

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Forschungsergebnisse Projekt DESI

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## Projektüberblick

Projekttitel:	DESI - Durchgängig Energiesensible IKT-Produktion
BMWi FKZ:	01 ME11013A
Laufzeit:	01.06.2011 bis 30.11. 2014
Konsortium:	Deutsche Telekom AG / Telekom Innovation Laboratories Alcatel-Lucent Deutschland AG Cisco Systems (bei Projektbeginn JouleX GmbH) Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin Power and Air Condition Solution Management GmbH & Co. KG
Projektleiter:	Dr. Heiko Lehmann, Deutsche Telekom AG
Webseite:	<a href="http://www.desi-it2green.de">www.desi-it2green.de</a>

## Forschungsthemen

Das Projekt DESI hat drei inhaltliche Hauptstränge:

- Lastabhängige Betrieb einzelner Hardware-Elemente: Messung der Leistungsaufnahme und Realisierung eines Power Managements einzelner Netzelemente (z.B. Router)
- Lastabhängiger Betrieb des Telekommunikationsnetzes: Die Lieferkette von IKT-Diensten wird über alle Elemente unter den Bedingungen eines stabilen und qualitätsgesicherten Netzbetriebs integriert
- Steuerbarkeit einzelner Verbraucher: Ein einheitliches Steuerungssystem für die IKT-Elemente und die Energiespeicher wird entwickelt und beispielhaft realisiert

# Energiebedarfsanalyse bei OTN Switchen

Die Leistungsaufnahme der Alcatel-Lucent OTN Switche 1830 PSS-64 und 1830 PSS-36 wurde analysiert

- Diese Netzelemente verschalten 3,8 Terabit/s und verzeichnen einen Energieverbrauch von 2,1 W pro Gbit/s. Sie zählen damit bereits zu den energieeffizientesten Produkten ihrer Klasse.
- Aber: Der 1830 PSS-64 muss im Volllastbetrieb eine Wärmeleistung von 11,5 kW auf einer Fläche von nur 0,15 m<sup>2</sup> abführen. Damit entsteht ein erheblicher Kühlaufwand und Flächenverbrauch, da nur jedes 9 Rack bestückt werden kann.

Fazit:

- Stark steigende Leistungsdichte in Netzelementen bedingt durch anhaltende Miniaturisierung der Integrierten Schaltkreise
- Lastadaptiver Betrieb und Kühlungsoptimierung sind weiterhin technische Erfordernisse und haben überdies ein substanzielles Energiesparpotenzial.

# Stromverbrauchsoptimierung bei OTN Switchen

Optimierung der Lüftersteuerung durch temperatur- und kapazitätsabhängige Anpassung der Lüfterdrehzahl:

- (Einsparungen je Konfiguration 50 - 300 Watt)

Schlafmodus auf I/O Karten:

- Fast 100 % Einsparung durch Low-Power Modus
- Es muss aber sichergestellt werden, dass die Baugruppensoftware ausreichend schnell wieder einsatzfähig ist

Schlafmodus für optische Ports auf I/O Karten:

- Sehr komplexe Design- und Architekturvorschläge zur Energieeinsparung für kommende Produktgenerationen wurden im Projekt erarbeitet

Schlafmodus für Portgruppen auf I/O Karten:

- Power-Save Modus (Abschalten) für Portgruppen durch Hardwareerweiterungen
- Ca. 20 Watt Einsparung pro Portgruppe am Demonstrator

# Stromverbrauchsoptimierung bei OTN Switchen

## Adaptive Voltage Scaling für Switching ASICs:

- Reduzierung von Leckströmen bei hoher Transistor-Packungsdichte durch Adaptive Spannungsanpassung (Voltage Scaling / Undervolting)

## Energiesparmodi auf Embedded Control Prozessoren:

- Feststellung: Große Unterschiede bei verschiedenen Prozessorarchitekturen (Intel, PowerPC, ARM)
- Maßnahmen sinnvoll für zentrale Prozessoren mit größerer Rechenleistung, auf denen z.B. Steuerungssoftware betrieben wird
- Einbettung des Control Processor Energiemanagements in bestehende Baugruppensoftware (Linux CPU freq Treiber)

## Energieeffizienz durch optische Bypässe

- Durch eine mit optischen Bypässen optimierte Telekommunikationsnetz-Topologie konnten Kosten- und Energieeinsparungen von bis zu 50% erzielt werden.
- Um den IP-Durchgangsverkehr in Transit-Routern zu begrenzen, werden dynamisch direkte Router-zu-Router Verbindungen im optischen Netz genutzt, die sogenannten optischen Bypässe, welche zweifache Ersparnis erzielen:
  1. aufgrund der durchschnittlichen Reduzierung teurer Router Ports,
  2. durch die Nutzung des energieeffizienteren Optischen Transport Networks (OTN)

## Steuerung des lastadaptiven Betriebs

Entwicklung eines Demonstrators zur durchgängigen Steuerung aller Netzelemente, insbesondere zur Abschaltung ausgewählter Netzelemente in den Nachtstunden:

- Auf Baugruppen-, System- und Netzwerkebene energieoptimiertes Netzelement inkl. Zertifizierung
- Aktivierung der Speicherkapazität in den USV-Anlagen des TK-Netzes über ein IKT-System (production grade)
- Mit dem WAN kommunikationsfähige lokale Power Efficiency Management-Lösung, Anwendung auf lokale Netzwerke
- Neuartige Energieverbrauchsmodelle in IKT-Netzen, Berechnung optimaler dynamischer Konfigurationen



## Berechnung von Einsparpotenzialen

Es wurde ein hierarchisches Netzmodell für Deutschland entwickelt, sowie der Energiebedarf der einzelnen Netzebenen und mögliche Einsparpotenziale durch lastadaptiven Betrieb berechnet:

- Endkundennetze: 42.000 GWh p.a. etwa 30% Einsparung möglich
- Zugangsnetze: 800 GWh p.a. etwa 20% Einsparung möglich
- Aggregationsnetze: 260 GWh p.a. etwa 2% Einsparung möglich
- Kernnetze: 120 GWh p.a. etwa 20% Einsparung möglich

Die Energieeinsparung wird insbesondere durch eine Reduzierung des Strombedarfs von ca. 40% aller Telekom-Netzknotten vor allem von Mitternacht bis ca. 9 Uhr erzielt.

# Ergebnisverwertung

## Kurzfristig:

- Produktpalette Netzelemente: Energieoptimierte 1830 PSS-36 und 1830 PSS-64 Systeme sind kommerziell verfügbar
- Produktpalette Power Efficiency Management-Lösung: Einsatz der bestehenden Lösung im Service Provider-Netzwerk Bereich inkl. spezifischer Erweiterungen aus der Cloud
- Roll-Out ausgewählter Derivate der DESI-Speichersteuerung: Lastspitzenmanagement, Netzentgeltreduktion
- Verschiedene Standardisierungen im Bereich „Lastabhängiger Betrieb“

## Mittelfristig:

- Energieersparnis durch Lastabhängigen Netzbetrieb in ca. 8 Jahren
- Gemeinsame Optimierung und Steuerung von WDM/OTN und IP-Netzen gestaltet sich nach wie vor schwierig (Software Defined Networking verspricht hier eine Lösung).

## Patente und Veröffentlichungen

- 7 Patentschriften
- 15 nationale und internationale wissenschaftliche Veröffentlichungen
- 2 Beiträge zur Standardisierung:
  - Draft of ETSI EN 300 119-6: Engineering requirements for harmonized racks and cabinets with extended features
  - Draft of ETSI EN 300 119-7: Engineering requirements for subracks in harmonized racks and cabinets with extended features

### Präsentationen:

- Bell Labs Open Day, Stuttgart, November 2012 (DESI-DECORE Teildemonstrator I/O Karten Port Group Power Save)
- CeBIT, Hannover, März 2014 (DESI Gesamtdemonstrator)
- Bell Labs Future X Days, November 2014