



動画像マルチキャスト通信に おける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

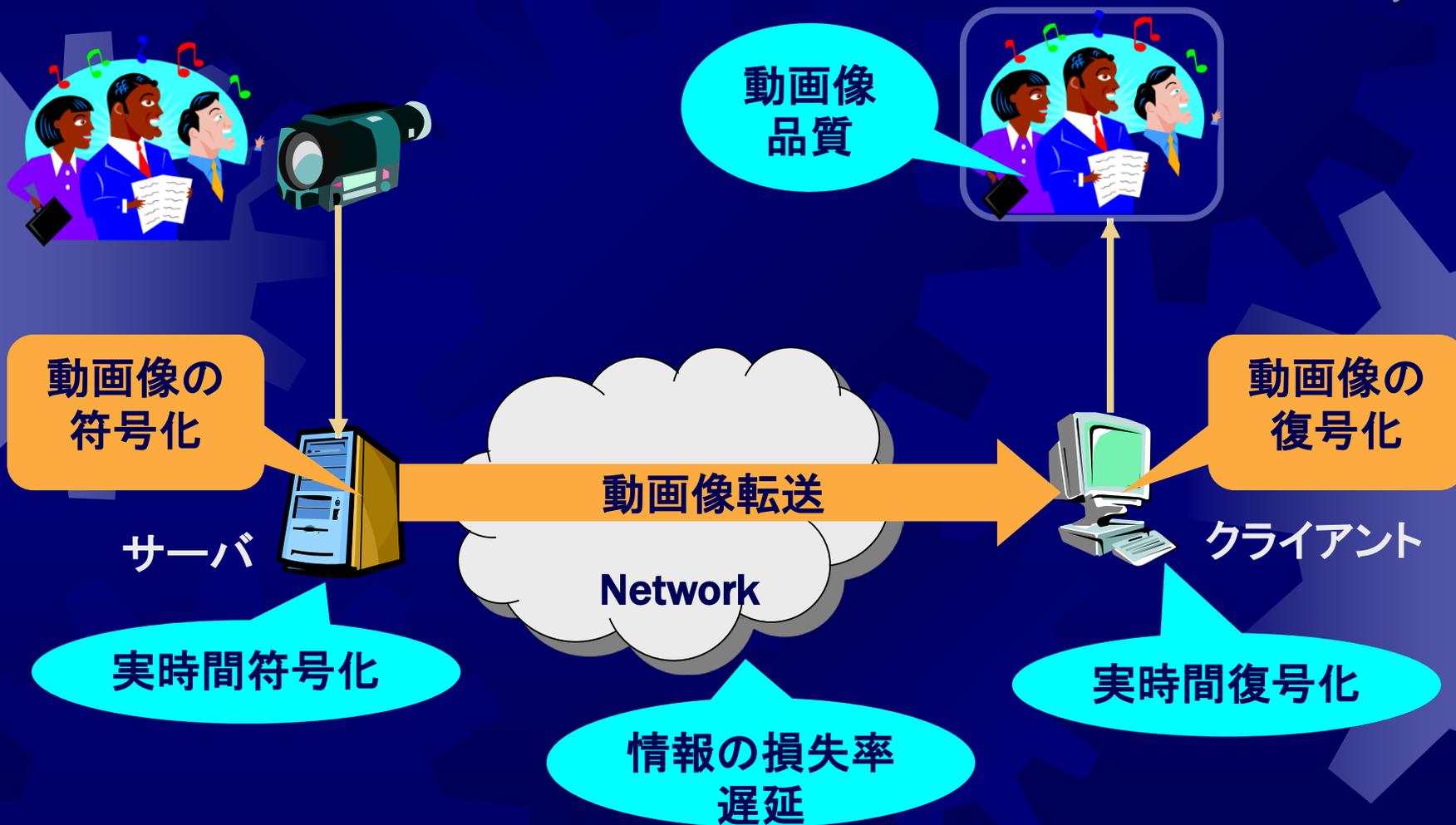
M2 宮原研究室

山下 岳人

動画像通信におけるQoS



Multimedia
Information
System Lab.





動画像通信のためのQoS保証

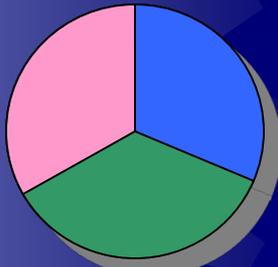
- ★ ネットワークにおけるQoS保証
 - ★ 帯域予約型ネットワークによる帯域割当
- ★ エンドシステムにおけるQoS保証
 - ★ リアルタイムOSによるCPU資源割当

- ★ 利用可能な資源量は有限
- ★ 各資源間にはトレードオフが存在



公平な資源割当

サーバCPU資源量



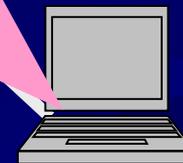
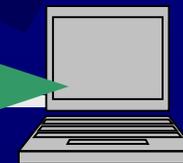
等分
資源割当



サーバ

ボトルネックリンク

クライアントCPU資源量



クライアント



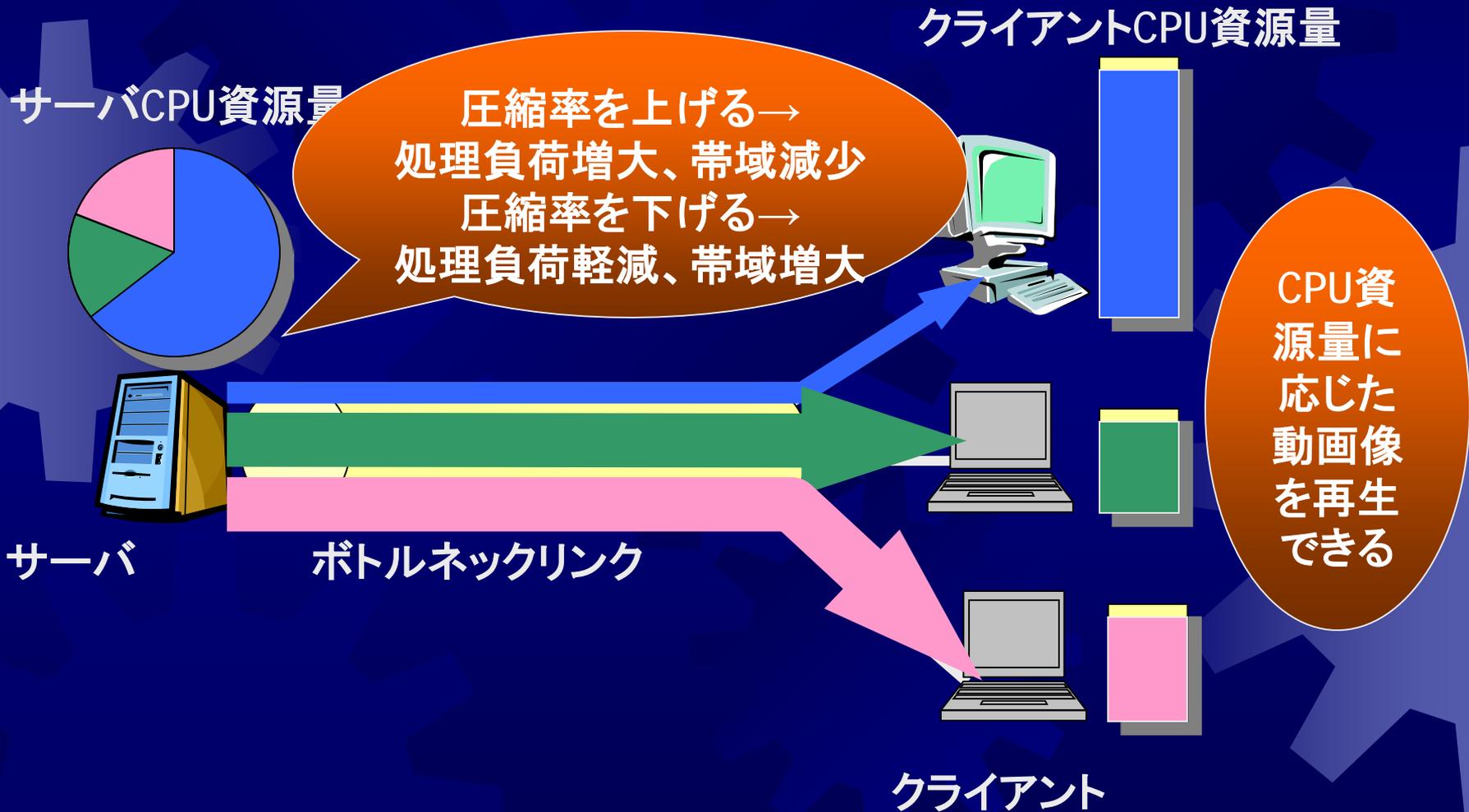
CPU
余って
いる

再生
できない

再生
できない



統合化資源割当



ユーザ効用の総和を最大化する 統合化資源割当制御



Multimedia
Information
System Lab.

各クラスターの効用

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

利得(動画像品質)

各割当資源にかかるコスト

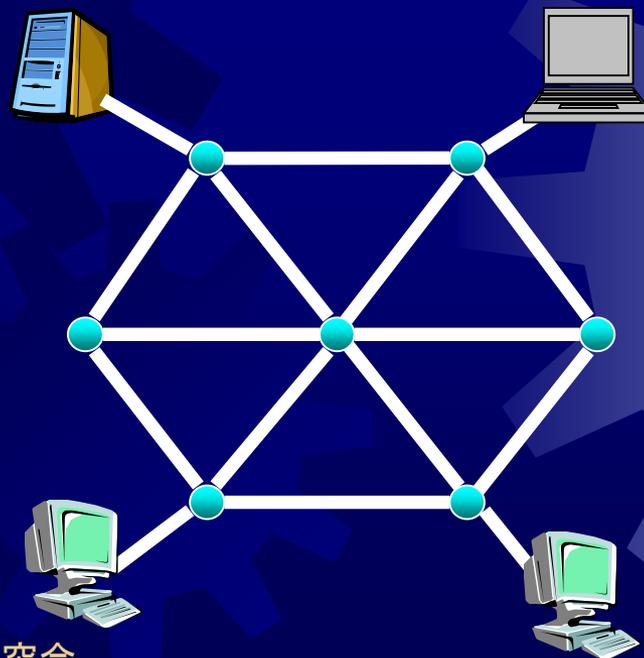
$$\text{maximize } \sum_i^k U_i$$

$$\forall l \sum_i^k BW_i \cdot Z(i, l) \leq BW(l)^{\text{free}}$$

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

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

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



統合化資源割当制御手法の概要

★ クラスタリング

- ★ 共有資源の負荷軽減

★ マルチキャストツリー

- ★ 利用リンク数, 帯域を抑えたツリーを生成

★ 資源割当

- ★ 効用, 利得, コスト関数の定義
- ★ セッション単位で効用を最大化する資源割当制御

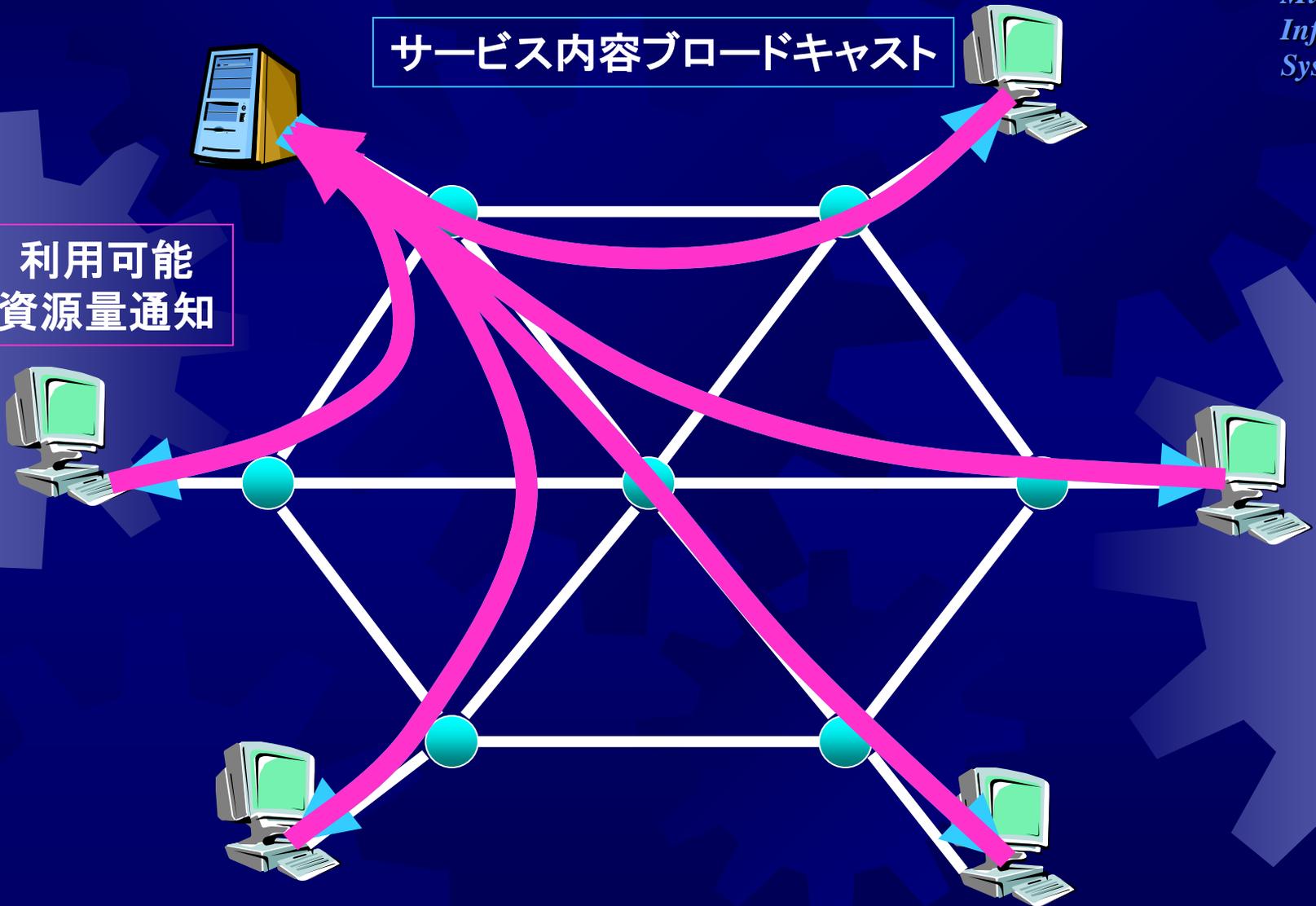
資源割当制御手順



Multimedia
Information
System Lab.

サービス内容ブロードキャスト

利用可能
資源量通知



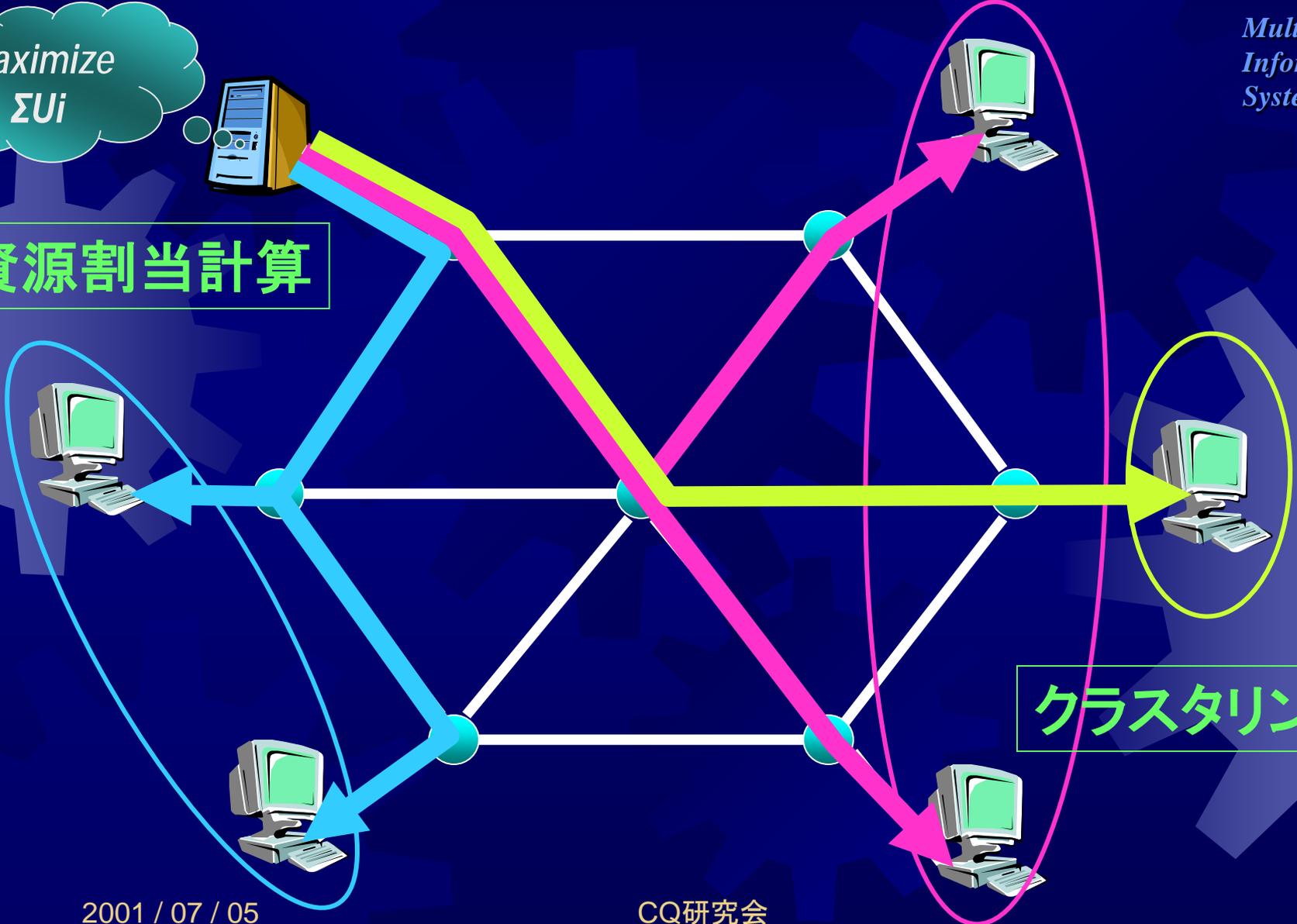


資源割当制御手順

Maximize
 $\sum U_i$

資源割当計算

クラスタリング





クラスタリング

- ★ 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集約
- ★ 各クライアントの利用可能なCPU資源量を基準
- ★ k-平均クラスタリングアルゴリズム



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



効用関数の定義

★ 各クラスタの効用

クラスタ i の効用

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

得られる動画像品質
(量子化スケール Q)
で表される利得

$$\textit{Benefit}_i = Q_{\max} / Q$$

各割当資源にかかるコスト

$$\begin{aligned} \textit{Cost}_i = & \{ \text{帯域コスト} \}^2 \\ & + \{ \text{サーバCPUコスト} \}^2 \\ & + \{ \text{クライアントCPUコスト} \}^2 \end{aligned}$$

最大化

各資源を考慮した効率的な資源割当



動画像と必要資源量の関係

★ 帯域

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

- ★ SNR解像度およびGoP構成から予測可能

★ サーバCPU

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

- ★ GoP構成のみから予測可能

★ クライアントCPU

$$C \cong BW \times 40 + \left(870 + \frac{N_P}{N} \delta + \frac{N_B}{N} \varepsilon \right) \frac{R}{640 \times 480} \frac{F}{30}$$

- ★ 帯域に比例, GoP構成により増減



効用を最大化する資源割当制御

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

$$\forall l \sum_i^k B_{Wi} \cdot Z(i, l) \leq B_{W}(l)^{\text{free}}$$

$$\forall i \ B_{Wi} \leq B_{Wi}^{\text{free}}$$

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

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

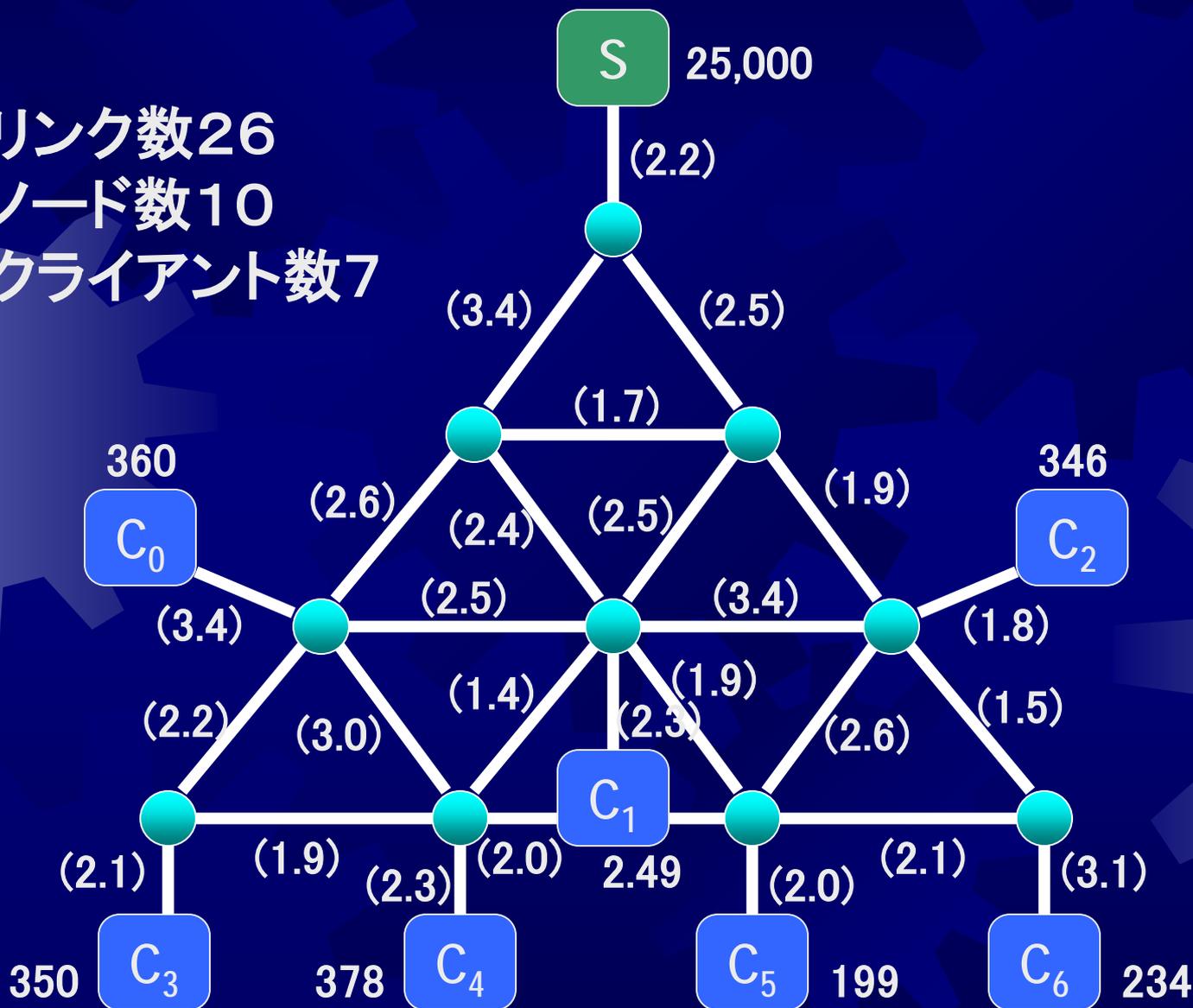
1. サーバCPU資源を各クラスタへ均等割当
2. クラスタごとに利用可能な資源量の範囲内で資源割当を決定
3. 余剰資源をそれによる効用の増分の最も大きいクラスタへ追加配分し, 再び資源割当を計算する
4. どのクラスタの効用も上がらなくなるか余剰資源が生じなくなるまで3を繰り返す

評価ネットワーク

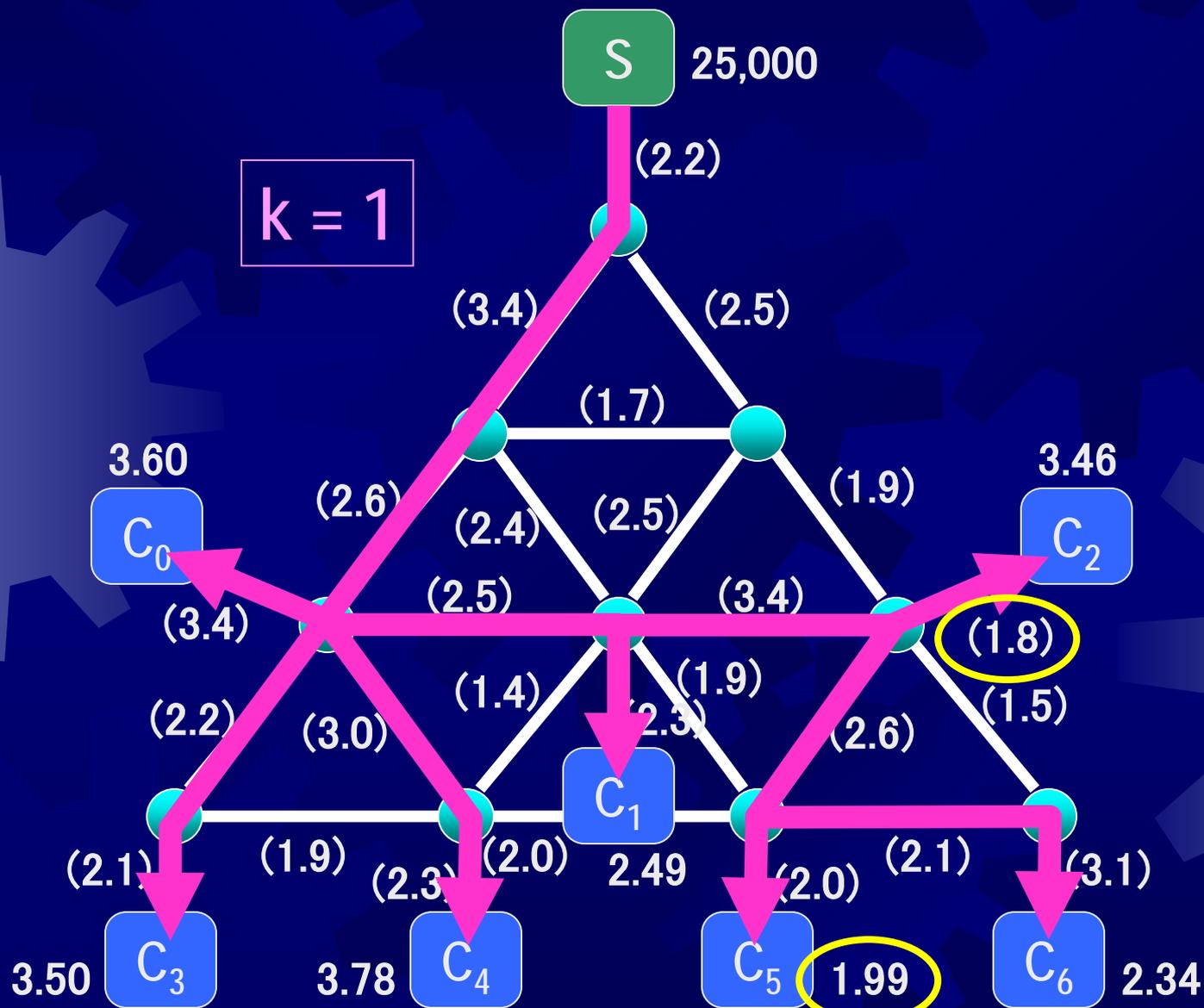


Multimedia
Information
System Lab.

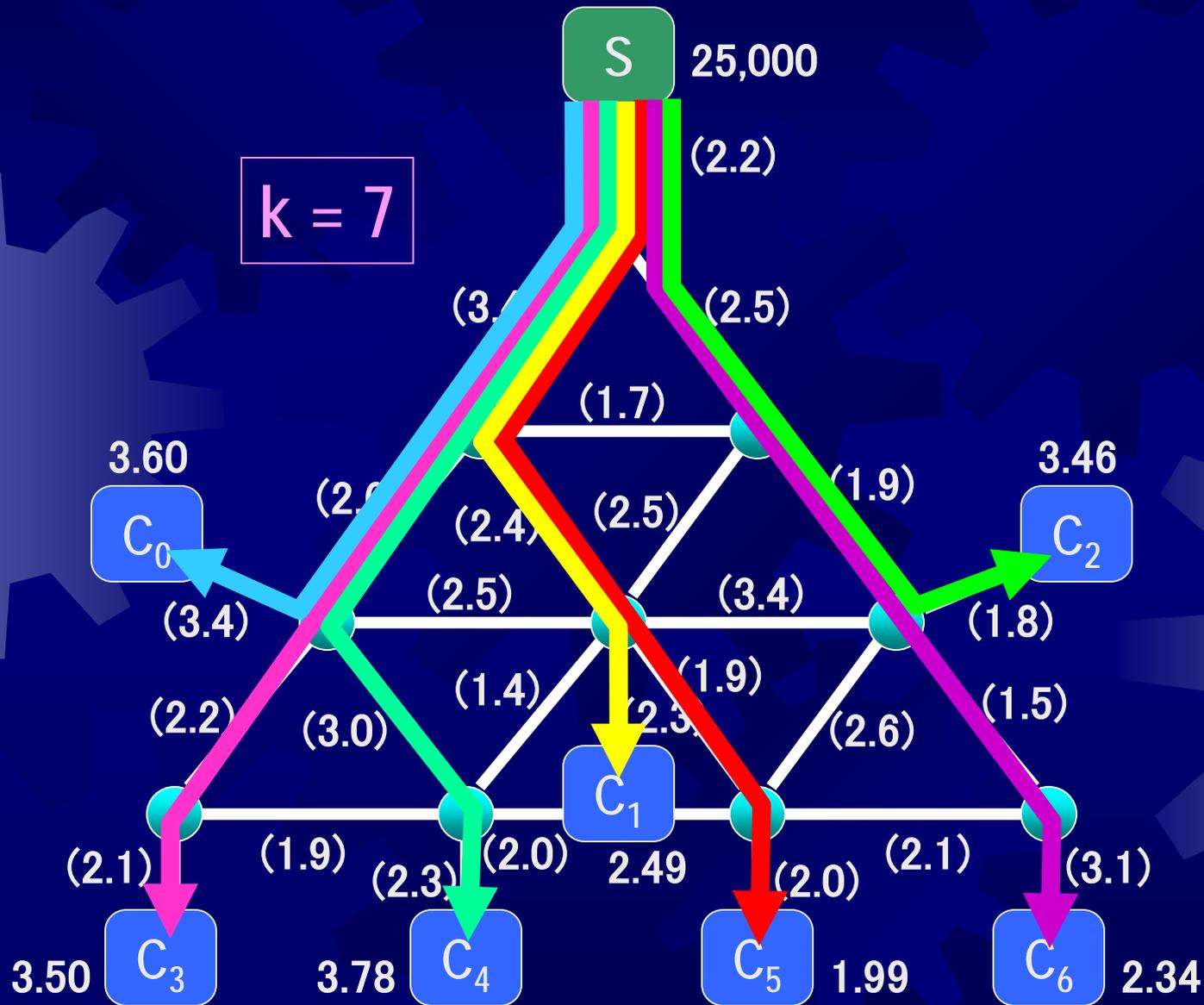
- ✓リンク数26
- ✓ノード数10
- ✓クライアント数7



資源割当結果 1



資源割当結果2



評価結果



クラスタ No.	効用 / 動画像品質 (クライアント数)							Multimedia Information System Lab.
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	
1	4.36 / 40 (7)	1.83 / 40 (4)	0.87 / 40 (3)	0.51 / 40 (3)	0.22 / 40 (2)	0.16 / 40 (2)	1.14 / 40 (1)	
2		3.62 / 20 (3)	3.62 / 20 (3)	2.32 / 24 (2)	1.76 / 32 (2)	0.82 / 32 (1)	0.78 / 40 (1)	
3			2.53 / 28 (1)	2.07 / 32 (1)	0.24 / 40 (1)	1.34 / 24 (1)	0.79 / 40 (1)	
4				1.17 / 16 (1)	0.93 / 20 (1)	1.89 / 32 (1)	0.10 / 40 (1)	
5					2.39 / 24 (1)	0.69 / 28 (1)	0.10 / 40 (1)	
6						0.17 / 40 (1)	0.92 / 32 (1)	
7							1.12 / 40 (1)	
効用の 合計	4.36	5.45	7.02	6.07	5.54	5.07	4.95	18



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、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を用いて提案手法の評価を行い有効性を示した。

今後の課題

- ★ 分散型資源割当制御
- ★ 複数サーバによる負荷分散



利得, コスト各関数の定義

- ★ $Benefit_i = Q_{\max} / Q_i \times m_i$
- ★ $Cost_i = \left\{ \begin{array}{c} \text{帯域} \\ \text{コスト} \end{array} \right\}^2 + \left\{ \begin{array}{c} \text{サーバCPU} \\ \text{コスト} \end{array} \right\}^2 + \left\{ \begin{array}{c} \text{クライアントCPU} \\ \text{コスト} \end{array} \right\}^2$
- ★ 帯域コスト = $BW_i / BW_i^{free} \times n_i \times 100$
- ★ サーバCPUコスト = $S_i / S^{free} \times 100$
- ★ クライアントCPUコスト = $\frac{1}{m_i} \sum_j C_i / C_{ij}^{free} \times 100$