Janeiro, RJ, vol. 23, n.4, pp.341-350, 2002.
15. Hasegawa, K.; et al., "Simulation of discrete production systems based on Mark Flow Graph", *Systems Science*, Poland, vol. 13, n.1-2, pp.22, 1987.
16. Liu, Z.G.; Makar, J. M.; Development of fire detection systems in the intelligent buildings. In: 12<sup>th</sup> International Conference on automatic fire detection, 2001, Maryland. Proceedings... Maryland: National Institute for Standards and Technology Research in Construction, 2001.
17. Pereira, G.A. Sistema experimental de monitoramento e controle para casas de vegetação baseado em redes de controle distribuído LonWorks. 2006. 125f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2006.
18. Saramago, M.A.P. Integração de dispositivos inteligentes utilizando conceitos de domótica direcionados a automação hospitalar. 2002, 224f. Campinas, Tese (Doutorado) – Universidade de Campinas. São Paulo, 2002.
19. Murata, T. Petri Nets - Properties, Analysis and Applications. In: *IEEE, Proceedings...* v.77, n.4, 1989.
20. Drath, R. Petri-Net-CADKAE-Tool: Visual Object Net ++. Version 2.6. 1999. Disponível em: <[http://www.r-drath.de/VON/von\\_e.htm](http://www.r-drath.de/VON/von_e.htm)> Acesso em: 20 de Abr.2006.