

# 「光統合ネットワークの管理制御およびノード構成技術に関する研究開発に関する研究開発」 の研究開発目標・成果と今後の成果の展開・普及

## 1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 大阪大学(代表(幹事)研究者)、大阪府立大学
- ◆研究開発期間 平成22年度から平成25年度(4年間)
- ◆研究開発費 総額84百万円(平成25年度 17百万円)

## 2. 研究開発の目標

大規模なネットワークにおける網制御という、時間的・空間的に高い性能を要求されるシステムにも適用可能な性能を有するエージェントシステムについて検討し、それを生かした柔軟なユーザインターフェイス技術及びネットワーク運用管理技術を提案する。最終的には、提案するエージェントシステムにより、エンドユーザとネットワーク提供者がオープンに交渉できるフィールドを構築し、ストリーミングなどの帯域保証通信に対してパス交換を、大容量ファイルダウンロードなどのベストエフォート通信に対してパケット交換を適用することを基本としつつ、これらを適応的・効率的に統合利用する枠組みを提案する。

## 3. 研究開発の成果

### (ア) リアルタイムマルチエージェントシステムの構築

1. エージェント実行制御技術
2. エージェントスケジューリング技術

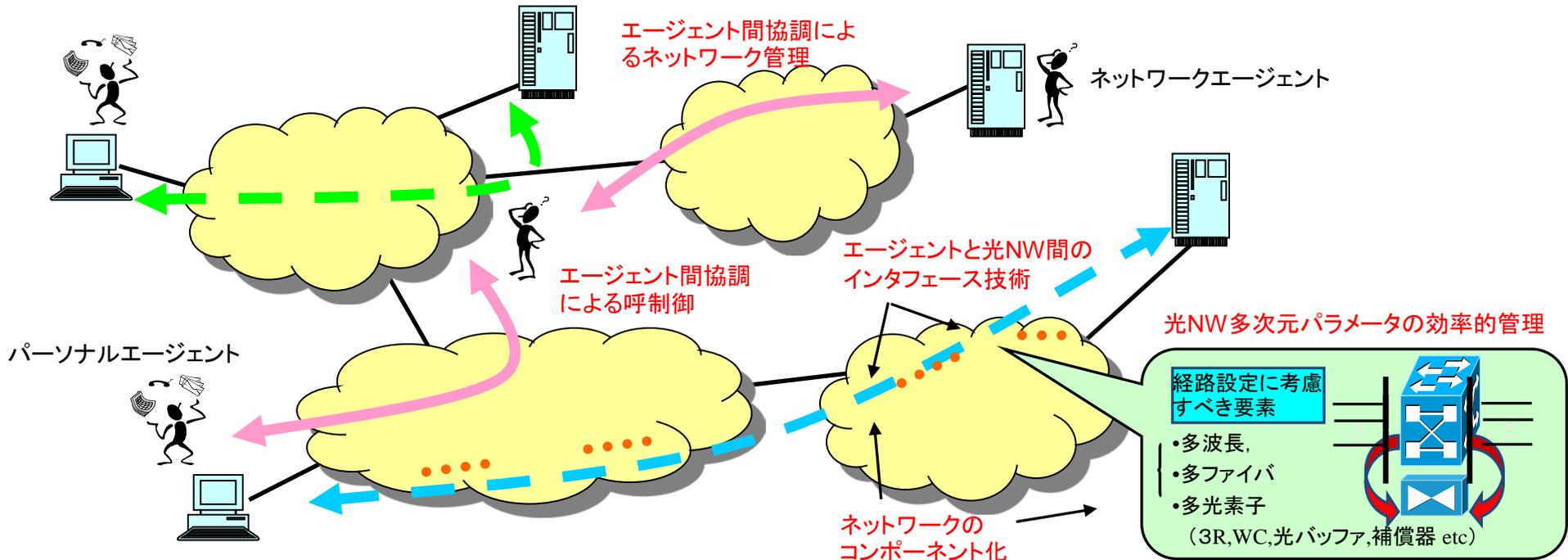
### (イ) 光ネットワーク運用管理

1. 光ネットワーク関連情報収集法技術
2. RWA問題の基本方式

### (ウ) パーソナルエージェントによる呼制御

1. 分散呼制御アルゴリズム
2. ネットワークスケジューリング技術

**上記要素技術の結合により光の高速性を最大限に生かすネットワーク／サービス制御プラットフォームを構築**



# (ア)リアルタイムマルチエージェントシステムの主な成果

エージェントによって...

- ・柔軟で自律性の高い制御を実現
- ・ユーザフレンドリーなインタフェースを提供

リアルタイム性に課題

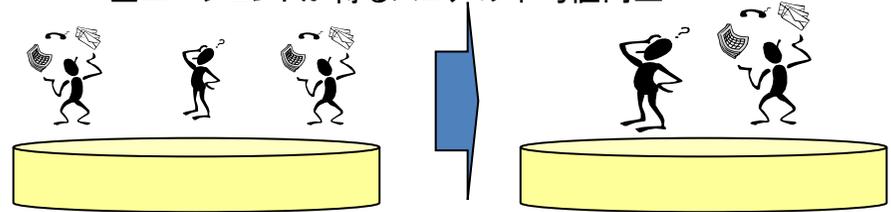


(A) エージェント実行制御技術

(B) エージェントスケジューリング技術

## エージェント実行制御技術

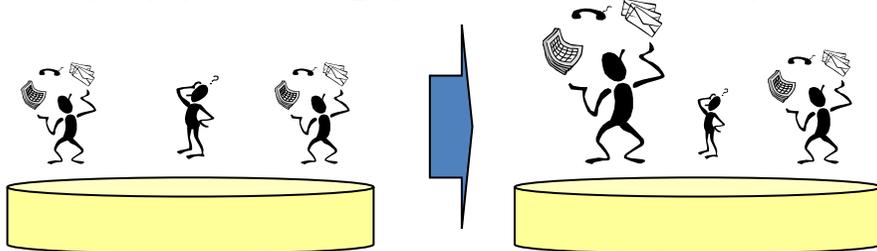
- ・エージェントの処理状況を数値化(スコアリング)
- ・混雑時に既に高スコアを得ているエージェント(=必要性が低い)の実行を停止  
→他のエージェントの利用リソース増加
- ・全エージェントが得るスコアの平均値向上



多様なサービスに対して柔軟に対応できる方式を考案

## エージェントスケジューリング技術

- ・時間に余裕のあるエージェントの利用リソース削減
- ・時間に余裕のないエージェントへのリソース増加
- 制限時間までに処理を完了できるエージェント数の増加



公平性の高いサービス提供に応用可能

$$\sum_{i=1}^{\text{Min}(n,k)} \left( \int_{S_{k-i+1}}^{S_{k-i}} \frac{(i-1)Y(x) + x - \sum_{j=i}^k S_j}{k} \cdot g_{n,i}(x) dx + \int_{S_{k-i}}^{S_0} \frac{(i-1)Y(x) + x - \sum_{j=i}^k S_j}{k} \cdot h_{n,i}(x) dx \right)$$

$$g_{n,i}(x) = n \cdot \binom{n-1}{i-1} \cdot (1-F(x))^{i-1} \cdot f(x) \cdot F(x)^{n-i}$$

$$h_{n,i}(x) = n \cdot \binom{n-1}{i-1} \cdot (1-F(x))^{i-1} \cdot f(x) \cdot F(S_{k-i})^{n-i}$$

$$Y(x) = \int_x^{S_0} \frac{f(y)}{1-F(x)} \cdot y \cdot dy$$

※f(x)は処理結果の質の確率分布関数

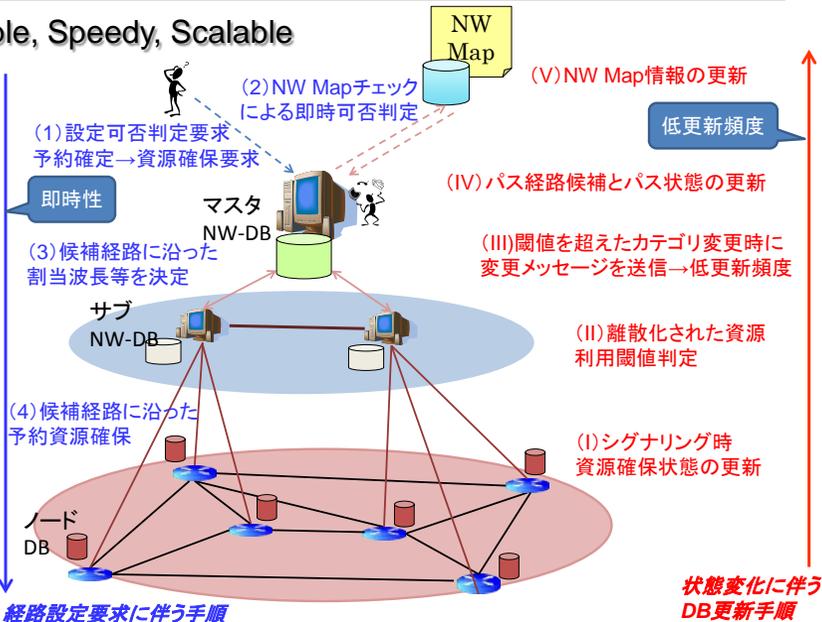
処理効率を最大化する指標を解析的に導出

# (イ) 光ネットワーク関連情報収集技術に関する主な成果

## S3-ONプラットフォームと光ネットワーク関連情報収集技術

プラットフォーム構成 & 要求に応じた経路設定と関連情報の収集管理

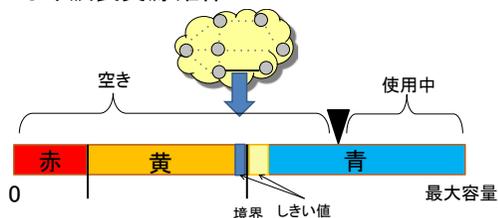
Simple, Speedy, Scalable



### ルーチング処理と波長割当の分離処理

- ルーチング処理: 低頻度更新
- 波長割当処理: Signalingにより波長資源確保

### S3-ONにおける資源利用状態に基づくクラス分けリンク管理



- 管理情報を縮退  
ネットワークコンポーネントの上位階層での管理情報を簡単化
- クラス変更のためのマージン閾値設定を導入  
クラス境界にヒステリシスを持たせてリンクの状態変化情報の発生頻度を抑制

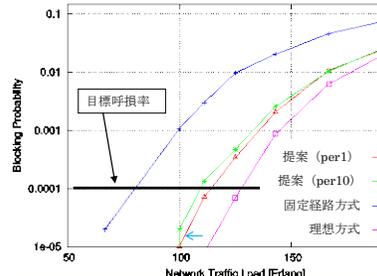
さらに

クラス管理を元に多重QoSオーバレイを用いた経路選択手法を確立

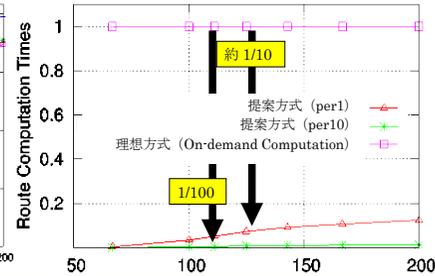
ファイバ次元を縮退した高速RWA手法を確立

## 性能評価 & プロトタイプ実装 & 実証実験

JPN48モデルにおける呼損率特性



JPN48モデルにおける経路計算回数

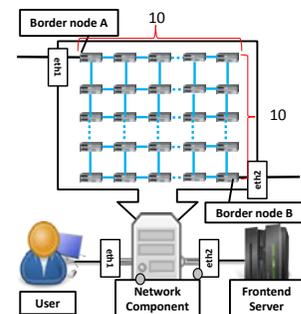


10<sup>-4</sup>の呼損率目標値を達成できる最大ネットワーク負荷を10~15%程度の縮小に抑制

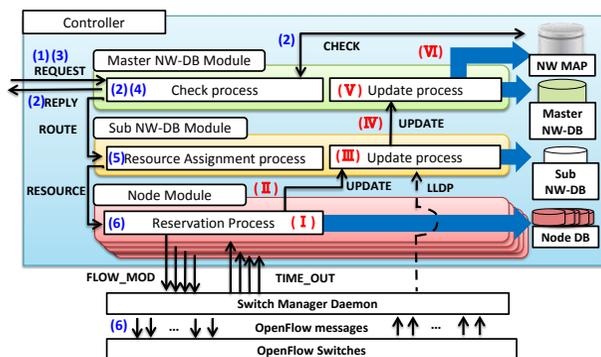
JPN48トポロジで経路計算回数を1/100~1/10未満に削減

目標達成を実証

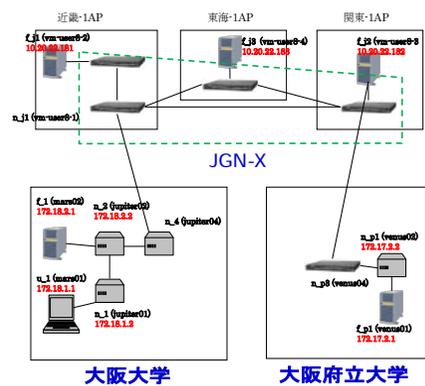
### プロトタイプ実験環境



### 実装モジュール構成



### 検証実験基盤網



機能検証に成功

### プロトタイプ実験結果

	実行時間 (ms)
S3-ON	3.0776
リクエスト毎に経路計算を行った場合	30.392

× 1/10

実行時間の減少を確認

# (ウ) パーソナルエージェントによる呼制御の主な成果

## 分散呼制御アルゴリズム

○帯域保証型サービスをリアルタイムに提供

- ① 要求するサービス内容(コンテンツ)とサービス品質をユーザエージェントとして記述
- ② 自律的にクローンを生成しながらサービスコンポーネントを探索  
→ エージェント実行制御技術の適用
- ③ サービスコンポーネントとネットワークコンポーネントを連結してサービス全体を生成  
→ ネットワークマップを参照

## ネットワークスケジューリング技術

○大容量ファイルを制限時間内にダウンロード

- ・ネットワークコンポーネントによって帯域を保証
  - ・割り当てる帯域を動的に変化させる(スケジューリング)
  - ・制限時間内にダウンロード完了できない要求は受付時に棄却
- ① 最も遠い制限時刻から順に現在時刻に向けて割り当てていく
  - ② まず制限時間内にダウンロードを完了するために最低限必要な帯域(MinRate)を割り当てる
  - ③ 余剰帯域がある場合はより制限時刻の早い要求に割り当てる

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数(上段)と、( )内の当該年度件数(下段)です。

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案	プレスリリース	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	5 (2)	65 (20)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (1)

## 4機関にまたがる実験ネットワークを構築して提案プラットフォームの有効性を評価

大阪大学、大阪府立大学、NICTに提案エージェントシステムを設置し、JGN-Xを介して相互接続して実証実験を行った。JGN-X上でも仮想マシンを利用して提案システムノードを設置している。これにより、実環境で提案プラットフォームの動作を検証し、最終目標を達成していることを確認すると共に、フィージビリティを示すことができた。

## 5. 今後の研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

各研究成果は引き続き著名な学術論文誌及び国際会議にて発表し、世界的規模で広く研究成果の普及に努めるとともに、WWWページの構築や受託機関オープンキャンパスでの展示などにより、一般向けの広報も行う。標準化は難しいと考えられるため、成果物であるソフトウェアについては、フリーウェアとして公開することで利用者の拡大を図り、デファクトスタンダードとすることを狙う。また、本提案システム全体としての実用化の観点に加えて、サービスとネットワーク制御の連携法や階層データベース管理手法、縮退状態の管理手法、事前経路設定法、次元縮退型波長割当手法、エージェント実行制御技術、ネットワークスケジューリング手法など、提案している各要素技術がそれぞれ、様々なシステムの要素として組み込まれることが期待される。