

# Энергоэффективное планирование задач в ОС Android

Егор Дмитриевич Богданов, 18.Б11-мм

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

Консультант: ст. преп. Сартасов Станислав Юрьевич

СПбГУ 2022

# Введение

- Мобильные устройства – неотъемлемая часть нашей жизни
- Увеличение времени автономной работы устройства
- Планирование задач с учётом энергопотребления устройства

# Цели и задачи

Цель – создать энергоэффективную модификацию актуального планировщика задач ОС Android и протестировать её на реальном устройстве

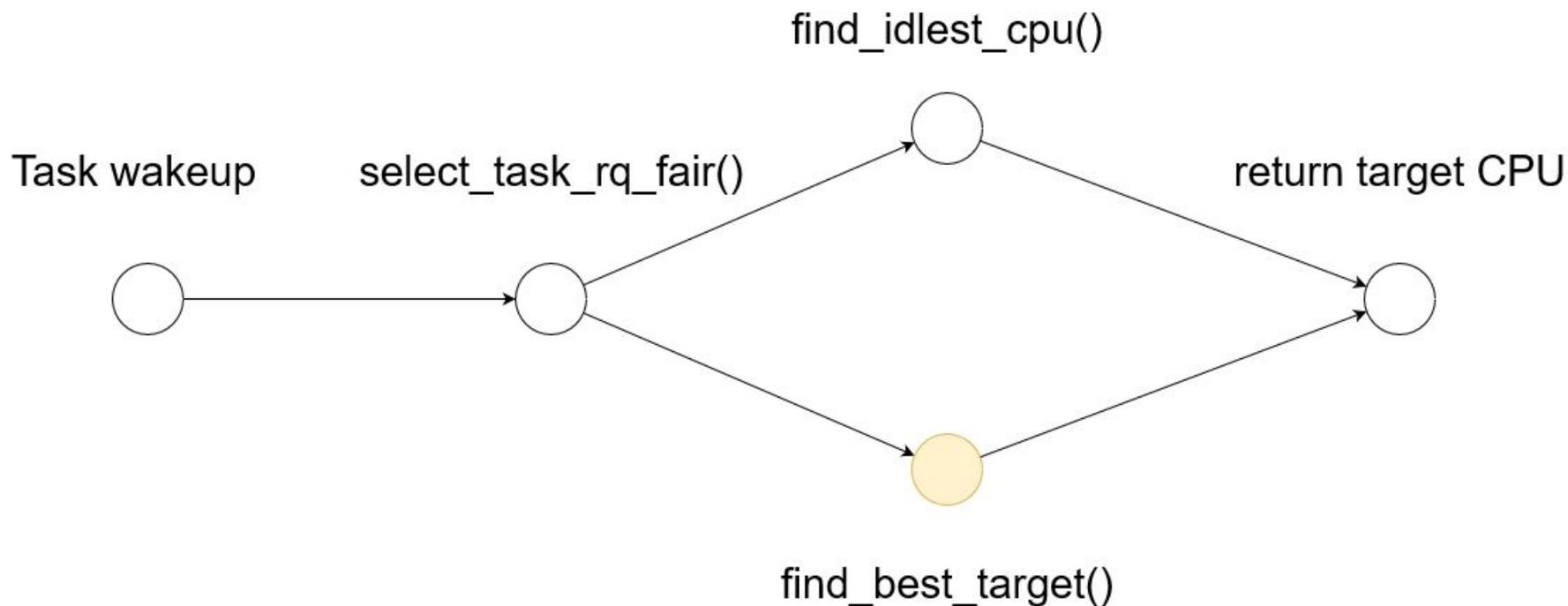
Задачи:

- Найти актуальный планировщик задач и сделать обзор принципов его работы
- Предложить и реализовать модификацию для повышения его энергоэффективности
- Определить методологию тестирования и создать инфраструктуру для тестирования модифицированной версии планировщика задач
- Провести тестирование и сравнить результаты обычного и модифицированного планировщика

# Energy Aware Scheduling (EAS)

- Модификация планировщика задач Completely Fair Scheduler
- Размещение задач на основе текущей загрузки и энергетической модели
- Многокластерные гетерогенные системы
  - big.LITTLE
- Энергетическая модель
  - энергопотребление для каждого поддерживаемого P-состояния
  - энергопотребление для каждого C-состояния
- Window Assist Load Tracking (WALT)
  - новый алгоритм оценивания нагрузки задач
- SchedUtil

# Путь размещения задачи



Источник:

[https://developer.arm.com/-/media/Arm%20Developer%20Community/PDF/Open%20Source/energy-aware-scheduling/eas\\_overview\\_and\\_integration\\_guide\\_r1p6.pdf](https://developer.arm.com/-/media/Arm%20Developer%20Community/PDF/Open%20Source/energy-aware-scheduling/eas_overview_and_integration_guide_r1p6.pdf)

# find\_best\_target()

Задача, чувствительная к задержке:

- Вернуть первый найденный простаивающий процессор или активный процессор с наибольшей свободной мощностью, которые могут вместить задачу

Задача, нечувствительная к задержке:

- Выбрать активный процессор с наименьшей максимальной мощностью и наибольшей свободной мощностью в качестве основного и простаивающий процессор с наименьшей максимальной мощностью в качестве запасного

# Модификации EAS

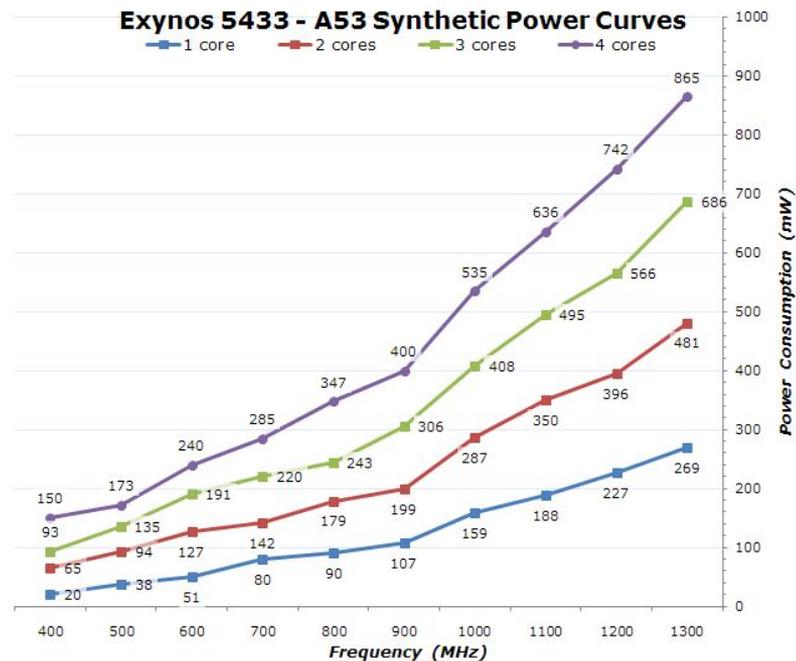
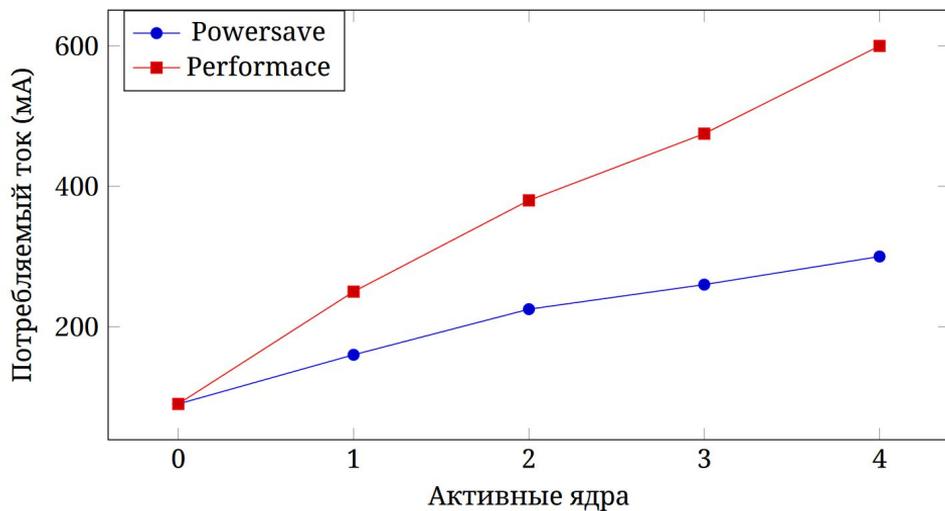
- Learning EAS

- Han at al. Performance improvement of linux CPU scheduler using policy gradient reinforcement learning for android smartphones
- Динамическое вычисление TARGET\_LOAD и sched\_migration\_cost с помощью метода градиентного обучения с подкреплением
- Улучшение энергопотребления на 2,3–5,7%

- WAEAS

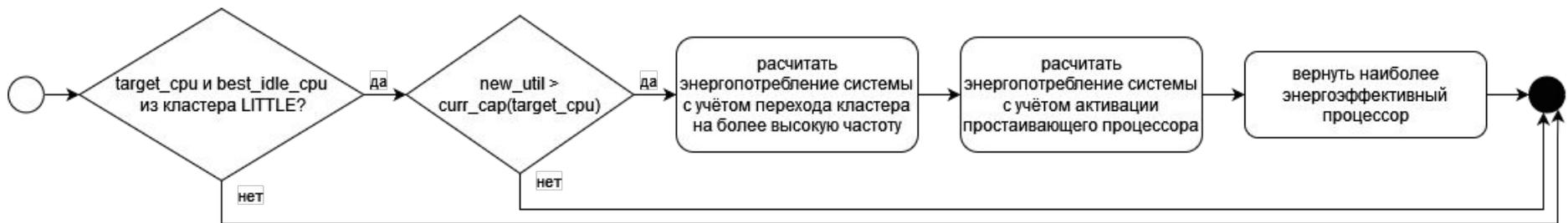
- Zhang at al. Waeas: An optimization scheme of eas scheduler for wearable applications
- Скользящая средняя для расчёта исторических рабочих нагрузок задач
- Стратегия компоновки задач
- Перебалансировка задач внутри кластера
- Улучшение энергопотребления до 8%

# Предложение по улучшению



$$1000\text{MHz}: 4 * 159 = 636 > 535$$

# Реализация



# Тестирование

- Смартфон Xiaomi Redmi 9A
- Разблокирован загрузчик и получены права суперпользователя
- Найден официальный репозиторий с исходным кодом ядра устройства
- Ядро собрано и загружено на устройство

# Тестирование

Методология основана на работах по схожей тематике предыдущих лет

- Автоматизация тестирования - MonkeyRunner
- Метрики сравнения
  - потребляемая энергия (мАч)
  - количество условных единиц (баллов) от AnTuTu Benchmark
- Тестовые сценарии (основаны на тестах Александра Божнюка)
  - Игра в Flappy Bird
  - Игра в Trial Xtreme 3
  - Съёмка видео
  - Воспроизведение видео
  - Набор текста

Источники:

Dynamic voltage-frequency optimization using Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation Bogdanov, E., Bozhnyuk, A., Bykov, D., Sartasov, S., Sergeenko, A. & Granichin, O. 60th IEEE Conference on Decision and Control, CDC 2021. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc  
[https://github.com/bozhnyukAlex/dvfs\\_testing](https://github.com/bozhnyukAlex/dvfs_testing)

# Сравнение с базовым EAS

	Базовый EAS	Модифицированный EAS
camera test	21.598	21.007 (-2.7%)
flappy bird test	5.459	5.293 (-3%)
trial xtreme test	15.667	15.230 (-2.8%)
typing test	5.244	5.177 (-1.2%)
video test	4.959	4.949 (~0%)

Энергопотребление планировщиков задач, значения указаны в миллиампер-часах

	CPU	GPU	RAM	IO	UX	Total
Обычный EAS	15008	12148	6599	3126	8396	45277
Модифицированный EAS	14927	12021	6715	3012	8531	45206

# Результаты работы

- Сделан обзор принципов работы актуального планировщика задач и его модификаций
- Реализована модификация для повышения его энергоэффективности
- Определена методология тестирования и создана инфраструктура для тестирования модифицированной версии планировщика задач
- Проведено тестирование и сравнение двух версий планировщика
  - модифицированная версия улучшает энергоэффективность на 1,4-3% без потери производительности в сравнении с немодифицированной версией

# Существующие энергоэффективные планировщики задач

- Energy-aware scheduling algorithm for time-constrained workflow tasks in DVFS-enabled cloud environment
  - Monire Safari, Reihaneh Khorsand
- A GA based energy aware scheduler for DVFS enabled multicore systems
  - Neetesh Kumar, Deo Prakash Vidyarthi
- Energy-aware Scheduling of Jobs in Heterogeneous Cluster Systems Using Deep Reinforcement Learning
  - Amirhossein Esmaili, Massoud Pedram
- Energy-aware scheduling for improving manufacturing process sustainability: A mathematical model for flexible flow shops
  - A.A.G. Bruzzone, D. Anghinolfi, M. Paolucci, F. Tonelli a
- Energy Aware Scheduling (EAS)
  - ARM