

Использование стохастической оптимизации для регулировки частоты процессора в Android OS

Евгений Алексеевич Богданов, 17.Б11-мм

Научный руководитель: д. ф.-м. н., профессор Граничин Олег Николаевич

Консультант: ст. преп. Сартасов Станислав Юрьевич

СПбГУ 2021

Введение

- Энергопотребление современного мобильного устройства: $P \approx fu^2^*$
- Основной механизм управления частотой в Android ОС — подсистема CPUFreq:
 - Драйвер масштабирования
 - Ядро CPUFreq
 - Регулятор масштабирования

Цели и задачи

Цель данной вкр — создать алгоритм DVFS с использованием стохастической оптимизации и апробировать его на реальном мобильном устройстве

Задачи:

- Провести обзор существующих подходов в области оптимизации энергопотребления
- Выбрать смартфон и создать инфраструктуру для загрузки алгоритмов DVFS
- Разработать новый алгоритм DVFS и реализовать его для ОС Android
- Сравнить полученный алгоритм с уже существующими алгоритмами DVFS

Базовые регуляторы DVFS

- Linux:
 - Performance
 - PowerSave
 - UserSpace
 - Ondemand
- Android:
 - Interactive

Альтернативные подходы:

- **Адаптивные алгоритмы**
 - До 36%: X. Li, W. Wen and X. Wang, Usage history-directed power management for smartphones
- **Машинное обучение**
 - До 29%: S. A. Carvalho, D. C. Cunha and A. G. Silva-Filho, Autonomous Power Management for Embedded Systems Using a Non-linear Power Predictor
- **Предварительные вычисления**
 - От 22 до 79%: J. Choi, B. Jung, Y. Choi, and S. Son, An Adaptive and Integrated Low-Power Framework for Multicore Mobile Computing
- **Стохастическое программирование**
 - В. Е. Краснощеков, Рандомизированный алгоритм для оптимизации энергопотребления в мобильных устройствах

Инфраструктура

- Выбран смартфон — Xiaomi Redmi Note 8 pro
- Получены права суперпользователя
- Найдено и собрано ядро для выбранного устройства
- Установлена сторонняя прошивка — POSE

Стохастическая оптимизация

Модель: $F(f) = 2^{((\text{workload}(f) - \lambda)/2)} + \gamma 1.5^{\text{table}(f)}$, где

- f — используемая частота;
- $\text{workload}(f)$ — рабочая нагрузка на предыдущем временном промежутке;
- λ — целевая нагрузка на процессор (60%);
- γ — коэффициент штрафа частоты;
- $\text{table}(f)$ — номер частоты в таблице частот;

Задача трекинга: $f_n = \text{Argmin}_{f \in \Theta} F_n(f)$

Simultaneous perturbation stochastic approximation (SPSA)

1. Выбираем начальное значение оценки: \hat{f}_0
2. Генерируем: Δ_n
3. Возмущаем текущую оптимальную оценку:

$$f_n = \mathcal{P}(\hat{f}_{n-1} + \beta \Delta_n)$$

4. Получаем зашумленное наблюдение:

$$y_n = F(\hat{f}_{n-1} + \beta \Delta_n) + v_n$$

5. Обновляем оптимальную оценку:

$$\hat{f}_n = \mathcal{L}(\hat{f}_{n-1} - \frac{\alpha}{\beta} \Delta_n y_n)$$

6. Переходим к шагу 2

Детали реализации

- Реализован CPUFreq регулятор — SPSA
- Поддержана отдельная конфигурация для каждого кластера
- Поддерживаемые настройки:
 - `alpha`, `beta` — параметры сходимости SPSA
 - `gamma` — регулировка штрафа за частоту
 - `up_threshold` — регулировка штрафа за рабочую нагрузку
 - `sampling_rate` — частота обновления оптимальной оценки
 - `sampling_down_factor` — множитель частоты обновления оценки при преодолении `up_threshold`

Сравнение с базовыми регуляторами ОС Android

	spsa	ondemand	interactive
camera test	57.119	70.918 (+19.4%)	44.823 (-21.6%)
typing test	77.187	75.536 (-2.4%)	84.306 (+8.4%)
xstream test	34.100	40.066 (+14.8%)	35.801 (+4.7%)
flappy bird test	27.690	24.643 (-11%)	43.710 (+36.6%)
video test	31.723	25.736 (-18.8%)	47.660 (+33.4%)

Энергопотребление различных алгоритмов DVFS, значения указаны в миллиампер-часах

Результаты работы

- Проведен обзор существующих подходов к оптимизации энергопотребления
- В качестве устройства для апробации был выбран смартфон Xiaomi redmi note 8 pro, для него создана инфраструктура загрузки алгоритмов DVFS
- Разработан и реализован алгоритм DVFS с использованием стохастической оптимизации для ОС Android
- Проведено тестирование полученного алгоритма
- Результаты исследований были оформлены в виде статьи и приняты на конференцию EBCCSP 21

Github: <https://github.com/jackbogdanov/DVFS-for-begonia/tree/android-10.0>