

# Betriebssystem-Energiebuchhaltung

”Ausgewählte Kapitel der Systemsoftwaretechnik:  
Energiegewahre Systemsoftware”

Andreas Mosthaf

13. Juni 2013



Motivation

Energie-Sichtbarkeit

Energie-Allokation

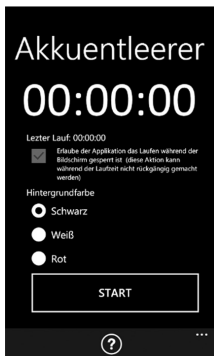
Kontrollmechanismen

ECOSystem

Cinder-Betriebssystem



”So oft wie mein Smartphone am Ladegerät hängt,  
könnte es fast ein Festnetztelefon sein.”



- Energie sparen
- Kostenreduktion
- Regulierung der Temperatur
- Laufzeit der Batterie optimieren
- Performanz



- für die effektive Verwaltung von Energie
- moderne Hardware bietet Schnittstellen zur Abfrage relevanter Daten
  - S.M.A.R.T (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology)
  - SBS (Smart Battery System)
- Messung des Energieverbrauchs



- SBS-Schnittstelle stellt aktuelle Parameter bereit
  - Spannung
  - Entladerate
  - geschätzte verbleibende Kapazität
- Entladerate und Kapazität bestimmen die Lebenszeit

Discharge Rate	Usable Battery Capacity (normalized to 1C discharge rate)
C/5	107%
C/2	104%
C	100%
2C	94%
4C	86%



- Energieverbrauch ist abhängig von
  - Geräteeigenschaften
  - Betriebsmodus
- aktueller Zustand muss von der Buchhaltung berücksichtigt werden
- Messergebnisse einer Festplatte vom Typ IBM Travelstar 12GN

Zustand	Kosten	Timeout (s)
Zugriff	1.65 mJ/Block	
Idle 1	1600 mW	0,5
Idle 2	650 mW	2
Idle 3	400 mW	27,5
Standby (disk down)	0 mW	
Spinup	6000 mJ	
Spindown	6000 mJ	

- Currentcy setzt sich zusammen aus
  - **Current** (Strom)
  - **Currency** (Währung)
- Abstraktion für Energie
- eine Currentcy-Einheit gewährt den Verbrauch einer entsprechenden Energiemenge
- Zeit wird in Energie-Epochen eingeteilt
- angestrebte Entladerate der Batterie bestimmt wie viel Leistung in jeder Epoche allokiert werden kann





## Isolation

- zur Begrenzung des Verbrauchs einzelner Prozesse
- schützt Prozesse voneinander

## Delegation

- erlaubt die verfügbare Energie anderen Prozessen zugänglich zu machen
- ermöglicht die Bündelung der Energie mehrerer Prozesse

## Unterteilung

zur Partitionierung der verfügbaren Energie



- basiert auf dem Linux Kernel 2.4
- implementiert das Currentcy-Modell durch
  - Erweiterung des Kernels um Container-Objekte
  - eine energiegewahre Ablaufplanung
  - Mechanismen zur Allokation von Energie
  - Anpassung der Treiber
- evaluiert auf einem IBM ThinkPad T20 Laptop



# Energieverbrauch

## Prozessor

- $\text{processor-time(s)} \cdot \text{active-state-power-cost(W)}$

## Festplatte

- $\text{active-state-power-cost(W)} \cdot \frac{\text{buffer-size(KB)}}{\text{disk-access-bandwidth(KB/s)}}$
- Kosten für Spinup, Spindown und Timeout-Verzögerung werden aufgeteilt

## Netzwerk-Schnittstelle

- $E_{\text{send}} = \frac{\text{sent-bits} \cdot \text{transmit-power}}{\text{bit-rate}}$
- $E_{\text{recv}} = \frac{\text{received-bits} \cdot \text{receive-power}}{\text{bit-rate}}$



## Microbenchmarks

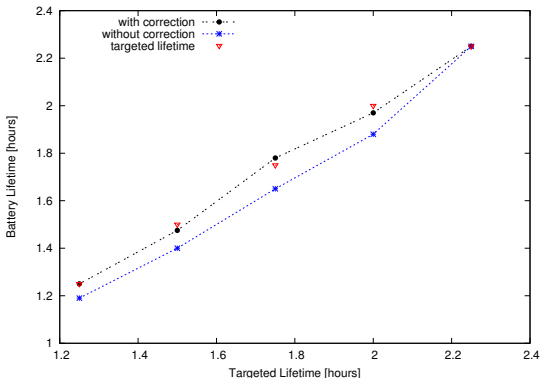
- DiskW schreibt periodisch auf die Festplatte (HD)
- NetRecv sendet periodisch Daten über das Netzwerk (Net)
- Compute führt kontinuierlich Berechnungen durch (CPU)

App	Currentcy Model			
	CPU(mJ)	HD(mJ)	Net(mJ)	Total(mJ)
DiskW	430	339,319	0	339,749
NetRecv	256,571	0	553,838	810,409
Compute	8,236,729	0	0	8,236,729
App	Program Counter Sampling			
	CPU(mJ)	HD(mJ)	Net(mJ)	Total(mJ)
DiskW	430	16	24	470
NetRecv	256,571	9,235	20,206	286,012
Compute	8,236,729	326,404	531,789	9,094,922



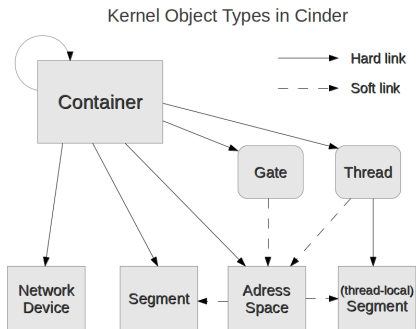
## Buchhaltungsfehler

- ungenaue Messergebnisse wirken sich auf Batterielaufzeit aus
- periodische Abfrage der Batterie ermöglicht Korrektur von Fehlern



# Das Cinder-Betriebssystem

- erweitert das HiStar Betriebssystem
  - sicheres, auf Informationsfluss basierendes Betriebssystem
  - hierarchische Struktur durch Container-Objekte
  - Interprozesskommunikation über Gate-Objekte



# Das Cinder-Betriebssystem

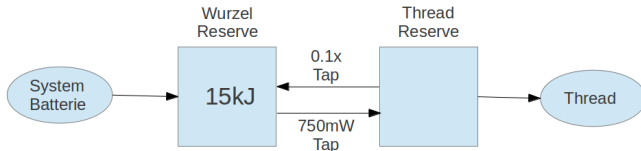
- nutzt Container-Objekte für die Energiebuchhaltung
- erweitert den Kernel um zwei Objekte
  - *Reserves* zur Speicherung von Energiewerten
  - *Taps* für den Transfer von Energiewerten
- evaluiert auf einem HTC Dream Smartphone
  - Zwei-Prozessor-System
  - Betriebssystem auf ARM11-Prozessor
  - ARM9-Prozessor für sensitive Peripherie-Geräte
  - Kommunikation über gemeinsamen Speicher und Unterbrechungen



Quelle: [www.amazon.com](http://www.amazon.com)



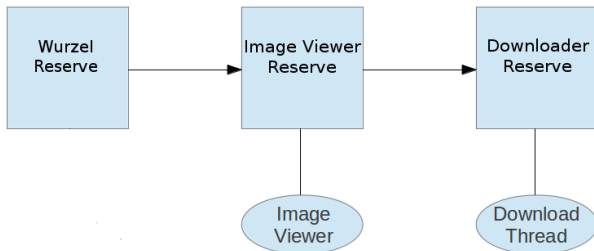
- darstellbar durch einen hierarchischen Energie-Verbrauchs-Graphen
- Wurzelknoten ist verbunden mit der System-Batterie
- Taps werden durch Pfeile modelliert
- proportionale Taps ermöglichen Begrenzung einer Reserve

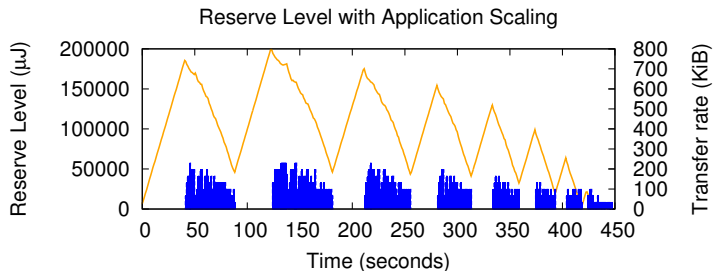
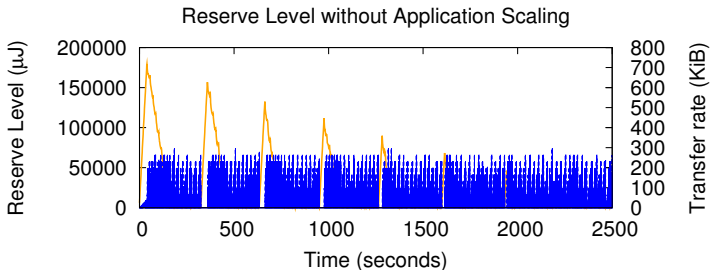




# Energiegewahre Applikation

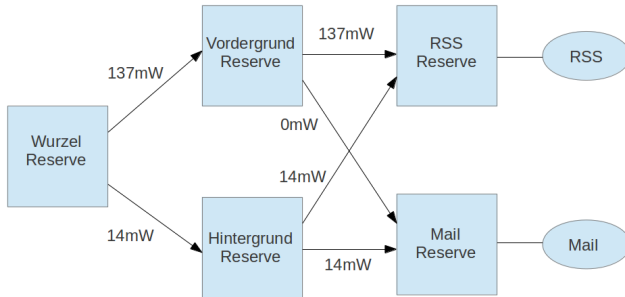
- Netzwerk-Galerie-Applikation
- separater Thread mit eigenem Reserve führt das Herunterladen der Bilder aus
- Applikation passt Rate des Taps an das Volumen der angeforderten Bilder an

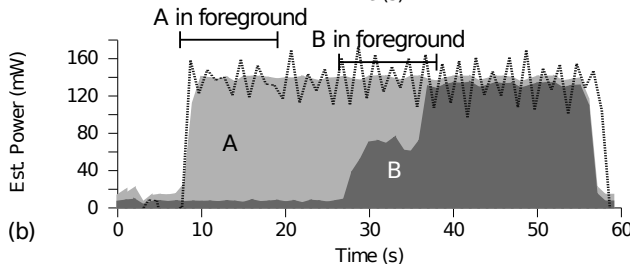
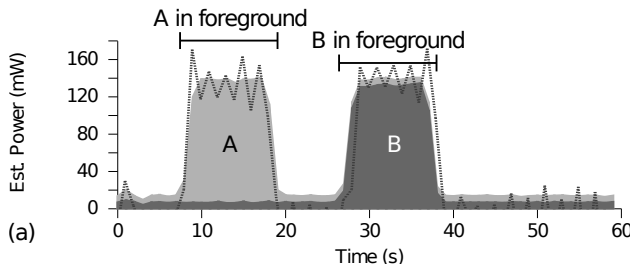




# Hintergrundprozesse

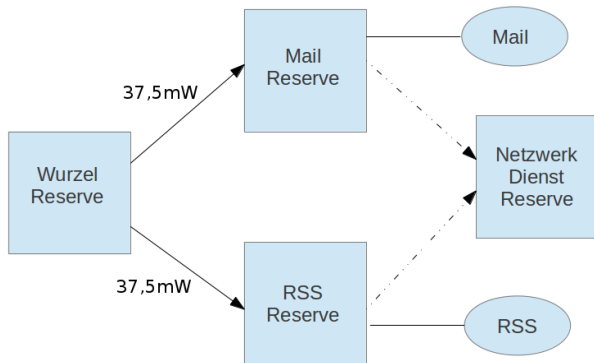
- Hintergrundprozess soll vom Benutzer nicht wahrgenommen werden
- Prozesse sind immer mit Vordergrund- und Hintergrund-Reserve verbunden
- nur der im Vordergrund laufende Prozess erhält Energie vom Vordergrund-Reserve

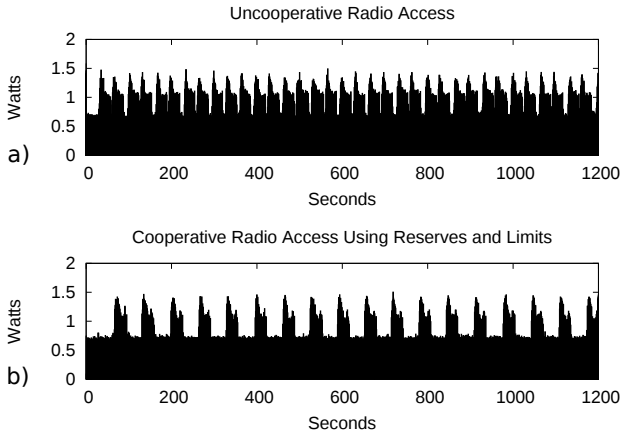




# Koordinierter Netzwerkzugriff

- Zugriff auf das Netzwerk über entsprechenden Dienst
- Aktivierung der Schnittstelle kostet viel Energie
- Koordinierung der Zugriffe verbessert die Energie-Effizienz





- akkurate Messwerte sind Voraussetzung
- Currentcy als Einheit für Energie
- Isolation, Delegation und Unterteilung notwendig
- ECOSystem implementiert Currentcy-Modell mit flacher Hierarchie
- Das Cinder-Betriebssystem bietet Schnittstellen für energiegewahre Applikationen
  
- Signifikante Verbesserungen der Energieeffizienz?
- Was ist mit Energie-Profiling?
- Wie viel Energie verbraucht die Buchhaltung?
- Geeignet für Echtzeitsysteme?



Fragen?







Arjun Roy and Stephan M. Rumble and Ryan Stutsman and Philip Levis and David Mazieres and Nickolai Zeldovich.  
*Energy Management in Mobile Devices with the Cinder Operating System.*



Hang Zeng and Carla S. Ellis and Alvin R. Lebeck and Ahmin Vahdat.  
*ECOSystem: Managing energy as a first class operating system resource.*

