



National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

Green IT とグリッド

2008年7月30日
産業技術総合研究所
関口智嗣

非効率はどこで どれだけ 生じているのか？

消費電力の99.9997%が熱に変わる

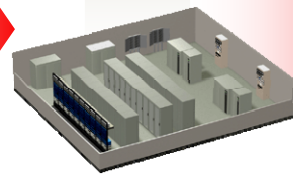
非効率
(無駄)

仕事
(有効)

Watts
IN

①

45%

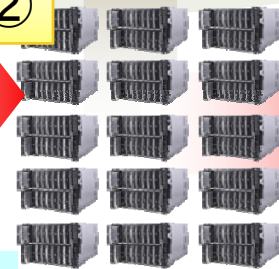


Physical Layer

55%

②

45%

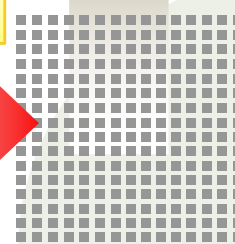


Computing Hardware

55%

③

99.999%



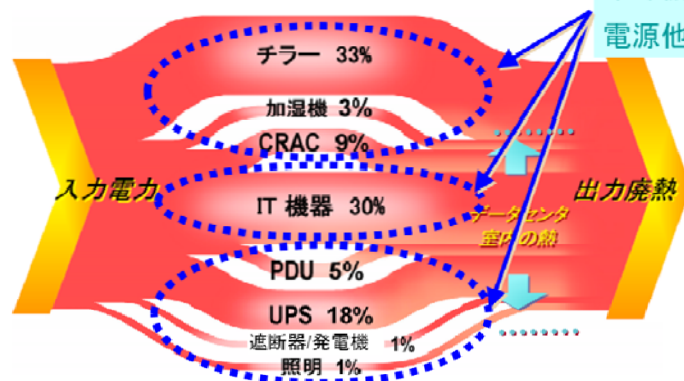
Silicon

有効利用



Business Apps

IT機器 30%
冷却機器 45%
電源他 25%



電源: 2N
空調: N+1
稼働率: 定格容量の30%

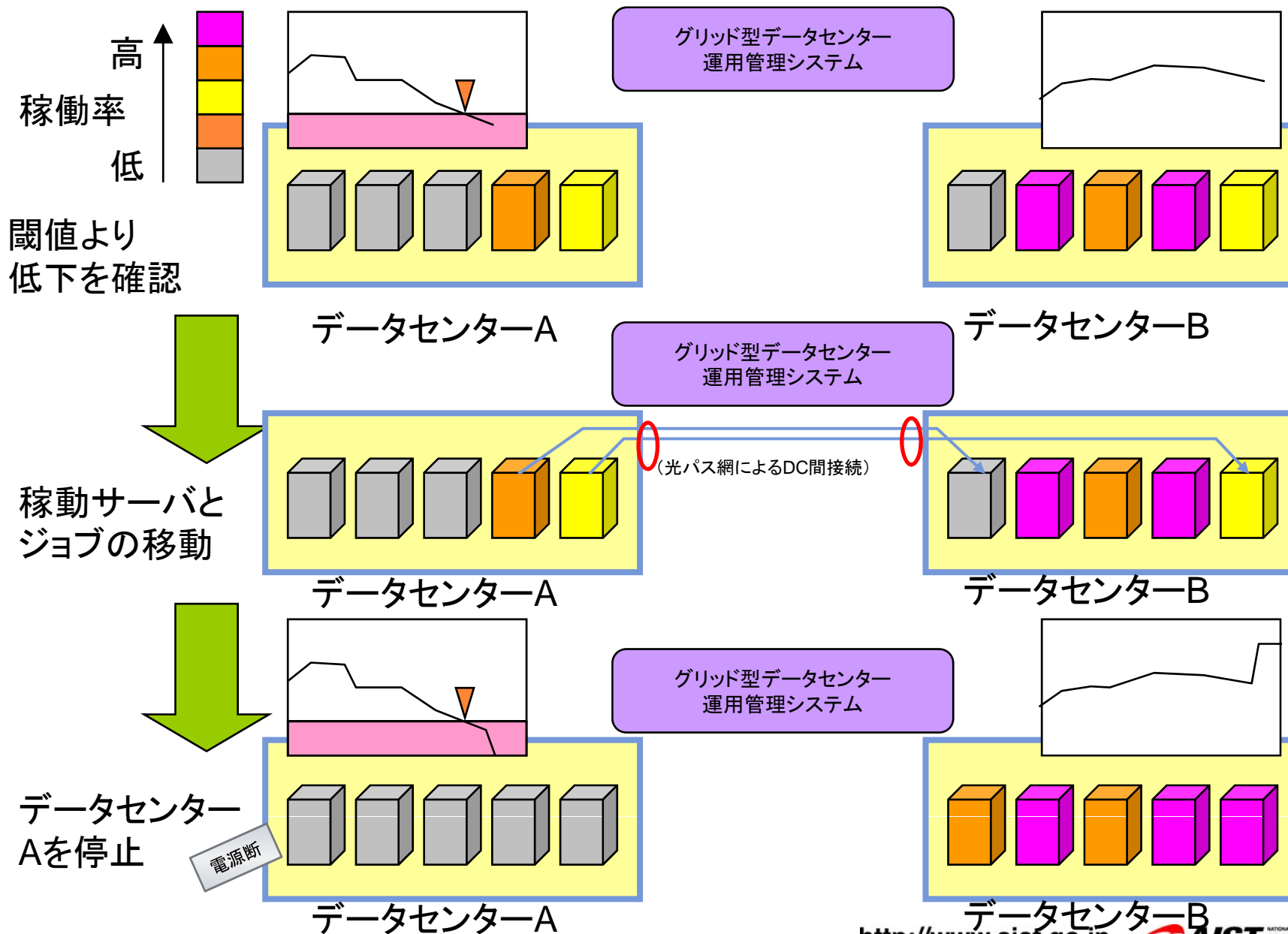
- ① 複数のデータセンターに跨った運用管理技術
- ② 低損失電源の開発(HW)
- ③ 仮想化によりSLAと電源負荷に配慮した運用管理技術



National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

ソフトウェアの介入による 低消費電力化

ソフトウェアの介入による省電力化の例



技術的課題(例)

- 予測モデルの確立
 - ジョブの移動にはサービス品質低下のリスクと移動コスト(エネルギー消費)
 - アプリケーションの性質、移動先の負荷の状態、ネットワーク経路の確保状況などを総合的に勘案して移動の可否を即座に判断する
 - ※ アプリケーションの性質(Input)と消費電力(Output)の関係について詳細測定可能なハードウェアを用いてモデル化
- 移動先の選定
 - 負荷の状態と今後の利用状況を考慮してスケジュールを決める
 - ※ スケジューリングアルゴリズム、ポリシーの策定
- 移動の準備と実行
 - 移動先のサーバを予約(確保)し、プロビジョニング(実行準備)を行う
 - ネットワーク経路の確保
 - ジョブ/プロセスの階層的ダイナミックマイグレーション
 - 仮想サーバ間、ラック間、データセンター内、データセンター間での移動
 - ※ プロビジョニングツール、仮想化サーバの構築と起動

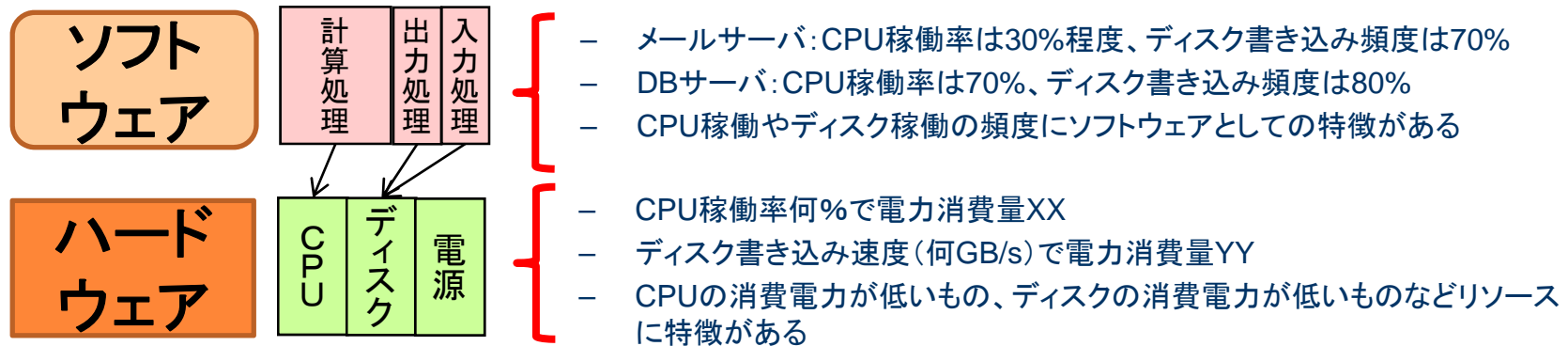
このような一連の機能を実現するソフトウェア群を「みどりウェア」*と呼ぶ

* 登録商標申請中

データセンタ・サーバシステムのモデルおよび評価指標

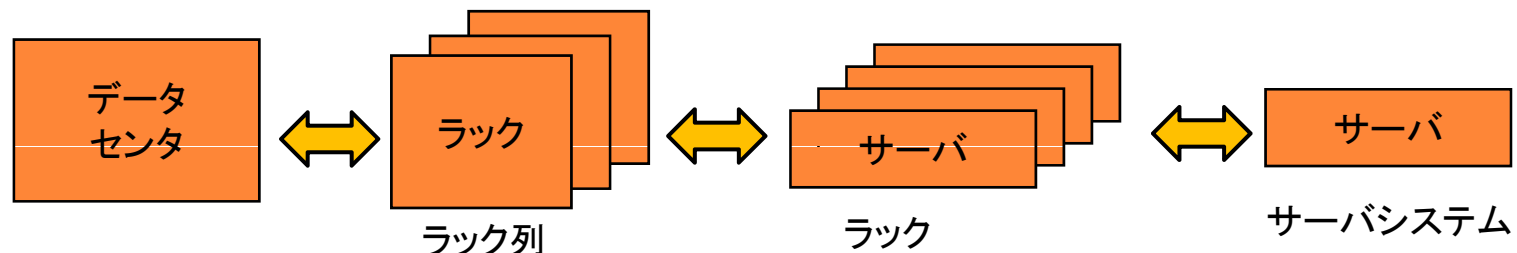
サーバシステム消費電力のモデリングと評価指標

- サーバシステム内の**主要コンポーネント**(CPU部、ディスク部、電源部など)毎の消費電力量を測定
- ソフトウェアの処理量(CPU処理量やディスクへの読み書き量など)、サーバシステムで稼働しているソフトウェアの特徴を同時に把握
- 「ソフトウェアの処理量／消費電力」という観点からモデリングし評価指標を作成



データセンタ消費電力量の実測と予測

- PUE (Power Usage Effectiveness: 電力利用効率) や DCD (Data Center Density: データセンタ密度) など、**データセンタ全体に対する指標から、階層的な指標へ**
- 「ソフトウェア(サービス)の処理量／消費電力」という観点の指標



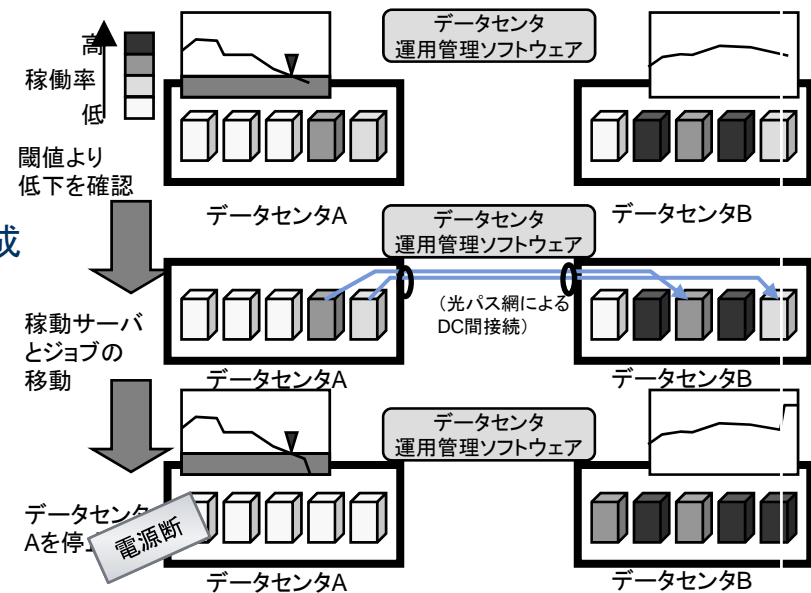
次世代データセンタ・サーバシステム技術

次世代サーバシステム技術の開発

- 仮想サーバによる処理の集約と**アイドルサーバの電源断**
- **Green SLA**に基づくサーバ運用手法の開発
- 実サーバとその上の仮想サーバの稼働状況をモニタし、サービスの品質を維持しつつ**最適なサーバ数やサーバ個々の動作を制御**する枠組みと実行時制御システムを開発
 - 周波数の制御、CPUの動作コア数変更、ディスク装置の回転数変更・停止、ノード全体のスタンバイモードなど

次世代データセンタ技術

- エネルギー消費最適化の観点から**異常値を検出してアラート**を発生
 - 消費電力量が異常に高い／低い、サーバ稼働率に対する消費電力量の比率が異常に高い／低い、サービスの稼働負荷が高い／低い
- **サービス(ソフトウェア)を稼働させるハードウェアを変更**することにより、消費電力量を低減できる組み合わせを予測し、エネルギー消費最適化プランを作成
- **最適化プランに合わせ、ライブマイグレーション技術**により、サーバ上のサービス(ソフトウェア)を移動





National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

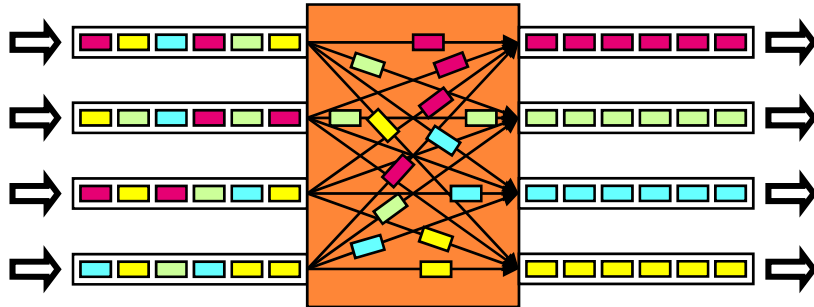
ネットワークの省電力化について

3ケタの省エネには全光網が必要

- 従来の電気スイッチによるIP交換型ベストエフォート網では、パケット処理量に比例して消費電力も増加
 - 増大するトラフィックをサポートすることは、エネルギー的にもコスト的にも困難
- ネットワークの中間ノードで電気信号に変換しない**全光網**が必要
- 光スイッチング方式
 - 光パケット網 OPS (Optical Packet Switching)
 - 電気信号によるパケット網と同等の機能が理想だが困難(ほぼ不可能)
 - 光のままではパケットヘッダの複雑な処理は困難
 - 従来型スイッチには柔軟なバッファが必須だが、光バッファ(RAM)の実現は困難
 - 構成が複雑かつ機能が限定されるなど、**大規模な適用には課題が多い**
 - **光パス網** OCS (Optical Circuit Switching)
 - 光クロスコネクタ(OXC)を用いて経路切替(回線切り替え型)
 - 構造がシンプルで、省エネルギー化が容易、**将来的には3ケタ程度**の低消費電力化(トラフィックあたり)が見込まれる
 - 回線がつながっている間は専用経路となるので**大容量データ転送に適している**
 - パケット交換網はクロストラフィックによりパケットの破棄などが生じる
 - パケット網とは全く異なる性質、**利用技術が重要**

パケットスイッチとパススイッチ

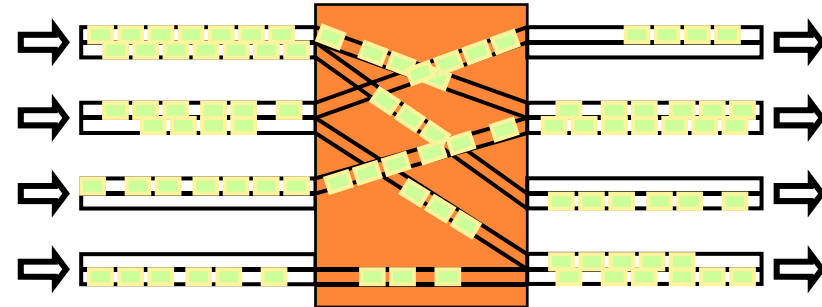
従来型電気パケットスイッチ



- ・高い柔軟性 (パケットごとに宛先)
- ・ルーティング・QoSなど細かい制御
- ・帯域保証は困難
- ・消費電力大 (処理、構造が複雑)

CRS-1 最大構成
ポート総容量92Tbit/s
80架
消費電力1160kW

光パススイッチ(OCS)



- ・低消費電力 (データを光のまま通す)
- ・帯域保証
- ・柔軟性が低い (パス設定が必要)

MEMS 光スイッチモジュール
256ポートx160Gbps=82Tbit/s
3U-19インチ標準ユニット
消費電力 < 20W

Evolutionary Pressures on Grid Technology and Markets

Craig A. Lee, President, OGF

Grid World 2008

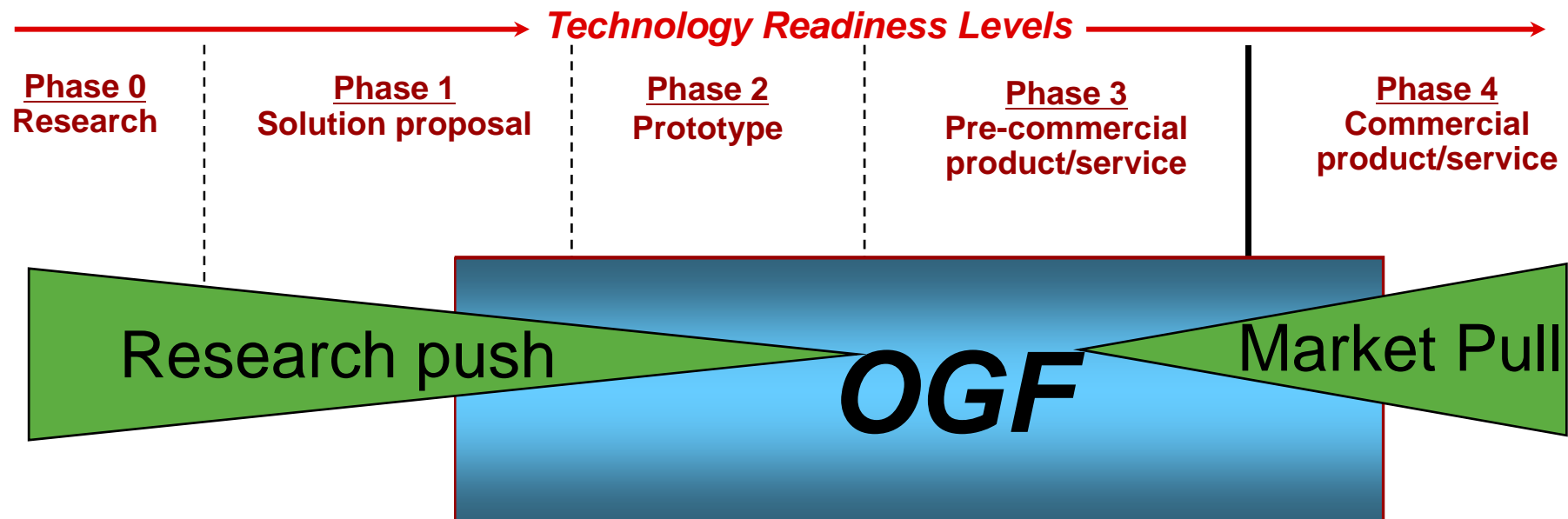
Tokyo International Forum

Tokyo, Japan -- June 25, 2008

Driving Innovation



Ulf Dahlsten, Director 'Emerging Technologies and Infrastructures'



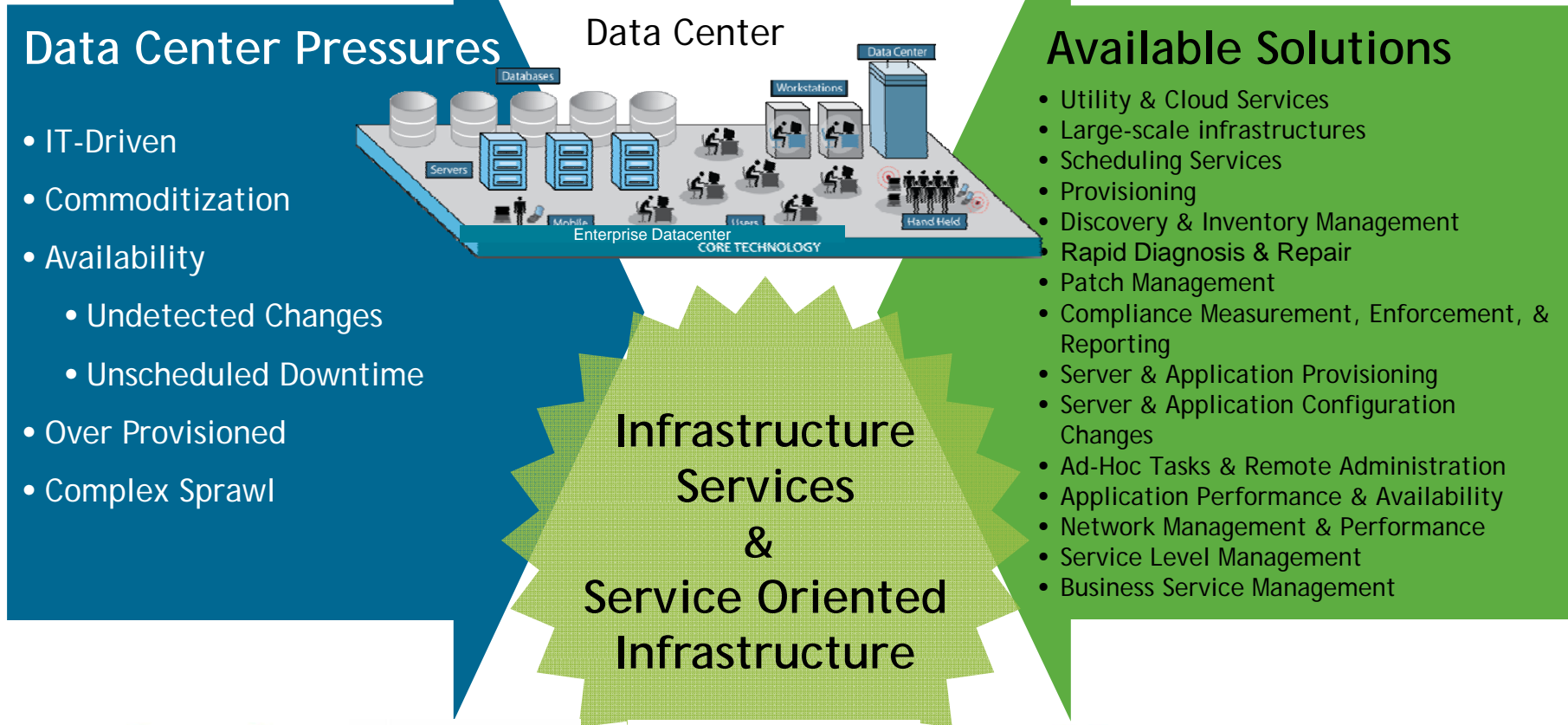
Managing the Technology Maturation Process

Evolutionary Pressures



- *Technology -- and Markets -- Never Stand Still*
- The tension between Requirements and Capabilities creates pressure on many fronts
 - Data Center Demand
 - Green IT
 - Clouds and Virtualization
 - Sustainability
- *OGF is addressing all of these areas*

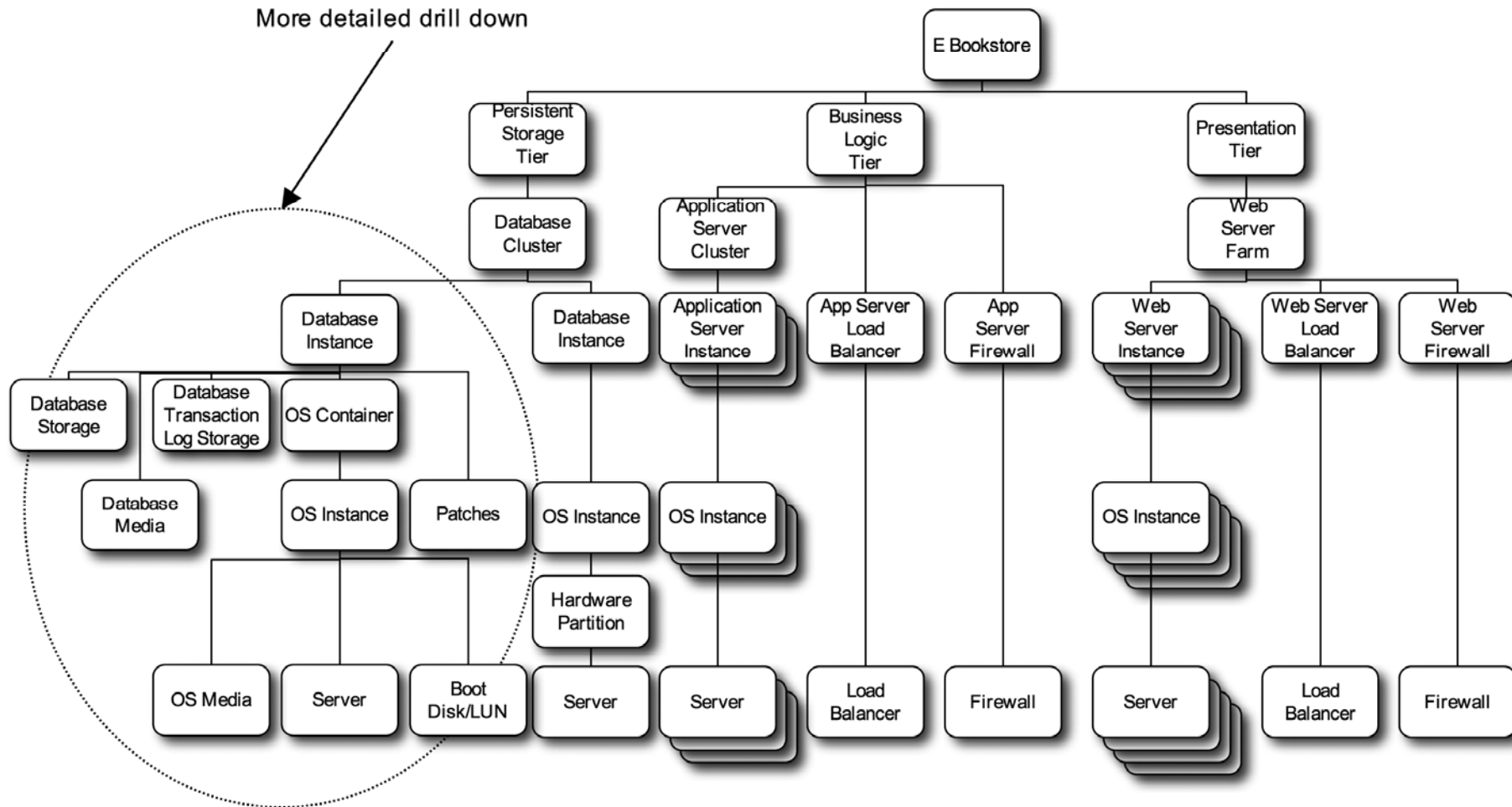
Today's Data Center



Shawn Findlan, West Avenue
Management Partners, LLC

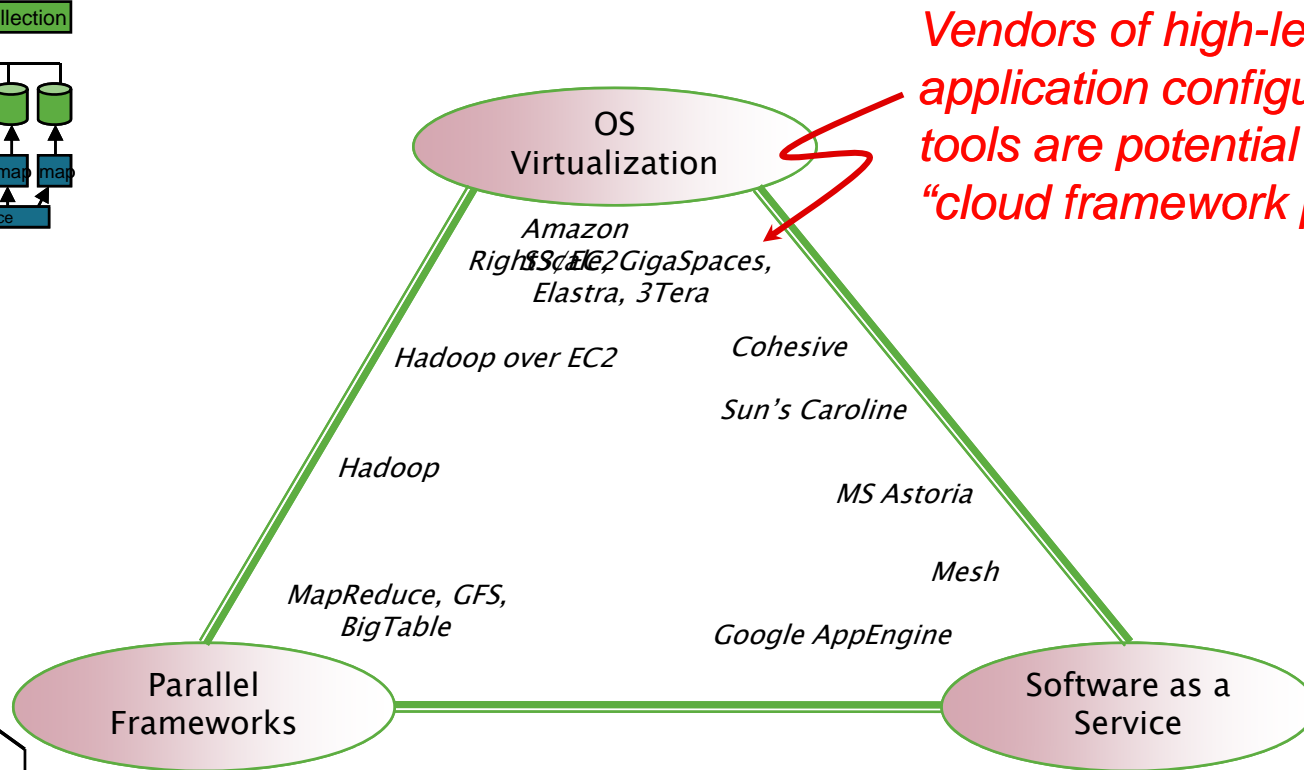
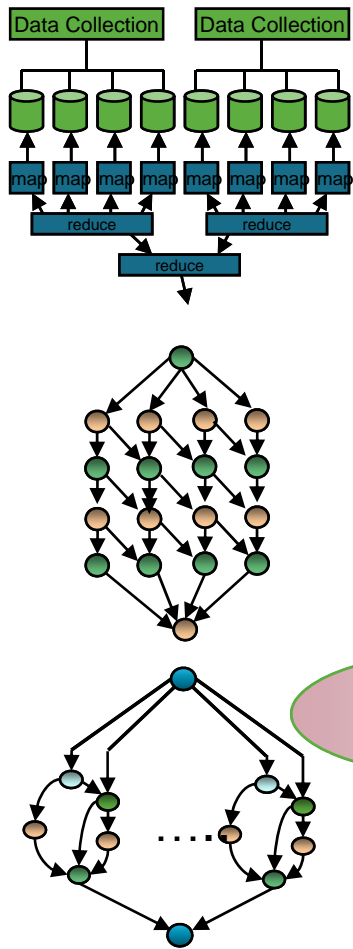
OGF Data Center Reference Model:

a Grid Component Instantiation Dependency Graph 



OGF Reference Model, v2.0E Draft, D. Snelling, Fujitsu, P. Strong, eBay

A “Cloudy” Solution Space



Vendors of high-level application configuration tools are potential “cloud framework providers”

Courtesy of Dennis Gannon, www.extreme.indiana.edu/~gannon/science-data-center.pdf

Run Your Own Cloud!



- Cloud client recently available
 - <http://workspace.globus.org/clouds>
- Deploy a cloud using your own resources
 - Any size cluster “on the back-end”
- Easy command line tools to deploy applications “in the cloud”
- Possible to interoperate with Amazon EC2

And Finally...



Consider Joining OGF!

- OGF-24 in Singapore
 - Biopolis, September 15-19, 2008
- OGF-25 with EGEE
 - Italy, Winter 2009
- OGF-26 in Chapel Hill
 - North Carolina, USA, Summer 2009