

Modelo de conflitos

Introdução

Há uma rede distribuída, com vários dispositivos conectados entre si.

Estes dispositivos podem ser sensores, atuadores ou controladores e juntos eles trabalham para atender alguma necessidade, como por exemplo, dispositivos IoT inteligentes que atendem a alguma configuração de temperatura, iluminação, humidade, etc..., ou redes de torres de rádio abertas, onde as operadoras não precisam instalar as suas próprias torres para oferecer serviços de rádio, elas podem implantar o seu próprio software nas torres existentes, que faz o seu próprio gerenciamento de conexão com outras torres e usuários.

Estes cenários contém certas propriedades interessantes, como por exemplo, os ambientes de operação contém parâmetros observáveis, como temperatura, iluminação, latência, congestionamento da rede, etc..., e os dispositivos controladores podem tomar decisões que afetam o comportamento de outros dispositivos na rede, que por sua vez, podem causar mudanças na rede ou nos parâmetros do ambiente da rede. Isto pode causar conflitos dentro da rede, como por exemplo:

- 2 dispositivos decidem tomar ações contraditórias, causando uma “disputa” entre eles para controlar o parâmetro desejado
- Um dispositivo, ao realizar suas ações que foram programadas, acaba eventualmente quebrando as regras sobre a rede ou o ambiente.

É interessante poder identificar e mitigar estes problemas antes que eles aconteçam, dada uma rede distribuída, com parâmetros de ambiente, parâmetros de rede, configurações de dispositivos e regras da rede.

Uma maneira de se fazer isto é utilizando métodos de verificação formais, onde é utilizado um modelo formal, que captura todos os parâmetros “essenciais” do sistema, e contém ações bem definidas sobre esses parâmetros e podem ser analisadas formalmente se existem situações que levam o sistema a ficar inválido.

O problema

Numa rede distribuída, temos os seguintes parâmetros:

- Dispositivos, podendo estes serem sensores, atuadores ou controladores.
- Conexões entre dispositivos, estas conexões podem sofrer mudanças ao longo do tempo.
- Variáveis de ambiente, que são capturadas por sensores.
- Variáveis da rede, que são modificadas por controladores.
- Regras dos dispositivos, que podem ser usadas para “disparar” comunicações entre dispositivos.
- Regras do ambiente, os dispositivos não devem permitir que o estado do ambiente quebre estas regras.

Alguns conceitos importantes:

- Eventos: Disparados por sensores, quando parâmetros do ambiente atingem certos limiares.
- Ações: Causadas por eventos, são feitas por atuadores e afetam controladores, que alteram parâmetros de dispositivos/rede.

O modelo

Temos os seguintes “objetos”:

- Dispositivos
 - **Id**: Identificador único para aquele dispositivo
 - **Id DeviceType -> Device**
 - **DeviceType**: sensor, atuador, controlador
 - Sensor: **Variable List{SensorRule} -> DeviceType**
 - **Variable**: Nome e valor da variável a ser observada
 - **List{SensorRule}**: Lista de condições na qual se deve disparar um evento
 - Atuador: **List{ActuatorRule} -> DeviceType**
 - **List{ActuatorRule}**: Lista de eventos e suas respectivas ações
 - Controlador: **List{ControllerRule} -> DeviceType**
 - **List{ControllerRule}**: Lista de locais que devem ser modificados para cada ação
 - Sensores
 - **Conditional Event -> SensorRule**
 - **Condition Value -> Conditional**
 - **Condition**: Condição de comparação
 - **Value**: Valor (numérico a ser comparado)
 - **Event**: Nome (string) do evento a ser disparado
 - Atuadores:
 - **Event Action -> ActuatorRule**
 - **Event**: Nome (string) do evento que ocorreu
 - **BinaryAction BinaryValue -> Action**
 - “Set On”
 - “Set Off”
 - **DiscreteAction DiscreteValue -> Action**
 - “Set 50”
 - “Increase 3”
 - “Decrease 7”
 - Controladores:
 - **Action Int -> ControllerRule**
 - **Action**: Ação que o controlador deve tomar
 - **Int**: Id do dispositivo a ser controlado
 - Regras de ambiente:
 - **String Condition Value -> AmbientRule**
 - **String**: Nome da variável de ambiente
 - **Condition**: Condição relacional (**==**, **!=**, **<**, **<=**, **>**, **>=**, etc...)
 - **Value**: Valor da condição relacional
 - Variáveis globais:
 - Tempo
 - Variáveis de ambiente
 - Lista de eventos
 - Regras do ambiente
 - Conflitos:
 - “A configuração de rede não deve permitir que as regras de ambiente sejam violadas”
 - “Dois eventos que acontecem ao mesmo tempo não devem ter ações contraditórias”

- “Dois eventos que acontecem ao mesmo tempo não devem atuar no mesmo atuador”

Exemplo

Uma pessoa, querendo montar a sua casa inteligente, comprou alguns dispositivos IoT para instalar em seu quarto, que controlarão a temperatura e a iluminação do quarto de forma automática.

Os objetivos desta pessoa são:

- A temperatura do quarto não deve estar muito quente nem muito fria ($12^{\circ}\text{C} < T < 28^{\circ}\text{C}$)
- A luminosidade do quarto não deve estar muito escura ($6 < L$)
- Durante a madrugada ($00:00 \leq t < 06:00$), as luzes do quarto devem estar apagadas

Para isso, esta pessoa comprou 3 sensores,

- Sensor de temperatura
- Sensor de iluminação
- Sensor de horário

2 atuadores,

- Atuador de temperatura
 - Aciona o controlador de temperatura
- Atuador de luzes
 - Aciona o controlador das luzes do quarto

e 2 controladores:

- Controlador de temperatura
 - Pode ligar e desligar o ar condicionado
 - Pode ligar e desligar o aquecedor
- Controlador de luzes
 - Pode ligar e desligar as luzes do quarto

As variáveis de ambiente:

- t : horário, medido em horas
- T : temperatura, medida em Celsius
- L : luminosidade, medida numa medida numa medida arbitrária que vai de 0 a 15.

As variáveis de ambiente mudam conforme as seguintes regras:

- Temperatura
 - Aumenta 1°C a cada hora
 - Se o ar condicionado está ligado, a temperatura cai em 2°C a cada hora
 - Se o aquecedor está ligado, a temperatura aumenta em 2°C a cada hora
- Luminosidade
 - $L(t) = \left\lfloor 7.5 \sin\left(\frac{t-6}{12}\pi\right) \right\rfloor + 7.5$
 - Se as luzes estão ligadas, então $L = 12$

A pessoa então configura os seus dispositivos de acordo com as seguintes regras:

Sensores:

- $\text{Sensor}_{\text{temperatura}} = \{$
 - $(25, \text{TemperaturaMuitoQuente})$
 - $(20, \text{TemperaturaIdeal})$
 - $(15, \text{TemperaturaMuitoFria})$ $\}$
- $\text{Sensor}_{\text{luminosidade}} = \{$
 - $(6, \text{LuminosidadeEscura})$
 - $(8, \text{LuminosidadeOk})$ $\}$
- $\text{Sensor}_{\text{tempo}} = \{$
 - $(0, \text{HorarioMadrugada})$
 - $(6, \text{HorarioManha})$ $\}$

Atuadores:

- $\text{Atuador}_{\text{temperatura}} = \{$
 - $(\text{TemperaturaMuitoQuente}, \text{LigarArCondicionado})$
 - $(\text{TemperaturaIdeal}, \text{DesligarArCondicionado})$
 - $(\text{TemperaturaIdeal}, \text{DesligarAquecedor})$
 - $(\text{TemperaturaMuitoFria}, \text{LigarAquecedor})$ $\}$
- $\text{Atuador}_{\text{luzes}} = \{$
 - $(\text{LuminosidadeEscura}, \text{LigarLuzes})$
 - $(\text{LuminosidadeOk}, \text{DesligarLuzes})$
 - $(\text{HorarioMadrugada}, \text{ForçarLuzDesligada})$
 - $(\text{HorarioManha}, \text{PermitirLuz})$ $\}$

Controladores:

- $\text{Controlador}_{\text{temperatura}} = \{$
 - $(\text{LigarArCondicionado}, \text{Set ArCondicionado On})$
 - $(\text{DesligarArCondicionado}, \text{Set ArCondicionado Off})$
 - $(\text{DesligarAquecedor}, \text{Set Aquecedor On})$
 - $(\text{LigarAquecedor}, \text{Set Aquecedor Off})$ $\}$

```
• Controladorluzes = {  
    (LigarLuzes, Set Luz On)  
    (DesligarLuzes, Set Luz Off)  
    (ForçarLuzDesligada, Set PermitirLuz Off)  
    (PermitirLuz, Set PermitirLuz On)  
}
```