

Criação de um mecanismo de otimização para redução de consumo de energia em smartphones

Aluno: Antônio Sá Barreto

Orientador: Paulo Maciel

Agenda

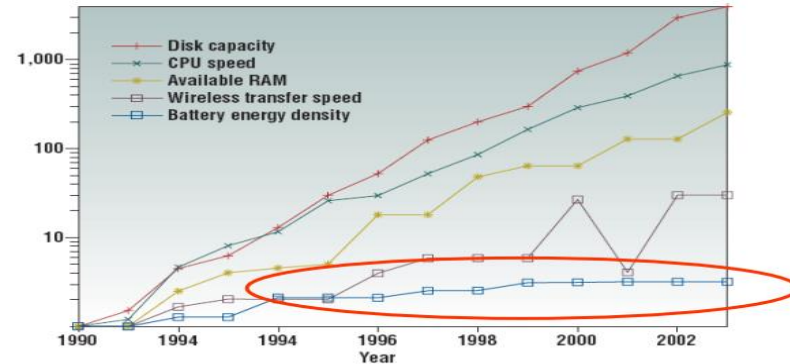


- Introdução
- Problema/Motivação
- Objetivos
- Atividades em Andamento
- Direções de Pesquisa futuras



Introdução

- Inicialmente, em 2014, identificou-se uma lacuna entre o avanço das diversas tecnologias utilizadas pelos smartphones e as baterias.
- Em 2020, esse descompasso atingirá a seguinte relação: 195GWh para 50 GWh.



Mobile Computing Improvement – Paradiso, *et al.* Pervasive Computing, IEEE, 2005.

Introdução



- Estabeleceu-se então como objetivo, ainda na pesquisa de mestrado, a busca por estratégias que otimizassem o uso da bateria.
- Como mensurar otimizações?
 - ① Métodos estatísticos
 - ② Métodos numéricos

Introdução



- Ainda no mestrado visava estabelecer estratégias de análise dentro do smartphone de tal modo que ele pudesse ter uma configuração que visasse o melhor consumo possível para o contexto no qual ele estava inserido.
- Devido à limitação de tempo estabelecemos uma estratégia de apenas adequar a frequência do processador de tal modo que houvesse uma diminuição do consumo energético por parte do smartphone



Introdução



- A estratégia adotada utilizava um modulo de escalonamento de frequência (DVFS) presente no Kernel do linux e por consquência também presente no Kernel Android.
- Criou-se grupos de aplicações(Vídeo, Mapas e Nabegação Web) e tinha-se dois seviços em nível de Kernel e usuário para realizar os chaveamentos de acordo com o grupo no qual as aplicações estavam inseridas



Problema/Motivação



- No final do mestrado sabia-se que para promover uma otimização energética efetiva fazia-se necessário estudar o comportamento dos usuários finais.
- No artigo *Into the wild: Struding real user activity patterns to guide power optimizations for mobile architectures* os autores pontuam que o principal workload (2009) do sistema é usuário final.
- Nele os autores defendem colocar os usuários finais como workload e estudar tendências, propriedades e padrões de uso desses usuários.

Problema/Motivação



- Com essa motivação em mente viu-se a necessidade de estudar o comportamento dos usuários para prosseguir e produzir métodos de otimização mais eficientes para serem aplicados aos smartphones.

Objetivos



- Utilizar modelos probabilísticos a fim de, através de dados de utilização coletados, prover adequação do funcionamento do smartphone ao comportamento do usuário a fim de minimizar o consumo energético do mesmo sem interferir na performance.



Atividades em andamento



- Estudo do sistema atual para obtenção de dados do consumo energético em smartphones com Android 5.0 ou superior (**Analysis Service**)
- Alteração do Kernel Android para obtenção de métricas de mudança de frequência (Android 5.1.1 para Nexus 4)



Atividades em andamento



```

laurens@laurens-Gazelle-Professional: ~/ki-sdk-am335x-evm/board-support/board-port-labs/sitara-board-port-linux
.config - Linux/arm 3.2.0 Kernel Configuration

CPU Frequency scaling
Arrow keys navigate the menu. <Enter> selects submenus ---. Highlighted letters are
hotkeys. Pressing <Y> includes, <N> excludes, <M> modularizes features. Press <Esc><Esc>
to exit, <?> for Help, </> for Search. Legend: [*] built-in [ ] excluded <M> module < >
module capable

[*] CPU Frequency scaling
<+> CPU frequency translation statistics
[*] CPU frequency translation statistics details
Default CPUFreq governor (userspace) ---
<+> 'performance' governor
<+> 'powersave' governor
--> 'userspace' governor for userspace frequency scaling
<+> 'ondemand' cpufreq policy governor
<+> 'conservative' cpufreq governor
L(+)

<Select> < Exit > < Help >
    
```

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	
0.9925584	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,007441573	F1
0.4845741	0,50982754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005596384	F2
0.3932308	0,03760015	0,5476	0	0	0	0	0	0	0	0	0,021570567	F3
0.3783182	0,01792115	0,0247	0,548446786	0	0	0	0	0	0	0	0,030643793	F4
0.4164212	0,01216545	0,0215	0	0,500053123	0	0	0	0	0	0	0,049831436	F5
0.3681919	0,03349747	0,0472	0,016748735	0	0,48713663	0	0	0	0	0	0,047212634	F6
0.0378169	0,00335456	0,0032	0,001147052	0	0,00058789	0,908380173	0	0	0	0	0,045708796	F7
0.2981447	0,01061571	0,0106	0	0,023636545	0,02164502	0,055483678	0,511354158	0	0	0	0,085504512	F8
0.2946804	0	0,0184	0,018373249	0	0	0,041078928	0,031298905	0,494549045	0	0	0,010164627	F9
0.2927654	0,0425958	0,0122	0,01216545	0	0,01960784	0,044632983	0,01216545	0,019607843	0,478015758	0	0,066278004	F10
0.1230237	0	0,0145	0,014492754	0	0,03977273	0,100378768	0	0,014492754	0,020833333	0,567770092	0,104743083	F11
0.1198404	0,01585252	0,0102	0,00470296	0,004251388	0,00582146	0,011373995	0,003381358	0,005171888	0,004342661	0,002734171	0,812297776	F12
Estimate from trace												
II(F1)	II(F2)	II(F3)	II(F4)	II(F5)	Soma de probabilidades dos estados							
0.3499472	0.05995253	0.0592	0.051339749	0.043995088	1							
II(F6)	II(F7)	II(F8)	II(F9)	II(F10)								
0.047881	0.09677738	0.0465	0.044485128	0.041932646								
II(F11)	II(F12)											
0.047542	0.11345624											



Atividades em andamento



- Obtenção de logs de atividades do usuário a fim de caracterizar o comportamento dele do ponto de vista energético
- Estudo e modificação interna do Android a fim de prover *System Services* capazes de fornecer informações e alterar o funcionamento do dispositivo de modo a se adequar da melhor forma ao usuário



Atividades em andamento

- Atualmente coletamos dados a respeito de 5 dispositivos (CPU, Display, Wifi, Radio e Bluetooth).
- Estudo para obtenção do estado do radio (conexão móvel).

```
/**
 * Data connection power state
 */
typedef enum {
    RIL_DC_POWER_STATE_LOW           = 1,           // Low power state
    RIL_DC_POWER_STATE_MEDIUM        = 2,           // Medium power state
    RIL_DC_POWER_STATE_HIGH           = 3,           // High power state
    RIL_DC_POWER_STATE_UNKNOWN        = INT32_MAX    // Unknown state
} RIL_DcPowerStates;

/**
 * Data connection real time info
 */
typedef struct {
    uint64_t           time;           // Time in nanos as returned by ril_nano_time
    RIL_DcPowerStates  powerState;     // Current power state
} RIL_DcRtInfo;
```

Atividades em andamento

- Tratamos os dados obtidos para a geração de uma DTMC através do software estatístico R. (Em breve o Mercury)

```
dataStatesTransitions <- data.frame(CPU.From = cpuFreq[1:dataLen-1],
                                   Screen.From = screenStates[1:dataLen-1],
                                   Wifi.From = wifiStates[1:dataLen-1],
                                   Radio.From = radioStates[1:dataLen-1],
                                   Bluetooth.From = bluetoothStates[1:dataLen-1],
                                   CPU.To = cpuFreq[2:dataLen],
                                   Screen.To = screenStates[2:dataLen],
                                   Wifi.To = wifiStates[2:dataLen],
                                   Radio.To = radioStates[2:dataLen],
                                   Bluetooth.To = bluetoothStates[2:dataLen],
                                   Time = times[1:dataLen -1])

agg <- aggregate(dataStatesTransitions,
                by= list(dataStatesTransitions$CPU.From,
                        dataStatesTransitions$Screen.From,
                        dataStatesTransitions$Wifi.From,
                        dataStatesTransitions$Radio.From,
                        dataStatesTransitions$Bluetooth.From,
                        dataStatesTransitions$CPU.To,
                        dataStatesTransitions$Screen.To,
                        dataStatesTransitions$Wifi.To,
                        dataStatesTransitions$Radio.To,
                        dataStatesTransitions$Bluetooth.To), FUN= length)

agg <- agg[1:11]
colnames(agg) <- c("CPU.FROM",
                  "Screen.FROM",
                  "Wifi.FROM",
                  "Radio.FROM",
                  "Bluetooth.FROM",
                  "CPU.TO",
                  "Screen.TO",
                  "Wifi.TO",
                  "Radio.TO",
                  "Bluetooth.TO",
                  "Transitions")

agg2 <- aggregate(dataStatesTransitions,
                 by= list(dataStatesTransitions$CPU.From,
                         dataStatesTransitions$Screen.From,
                         dataStatesTransitions$Wifi.From,
                         dataStatesTransitions$Radio.From,
                         dataStatesTransitions$Bluetooth.From), FUN= length)

agg2 <- agg2[1:6]
colnames(agg2) <- c("CPU.FROM",
                  "Screen.FROM",
                  "Wifi.FROM",
                  "Radio.FROM",
                  "Bluetooth.FROM",
                  "Transitions")

StatesProb <- transform(agg2, States_Probabilities = Transitions/(dataLen-1))
TransitionProbs <- transform(agg, Probabilities = Transitions/(dataLen-1), Transition_Probabilities = 0)
```

Atividades em andamento

- Em cada um desses dispositivos capturamos estados internos de energia de acordo com dados fornecidos pelo fabricante (*Power Profile*)

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<device name="Android">
  <item name="none">0</item>
  <item name="screen.on">73</item>
  <item name="screen.full">215</item>
  <item name="bluetooth.active">34</item>
  <item name="bluetooth.on">1</item>
  <item name="camera.avg">170</item>
  <item name="camera.flashlight">160</item>
  <item name="wifi.on">1</item>
  <item name="wifi.active">118</item>
  <item name="wifi.scan">71</item>
  <item name="gps.on">113</item>
  <item name="radio.active">390</item>
  <item name="radio.scanning">28</item>
  <array name="radio.on">
    <value>28</value>
    <value>25</value>
    <value>20</value>
    <value>15</value>
    <value>10</value>
    <value>5</value>
    <value>2</value>
  </array>
  <array name="cpu.speeds">
    <value>200000</value>
    <value>249600</value>
    <value>345600</value>
    <value>400000</value>
    <value>499200</value>
    <value>533333</value>
    <value>800000</value>
    <value>960000</value>
    <value>998400</value>
    <value>1113600</value>
    <value>1344000</value>
    <value>1497600</value>
    <value>1612800</value>
    <value>1651200</value>
  </array>
  <item name="cpu.idle">3</item>
  <item name="cpu.awake">6</item>
  <array name="cpu.active">
    <value>46</value>
    <value>50</value>
    <value>83</value>
    <value>87</value>
    <value>75</value>
    <value>120</value>
    <value>94</value>
    <value>161</value>
    <value>137</value>
    <value>204</value>
    <value>263</value>
    <value>300</value>
    <value>325</value>
    <value>331</value>
  </array>
  <item name="battery.capacity">3630</item>
</device>
```

Atividades em andamento



- Obtenção e compilação do Android 5.1.1 para Nexus 4 a fim de, em caso de necessidade, instrumentar o S.O e criar serviços para a geração de HMMs (Hidden Markov Models).



Atividades em andamento



Let

- T = length of the observation sequence
- N = number of states in the model
- M = number of observation symbols
- Q = $\{q_0, q_1, \dots, q_{N-1}\}$ = distinct states of the Markov process
- V = $\{0, 1, \dots, M-1\}$ = set of possible observations
- A = state transition probabilities
- B = observation probability matrix
- π = initial state distribution
- \mathcal{O} = $(\mathcal{O}_0, \mathcal{O}_1, \dots, \mathcal{O}_{T-1})$ = observation sequence.

$$\lambda = (A, B, \pi)$$

3.1 Problem 1

Given the model $\lambda = (A, B, \pi)$ and a sequence of observations \mathcal{O} , find $P(\mathcal{O}|\lambda)$. Here, we want to determine the likelihood of the observed sequence \mathcal{O} , given the model.

3.2 Problem 2

Given $\lambda = (A, B, \pi)$ and an observation sequence \mathcal{O} , find an optimal state sequence for the underlying Markov process. In other words, we want to uncover the hidden part of the Hidden Markov Model. This type of problem is discussed in some detail in Section 1, above.

3.3 Problem 3

Given an observation sequence \mathcal{O} and the dimensions N and M , find the model $\lambda = (A, B, \pi)$ that maximizes the probability of \mathcal{O} . This can be viewed as training a model to best fit the observed data. Alternatively, we can view this as a (discrete) hill climb on the parameter space represented by A , B and π .



Direções de pesquisa futuras



Biblioteca para geração de modelos probabilísticos a partir de informações do Analysis Service.

Direções de pesquisa futuras



- Estudar mecanismos para geração de HMMs visando a otimização do consumo energético
- Estudo de mecanismos de instrumentação do kernel Android
- Ferramentas para geração de cadeias de Markov



Proposta de Pesquisa para o doutorado- Criação de um mecanismo de otimização para redução de consumo de energia em smartphones

Aluno: Antônio Sá Barreto