

Sistema de Aprendizado em Redes de Distribuição de Água

André A. Meurer; Rodrigo Ardigó
Departamento de Informática e Estatística
Universidade Federal de Santa Catarina
e-mail: meurer@inf.ufsc.br; ardigó@inf.ufsc.br

Resumo

A importância da água potável na vida da espécie humana é inquestionável. Os seres humanos são fortemente dependentes dela e tendem a gastar muito mais água do que o necessário para sobreviver. Entretanto, não percebem como é difícil fornecer água de boa qualidade a um número grande de pessoas. O projeto europeu WATERNET, foco deste artigo, foi desenvolvido com o propósito de auxiliar o gerenciamento e otimizar o funcionamento de redes de distribuição de água. Um sistema de aprendizado é parte integrante deste projeto e descrito detalhadamente neste artigo.

Palavras-chave

Sistemas de aprendizado, redes de distribuição de água, sistemas especialistas, redes neurais, aquisição de conhecimento, raciocínio baseado em casos.

1. INTRODUÇÃO

Redes de distribuição de água são sistemas geograficamente distribuídos em uma grande área. Como as condições (geografia, clima, população) em cada área são diferentes, os sistemas de cada região são diferentes entre si. Mesmo assim, as várias estações devem estar operando de maneira integrada para garantir um fornecimento contínuo e de boa qualidade. As redes de distribuição de água estão em constante expansão devido ao crescimento industrial e populacional. Elas sofrem várias mudanças no decorrer do tempo, tanto na sua estrutura física como nas estratégias de gerenciamento. Na seção 2 é feita uma pequena explanação sobre o funcionamento de uma rede de fornecimento de água.

O projeto WATERNET, com duração de dois anos, é descrito na seção 3. Ele propõe uma solução para os problemas citados acima através do desenvolvimento de um sistema de gerenciamento inteligente para redes de distribuição de água. Seus principais objetivos são a minimização dos custos de exploração, a redução de consumo de energia e a garantia de um fornecimento contínuo de água de boa qualidade.

Uma das principais subdivisões do projeto WATERNET é um subsistema de aprendizado. É chamado de *sistema de aprendizado por múltiplos paradigmas*, por possibilitar a aquisição de conhecimento através de vários paradigmas da Inteligência Artificial, tão diversos como redes neurais, sistemas especialistas e raciocínio baseado em casos. Ele contém diversos algoritmos de aprendizado e auxilia a tomada de decisões através da análise de casos já resolvidos no passado. Esse sistema é o principal foco deste artigo. A seção 4 descreve como ocorre o aprendizado e como o conhecimento adquirido pode ser útil para os operadores do sistema. Por último, a seção 5 apresenta algumas conclusões.

2. ESTRUTURA DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Em geral, um sistema de fornecimento de água é composto de uma rede com várias estações distribuídas no espaço geográfico, ou *estações remotas*, e que são ligadas a uma estação principal, ou *unidade de controle*.

As estações remotas operam conforme as necessidades locais de cada região, supervisionando e controlando a operação de todos os dispositivos instalados. Sendo componentes da rede de distribuição, elas não podem operar sozinhas, e devem ser supervisionadas pela unidade de controle. As estações remotas também fazem o papel de observador do sistema. Elas devem recolher periodicamente dados de reservatórios, bombas, canos, sensores e alarmes locais, assim como histórico de comandos executados pelo operador do sistema. Esses dados são enviados para a unidade de controle.

A unidade de controle está localizada na central do fornecedor de água. Ela permite a supervisão de cada uma das unidades remotas. Um operador pode enviar comandos diretamente para essas estações. A principal função da unidade de controle é armazenar os dados enviados pelas estações remotas e tomar alguma providência no caso de uma situação anormal ou de emergência. É na unidade de controle que o Sistema de Aprendizado vai atuar.

3. O PROJETO WATERNET

O projeto WATERNET é composto de vários subsistemas:

- Sistema de Supervisão: monitora o estado atual da rede;
- Subsistema de Gerenciamento de Informação Distribuída: permite que as várias estações remotas comuniquem-se entre si e com a unidade de controle;
- Subsistema de Otimização: elabora estratégias para o melhor aproveitamento dos dispositivos de controle (bombas, válvulas, etc.);
- Subsistema de Monitoração de Qualidade da Água: monitora a qualidade da água;
- Subsistema de Modelagem e Simulação: realiza simulações sobre o comportamento da rede;
- Subsistema de Aprendizado: mantém comunicação com todos os outros sistemas, armazenando conhecimento e propondo soluções para problemas que eventualmente possam surgir.

4. AQUISIÇÃO E APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

A inclusão de um sistema de aprendizado no projeto se deu por três principais razões:

a) A rede de distribuição de água está em contínua expansão. Novas zonas residenciais ou industriais requerem a instalação de novas estações, bombas, válvulas, canos e reservatórios em novas regiões. Portanto, um sistema capaz de aprender pode ser muito útil para lidar com uma estrutura que apresenta tantas modificações ao longo do tempo.

b) A operação da rede de fornecimento é feita localmente nas unidades remotas. Entretanto, quando alguma situação anormal ocorre, o operador da unidade de controle se torna responsável por resolver o problema. As ações a serem tomadas são muito delicadas e devem levar em conta o estado atual da rede. Essas ações podem variar desde o fechamento ou abertura de uma válvula ao completo fechamento de uma ou mais estações remotas.

Portanto, um sistema inteligente com uma grande base de conhecimento pode procurar algum caso do passado que seja semelhante ao atual e apresentar ao operador uma possível solução para o problema. Este, por sua vez, pode ou não acatar a sugestão do sistema. O uso de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) pode ser muito útil para a modelagem desta situação.

c) A disponibilidade de dados históricos. Uma rede de fornecimento guarda todos os dados enviados das estações remotas à unidade de controle. Esses dados contêm as seguintes informações:

- dados sensoriais dos dispositivos (válvulas, reservatórios, bombas, pressão nos canos, etc.) e da água (pH, quantidade de cloro e impurezas, etc.)
- todos os alarmes já disparados em cada estação remota (rompimento de um cano, vazamento em um reservatório, etc.);
- todas as operações já executada pelo computador central ou pelo operador humano (abertura de uma válvula, esvaziamento de um reservatório, etc.)

Há uma grande quantidade de dados que podem ser usados como conhecimento inicial do sistema. Desse modo, ele terá capacidade de resolver diversos tipos de problema.

Então, o conhecimento inicial do sistema é baseado na base de dados históricos e sua aquisição tem supervisão de um especialista da área. Esse especialista também fornece ao sistema as regras que representam sua maneira de pensar e agir em situações específicas. De uma maneira simples, as regras podem ser representadas assim:

```
SE está_muito_cheio(R)
ENTÃO acione_alarme(A)
```

Ou seja, se o reservatório R está muito cheio, o alarme A deve ser acionado.

Além do conhecimento inicial, o sistema é capaz de aprender com os novos casos resolvidos, tanto por ele mesmo (através do paradigma RBC) como pelos operadores humanos. Este aprendizado se dá com o armazenamento de novos casos na base de conhecimento ou com a criação de novas regras como a apresentada acima.

Para que o conhecimento adquirido pelo sistema seja aprimorado e possa ser utilizado na resolução de problemas, foram elaboradas algumas tarefas que o sistema deve executar. As principais são apresentadas abaixo. Devido ao tempo do projeto (dois anos), apenas duas destas tarefas foram efetivamente implementadas, cada um seguindo um paradigma diferente de aprendizado. Elas são explicadas com mais detalhes a seguir.

a) Identificação de padrões sazonais

Esta tarefa pretende detectar repetições de padrões ao longo do tempo nos dados coletados. Por exemplo, padrões de consumo em certas horas do dia, ou ao longo de uma semana ou de um ano.

Este tipo de conhecimento por parte do sistema pode evitar períodos de falta de abastecimento e otimizar os custos de produção, antecipando as necessidades dos consumidores.

b) Identificação do comportamento dos operadores humanos

Aqui as ações tomadas pelos operadores podem estar na forma de uma função do tempo ou dos parâmetros do sistema.

Um exemplo de ação como função do tempo é:

Todos os dias úteis a válvula B deve ser acionada às 18:00h.

Um exemplo de ação como função dos parâmetros do sistema é:

Se o nível do reservatório R chegar ao valor X, então a bomba P deve ser desligada.

Para o segundo caso, o sistema deve ser capaz de armazenar os dados que representam o estado da rede antes da realização de cada ação. Desta forma pode-se induzir que o estado da rede em um determinado instante foi a causa da ação tomada.

Este tipo de conhecimento pode ser útil para o treinamento de novos operadores e apresentação de sugestões em situações críticas

c) Identificação de ações relacionadas a alarmes

Esta tarefa pretende identificar qual ação ou conjunto de ações pode levar a rede de distribuição de água a entrar em estado anormal. Para isso é necessário ter uma relação das ações que foram tomadas antes de ocorrer o estado anormal. Sua principal utilidade é a capacidade de prever situações anormais da rede antes mesmo que elas ocorram.

d) Identificação do ciclo de vida dos dispositivos

Com base nos dados históricos sobre os dispositivos da rede, identificar a influência das condições de operações no seu ciclo de vida. Isso pode ser útil para evitar deterioração de componentes e prever períodos de manutenção.

Pode também determinar uma nova estratégia de operação de determinados componentes para que eles trabalhem mais eficientemente por mais tempo.

e) Previsão de demanda de água

Tem como objetivo prever o consumo de água numa região da rede em um futuro próximo. Esta tarefa é importante para garantir um fornecimento contínuo a um custo mais baixo.

Para a resolução desta tarefa foi modelada uma rede neural, onde a entrada é o estado atual do sistema e a saída é o estado do sistema depois de mais algumas horas de funcionamento. A fase inicial de treinamento da rede neural, baseada essencialmente em dados históricos, pode ser específica para diferentes regiões ou para a rede como um todo.

Para que a previsão seja o mais correta possível esse processo deve ser repetido sempre que a unidade de controle recebe novos dados sobre a rede de distribuição.

f) Monitoração e tratamento de alarmes

A intenção é aprender como os operadores agem para prever, diagnosticar e corrigir condições anormais que ocorrem na rede.

O aprendizado relacionado à monitoração e tratamento de alarmes é representado na forma de regras resultantes de algoritmos de aprendizado. Esta opção é motivada pela necessidade de acompanhamento de um especialista humano.

Por exemplo, se um alarme for detectado e o sistema sugere uma solução, o operador deve ser informado do que está acontecendo na rede. Como redes neurais não fazem um bom trabalho em explicar como chegaram a uma determinada solução, um Sistema Especialista baseado em regras foi a opção escolhida para este propósito.

5. CONCLUSÕES

Este artigo descreveu uma aplicação de técnicas de aprendizado para computadores no gerenciamento de redes de distribuição de água. O desenvolvimento desta aplicação faz parte do projeto WATERNET, que propõe melhorias nos sistemas de fornecimento de água.

Foi dada maior ênfase ao módulo inteligente desta aplicação. É um subsistema de aprendizado, que permite a resolução de problemas e a previsão de funcionamento da rede com base em problemas já resolvido e dados armazenados no passado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFSARMANESH, H., CAMARINHA-MATOS, L.M., MARTINELLI, F.J. **Federated Knowledge Integration and Machine Learning in Water Distribution Networks**. em Re-engineering for Sustainable Industrial Production, Chapman & Hall, Lisboa, 121-140, 1997.

CAMARINHA-MATOS, L.M., MARTINELLI, F.J. **Application of Machine Learning Techniques in Water Distribution Networks Assisted by Domain Experts**. em Intelligent Systems for Manufacturing - Multi-Agent Systems and Virtual Organizations, Kluwer Academic Publishers, Praga, 121-136, 1998.

NILSSON, N.J., **Artificial Intelligence: A New Synthesis**. Morgan Kaufmann, São Francisco, 270-300, 1998.

REIS, L.A., CARGNIN, M.L. **Uma Aplicação na Área Médica Usando Raciocínio Baseado em Casos**. Projeto de Conclusão de Curso de Ciências da Computação, Florianópolis, 19-28 e 42-69, 1997.