

脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発

(脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術)

基本計画書

1. 目的

省エネで信頼性の高い新世代のICTインフラを実現するため、極めて低エネルギーで柔軟な「脳の仕組み」を応用した制御技術（変動している通信状況を環境情報として取得し、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索して、エネルギー消費が少ない経路制御を行う技術等）の研究開発を実施することにより、新世代の情報通信ネットワーク制御技術について基本技術の確立を目指す。

2. 政策的位置付け

「ICT維新ビジョン」（平成22年5月2日 総務省）において、脳のメカニズムを解明し、真に伝えたいことを制約なしに伝える等、現行とは全く異なる情報通信を実現するための技術を2020年頃に確立することが展望されている。

「脳とICTに関する懇談会 中間取りまとめ」（平成22年8月25日 総務省）において、ICTの進歩に伴い顕在化してきた諸課題（ネットワークの大規模・複雑化により制御が困難化、情報の流通を支えるネットワークの制御、エネルギー消費量の問題）の解決のため、脳や生体における大局的かつ複雑な判断を行う仕組みを利用した、頑強で環境変化に即応する情報処理による超低エネルギー消費で障害に強いネットワークの実現が提示されている。

3. 目標

(1) 政策目標

近年の複雑で大規模なネットワークシステムは、膨大な計算を行うことで多くのエネルギーを消費し続けており、地球環境への配慮の観点から低消費エネルギー化という重要課題を解決することが求められている。

このような中、近年の脳科学の発展により、脳の活動の仕組みや機能がより明確になりつつあり、「人工システムより桁違いに低エネルギーな脳や生体の仕組みを利用した情報処理や制御」等の実現が期待されている。

このため、本研究開発を実施し、省エネで信頼性の高い新世代のICTインフラを

2020年（平成32年）頃の実現するために、極めて低エネルギーで柔軟な「脳や生体の仕組み」を応用した情報通信ネットワーク制御技術について2015年（平成27年）頃に基本技術の確立を目指す。

（2）研究開発目標

脳や生体は、大局的な情報交換による全体最適化を行わず、局所的な情報交換によって、予測困難な環境変動にも適応的に動作することが可能な自己組織的制御を行っており、その結果、省エネルギーかつ高信頼なシステムを構成していることが分かってきた。このような特徴は情報通信ネットワークの分野で、例えばIPネットワークにおけるパケットのルーティング制御や、光ネットワークにおいて、環境条件に適応してパスを動的に設定する技術等への応用が期待できる。本研究開発では、このような自己組織的制御によって、省エネルギーでかつ高信頼、すなわち、トラヒック変動や故障等が発生した場合にも、その状況をネットワーク全体に再入力し全体最適化をしなくても新しい状況に適応して最適解又はそれに近い解を探索することが可能な大規模ネットワーク制御基盤技術を確立する。具体的には、自己組織型の省エネ・高信頼な第3層経路制御技術、また、第3層ネットワークの下位層として動作する光通信技術等に基づくネットワーク構成制御・経路制御を対象とした自己組織型の省エネ・高信頼な物理基盤制御技術に関する研究開発を行う。

4. 研究開発内容

脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術に関する研究開発を以下のとおり行う。

① 概要

情報通信ネットワークは大規模化し、電力消費量は増大の一步をたどっている。また、ネットワークの大規模化やネットワーク機能の複雑化に伴い、予期せぬトラヒック変動や故障への対処は、例えばネットワーク全体に新しい環境情報を入力して経路を再計算する等困難を極めるものとなっている。現状の技術によって災害等で発生する故障の連鎖的波及をも防ぐような安心安全なネットワークを実現するためには、あらゆる故障を想定した上でそのための制御を準備する必要があるため、ネットワーク制御の一層の複雑化を招き、その結果、消費電力のさらなる増大を引き起こすことが予想される。

このため、従前のようなトラヒックの変動・増大に対応する技術にとどまらず、情報通信ネットワークの大規模化・複雑化に対処することが可能で、かつ、特殊な故障等、事前予測が困難な環境変動にも適応的に動作しつつ最適解又はそれに近い解の探索を継続的に行い、ネットワークシステムのダウンや被害の甚大化を防ぐような制御によって、電力消費を飛躍的に削減し、高信頼性も兼ね備えた情報通信ネットワーク制御基盤技術の確立が急務である。

脳や生体は、大局的な情報交換による全体最適化を行わず、局所的な情報交換によっ

て自律的に動作し、その結果、エネルギー消費を抑え、また、予測困難な環境変動にも適応的に対処することが可能な高信頼性を獲得していることが明らかになりつつある。本研究開発では、このような脳や生体に見られる自己組織的制御を情報通信ネットワークに適用することによって、省エネかつ高信頼な大規模情報通信ネットワーク制御基盤確立のための研究開発を行う。具体的には、現状のIPネットワークの第3層における経路制御及び光ネットワーク等におけるネットワークリソースの動的制御を対象として、脳や生体における局所的な情報交換によって全体が適応的に動作する仕組みを適用することによって飛躍的な省エネ効果を得ることを目的とした「自己組織型省エネ・高信頼な第3層経路制御技術」及び「自己組織型省エネ・高信頼なネットワーク物理基盤制御技術」に取り組み、省エネかつ高信頼な制御技術を確立する。これらの結果、ネットワーク全体としても省エネかつ高信頼なネットワークが実現できることとなる。

② 技術課題

(ア) 自己組織型省エネ・高信頼な第3層経路制御技術

現状のIPネットワークの第3層における経路制御について、ノード数1万台規模のドメインを10万持つようなネットワークを対象とし、トラフィック変動や故障等の異常事象が発生しても従来の方式より少ない計算時間でルーティングの変更を行い、動作を続け停止しない、自己組織型で省エネかつ高信頼な第3層経路制御技術に関する研究開発を行う。

(イ) 自己組織型省エネ・高信頼なネットワーク物理基盤制御技術

光ネットワーク等におけるネットワークリソースの動的制御について、ノード数1万台規模のネットワークにおいて、ネットワークのトポロジー制御及び経路制御を、全体最適化を行う方法に比べて飛躍的に少ない計算量で行い、トラフィック変動や故障等の異常事象が発生しても動作を続け停止しない、自己組織型で省エネかつ高信頼な物理基盤制御技術に関する研究開発を行う。

③ 到達目標

(ア) 自己組織型省エネ・高信頼な第3層経路制御技術

単独で1万台規模のネットワークドメインを10万持つようなネットワーク環境での第3層経路制御において、現行インターネット等で使用されている経路制御技術に比較して、同CPUでの計算時間を1000分の1以下に抑え、かつトラフィック変動や故障等の異常事象に対して、自己組織的制御により停止せず適応的に動作し続けるとともに、経路制御における経路の収束時間を現状より短縮し、全体として実用上問題ない良好な解を導出できることを、実機1000台以上（論理的台数を含む）での動作検証を含むシミュレーション等により示す。なお、シミュレーションを含む動作検証において、1000台以上の規模のネットワークで80%以上の確率で最適解を導出できることを示す。また、制御ソフトウェアを作成し、実運用されている広域ネットワークで実証実験を実施するとともに、実用に供するためのライブラリ化を行

い、開発技術のオープン化を図る。

(イ) 自己組織型省エネ・高信頼な物理基盤制御技術

1 万台規模のネットワークのトポロジー制御及び経路制御において、全体最適化を行う制御方式と比較して、同 CPU での計算時間を 1000 分の 1 以下に抑え、トラヒック変動や故障等の異常事象に対して、自己組織的制御により停止せず適応的に動作し続けるとともに 80%以上の確率で最適解を導出できることを、実機での動作検証を含むシミュレーション等により示す。また、制御ソフトウェアを作成し、実運用されている広域ネットワークで実証実験を実施する。さらに、我が国の光ネットワーク技術が世界において先導的な位置にあることを鑑み、日本発の技術普及を効果的なものにするため、本制御方式の標準化を考慮した研究開発を進め、技術仕様の標準化に向けて国際団体等への提案を行う。

5. 研究開発期間

平成 23 年度から平成 26 年度までの 4 年間

6. その他 特記事項

(1) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めるとともに、本件によるネットワーク制御技術の実用化について、実用化目標年度、実用化に至るまでの段階を明示した取組計画等を記載し、提案すること。なお、提案に当たっては目標を達成するための具体的な研究方法について明記すること。研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について研究計画書の中にできるだけ具体的に記載し、研究開発期間において連携を継続して行いつつ、研究開発期間の中間時点において、当該共同研究体制又は研究協力体制を踏まえた実用化の具体的方針を明確にすること。

(2) その他

本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に、実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施し、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。