



Integrated Resource Allocation Scheme for Real-Time Multicast

実時間動画像マルチキャスト
通信のための
統合化資源割当制御

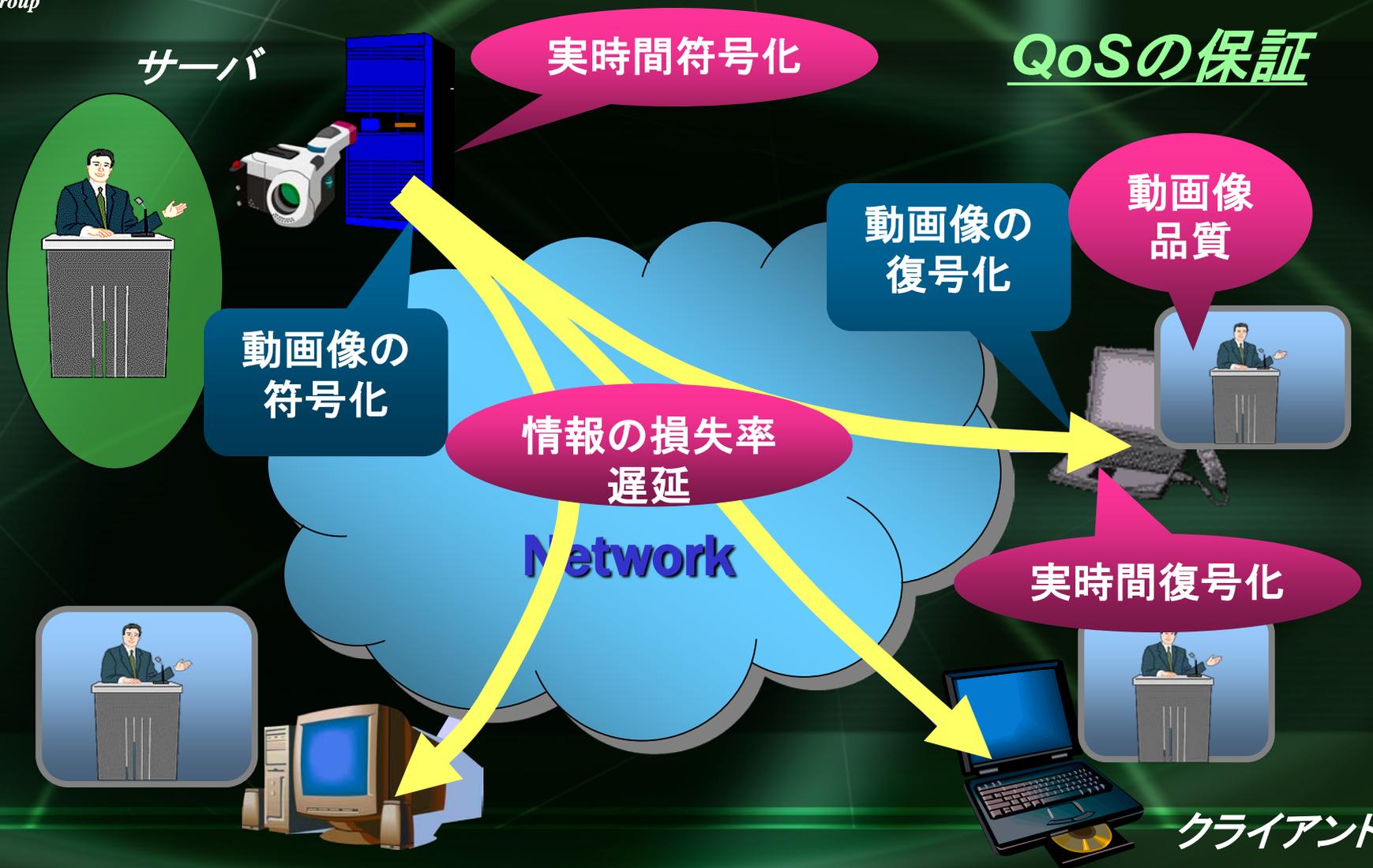
大阪大学 大学院基礎工学研究科 情報数理系専攻

M2 宮原研究室

山下 岳人



動画像マルチキャスト通信





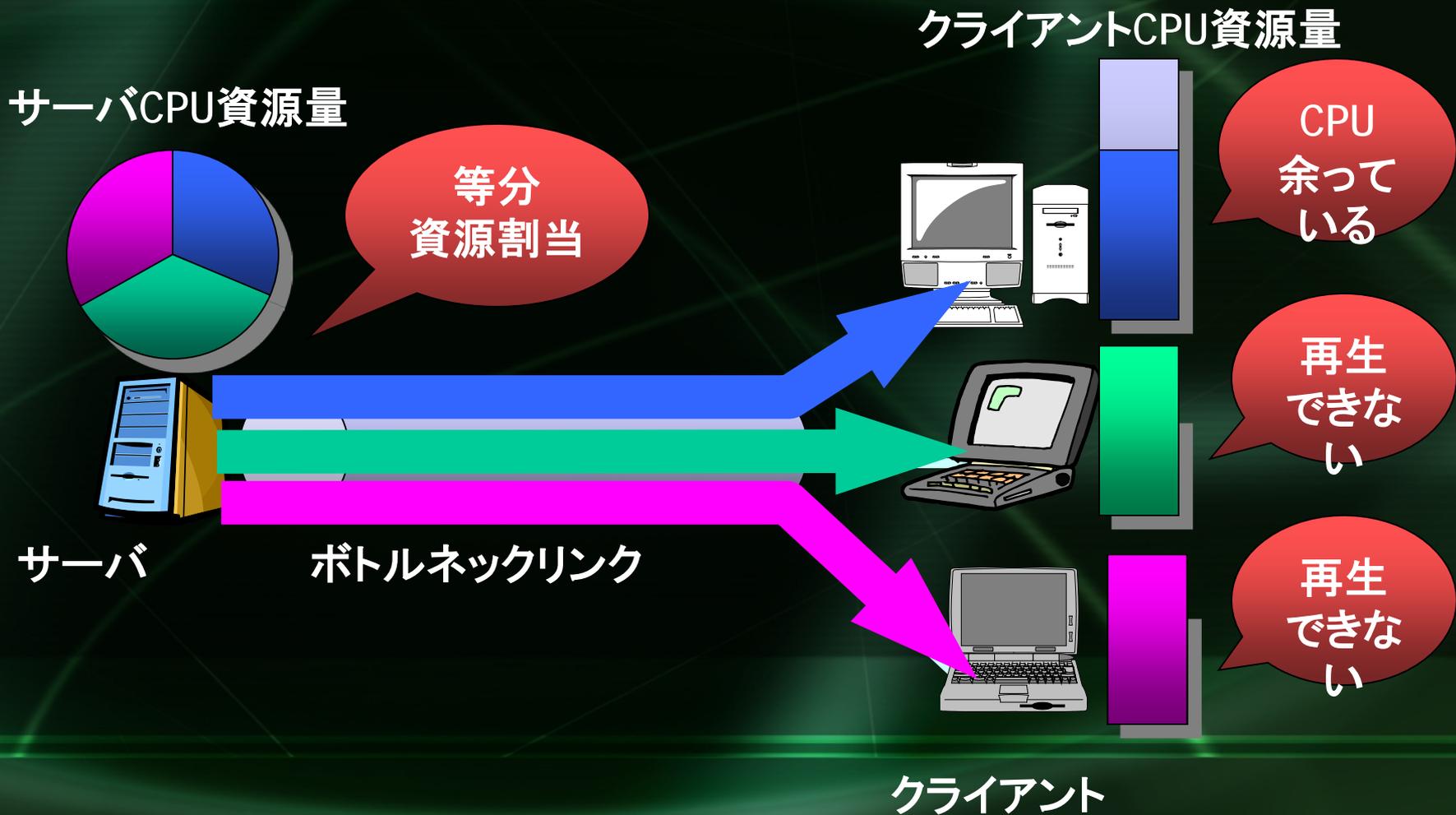
動画像通信のためのQoS保証

- ネットワークにおけるQoS保証
 - ⊙ 帯域予約型ネットワークによる帯域割当
- エンドシステムにおけるQoS保証
 - ⊙ リアルタイムOSによるCPU資源割当

- ✓ 利用可能な資源量は有限
- ✓ 各資源間には相関関係が存在



等分資源割当





統合化資源割当





目的

- システム全体の資源を考慮した統合的な資源割当制御手法の提案
 - ⊗ ネットワーク資源
 - ⊗ エンドシステム資源
- ✓ 資源環境の異なるユーザに対し、高品質な動画像マルチキャスト通信の提供



統合化資源割当制御手法の概要

1. クラスタリングによるマルチキャストグループ構成
 - ⊙ 共有資源の負荷軽減
2. マルチキャストツリー生成
 - ⊙ 利用リンク数, 帯域を抑えたツリーを生成
3. 資源割当と動画像品質の決定
 - ⊙ 効用, 利得, コスト関数の定義
 - ⊙ 効用を最大化する資源割当制御



資源割当制御手順

サービス内容ブロードキャスト

利用可能
資源量通知

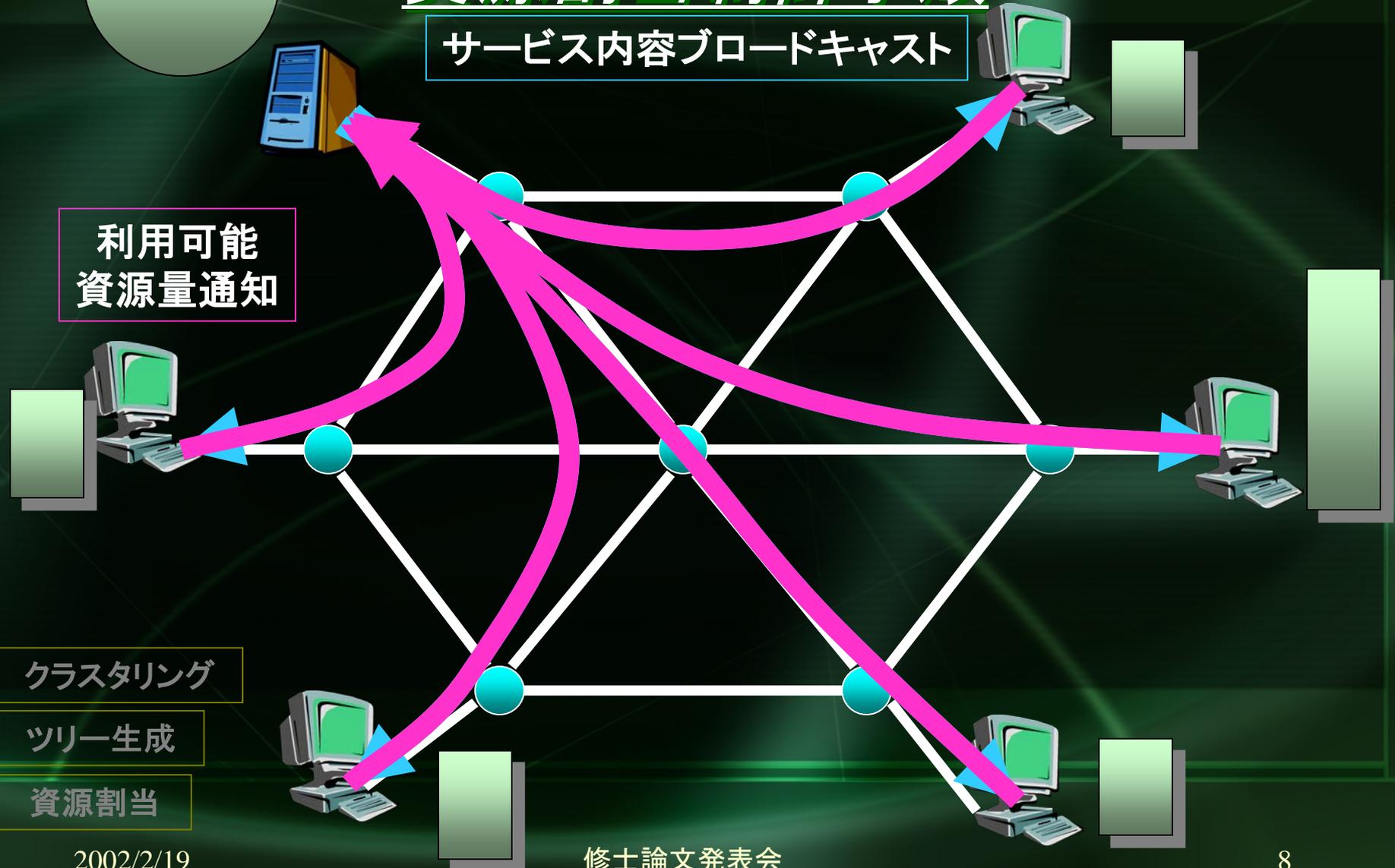
クラスタリング

ツリー生成

資源割当

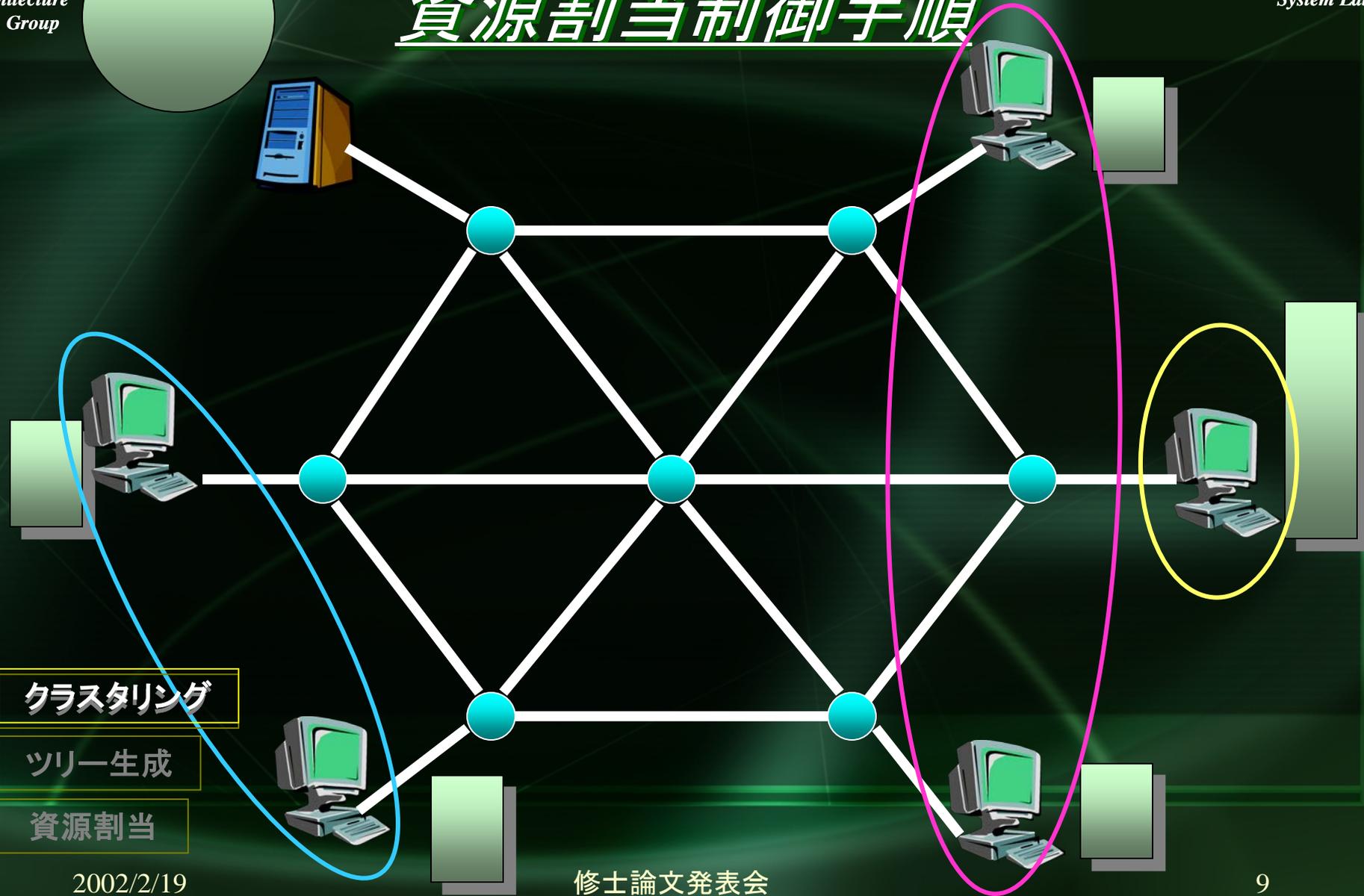
2002/2/19

修士論文発表会





資源割当制御手順



クラスタリング

ツリー生成

資源割当

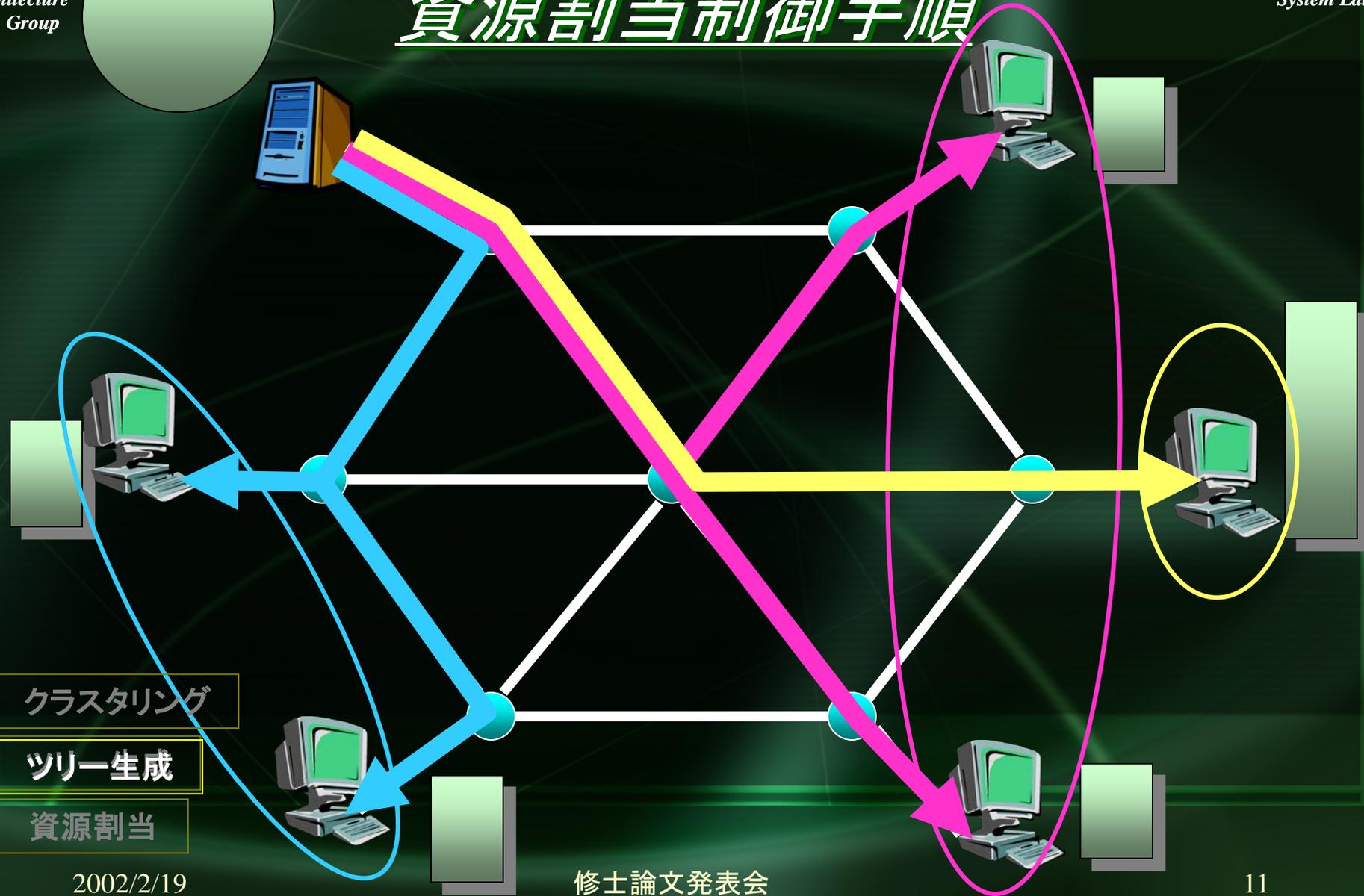


クラスタリングによる マルチキャストグループの構成

- ▶ サーバおよびネットワークの負荷を軽減するために、同様の資源状況にあるクライアントを同じグループに収容
- ▶ 基準：各クライアントの利用可能な資源
 - ⊗ CPU資源量
 - ⊗ アクセスリンク帯域
- ▶ k -平均クラスタリングアルゴリズム
→ マルチキャストグループ決定



資源割当制御手順



- クラスタリング
- ツリー生成
- 資源割当



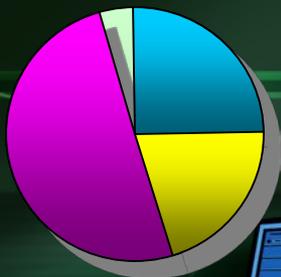
マルチキャストツリー生成

- クラスタリングにより決定されたクラスタごとにマルチキャストツリーを生成
- 特定のノードに対するMinimum Spanning Treeを生成 (Steiner Tree 問題)
 - ⊗ 単純なアルゴリズムで近似解を得る
LCMアルゴリズム [11] を利用

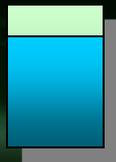
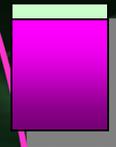
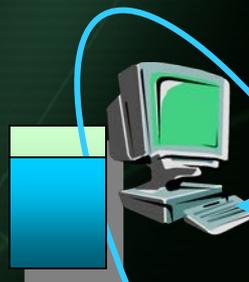
[11] A. Shaikh, S. Lu, and K. Shin, "Localized multicast routing," in Proceedings of IEEE GLOBECOM '95, pp. 1352 – 1356, November 1995



資源割当制御手順



Maximize
 ΣU_i



クラスタリング

ツリー生成

資源割当



資源割当制御

➤ 効用関数の定義

グループ i の効用

$$U_i = \text{Benefit}_i / \text{Cost}_i$$

得られる動画像品質
で表される利得

$$\text{Benefit}_i = \square \square$$

各割当資源にかかるコスト

$$\begin{aligned} \text{Cost}_i &= \text{帯域コスト} \\ &+ \text{サーバCPUコスト} \\ &+ \text{クライアントCPUコスト} \end{aligned}$$

最大化

利用可能な
資源量を考慮した効率的な資源割当



効用を最大化する資源割当制御

$$\text{maximize } \sum_i^k U_i$$

$$\forall l \quad \sum_i^k W_i \cdot Z(i, l) \leq L_l^{\text{free}}$$

$$\forall i \quad W_i \leq W_i^{\text{free}}$$

$$\forall i \quad S_i \leq S_i^{\text{free}}$$

$$\sum_i^k S_i \leq S^{\text{free}}$$

$$\forall i, j \quad C_i \leq C_{ij}^{\text{free}}$$

1. サーバCPU資源, 共有ネットワーク帯域を各クラスタへ均等割当
2. クラスタごとに利用可能な資源量の範囲内で資源割当を決定
3. 余剰資源をそれによる効用の増分の最も大きいクラスタへ追加配分し, 再び資源割当を計算する
4. どのクラスタの効用も上がらなくなるか余剰資源が生じなくなるまで3を繰り返す



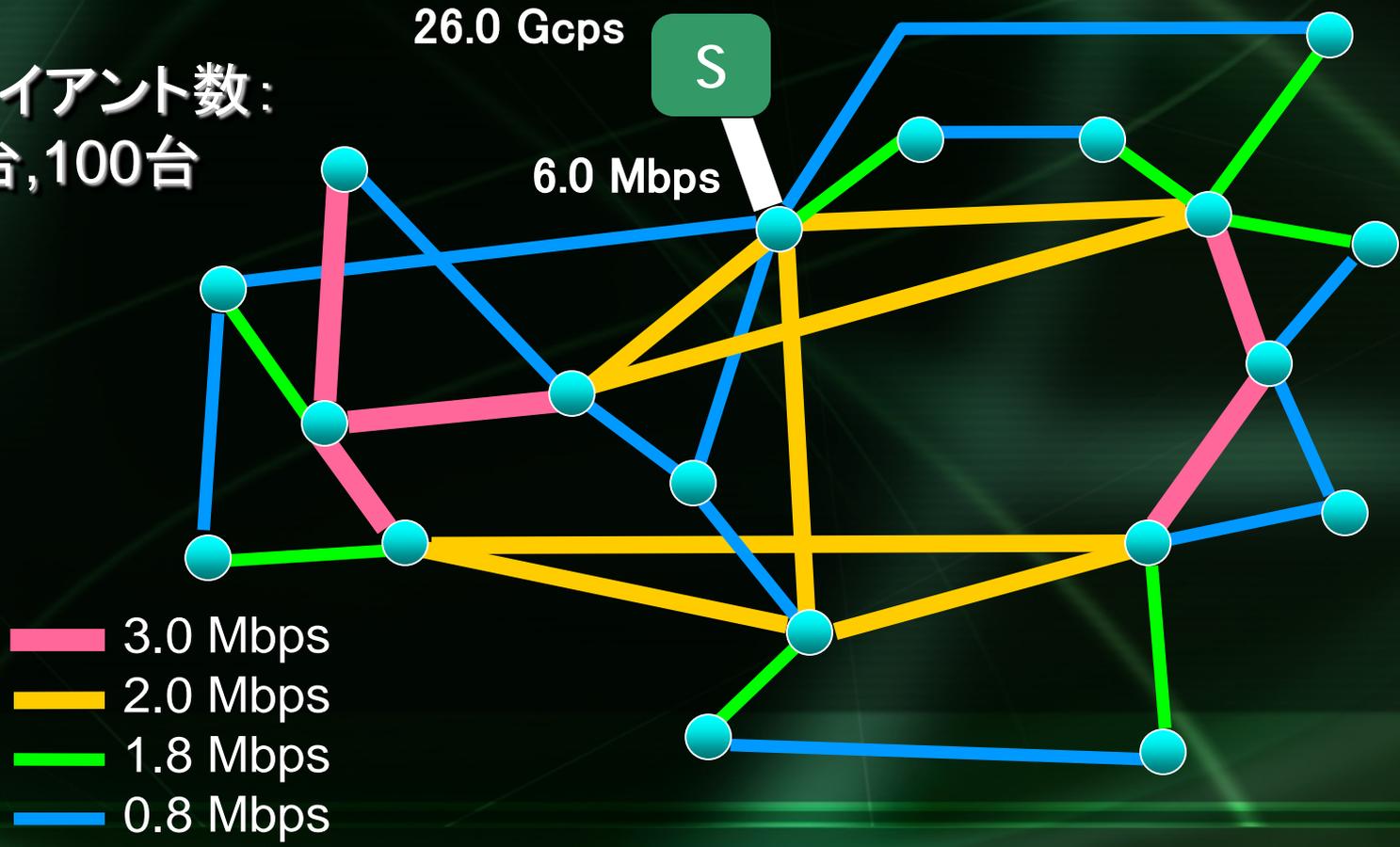
ネットワークモデルへの適用

- ▶ 資源環境がさまざまに異なるネットワークモデルを用いて提案資源割当手法の評価を行う
 - ◆ シングルボトルネックリンクモデル
 - ◆ MCIネットワークモデル
 - 等分資源割当との比較評価
 - クラスタリング手法の違いによる評価



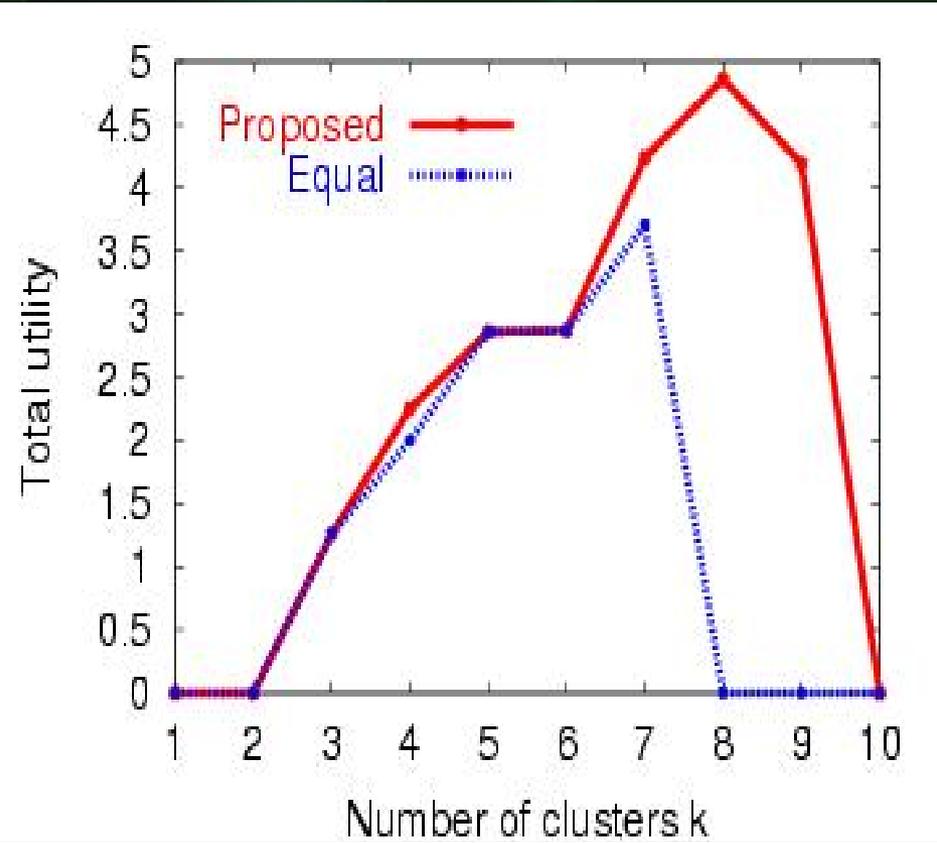
MCIネットワークモデル

✓ クライアント数:
10台, 100台

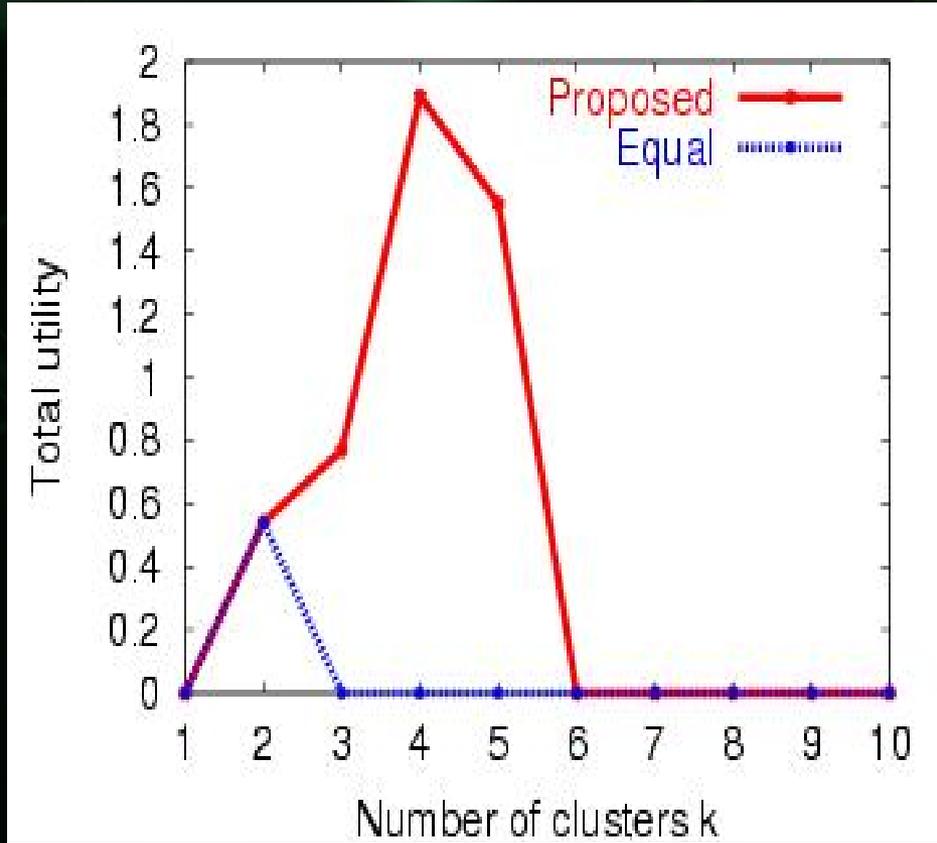




得られる効用の総和



クライアント数 10



クライアント数 100

MCIネットワークモデル



おわりに

➤ まとめ

- ◎ 資源予約型の動画像マルチキャスト通信システムにおいて、ユーザに高品質な動画像を提供するための統合的な資源割当制御手法を提案した
- ◎ ユーザごとに資源環境の異なるネットワークモデルへ適用し提案手法の有効性を検証した

➤ 今後の課題

- ◎ より高いスケーラビリティのための分散型処理
- ◎ クラスタリングと資源割当を統合的に扱う手法



利得, コスト各関数の定義

➤ $Benefit_i = Q_{\max} / Q_i \times m_i$

➤ $Cost_i = \left\{ \begin{matrix} \square & \square \\ \square & \square & \square \end{matrix} \right\}^2 + \left\{ \begin{matrix} \square & \square & \square & \text{CPU} \\ \square & \square & \square \end{matrix} \right\}^2 + \left\{ \begin{matrix} \square & \square & \square & \square & \square & \square & \text{CPU} \\ \square & \square & \square \end{matrix} \right\}^2$

➤ 帯域コスト = $W_i / W^{free} \times n_i \times 100$

➤ サーバCPUコスト = $S_i / S^{free} \times 100$

➤ クライアントCPUコスト = $\frac{1}{m_i} \sum_j C_i / C_{ij}^{free} \times 100$



動画像品質と必要資源量の関係

帯域

$$W(R, Q, F, G) \cong 3.1^{\log_4 \frac{R}{640 \times 480}} \times \left(\alpha + \frac{\beta}{Q} + \frac{\gamma}{Q^2} \right) \frac{F}{30} W_{base}$$

サーバCPU

$$S \cong S_G \frac{R}{640 \times 480} \frac{F}{30}$$

クライアントCPU

$$C \cong W \times 40 + \left(\lambda + \frac{N_P}{N} \delta + \frac{N_B}{N} \varepsilon \right) \frac{R}{640 \times 480} \frac{F}{30}$$

✓ MPEG符号化パラメータから予測可能