

## サービス創発のための適応型ネットワークアーキテクチャ

1J-02

## Ja-Net におけるシステム制御に関する一考察

中村 哲也<sup>†</sup>松尾 真人<sup>†</sup>須田 達也<sup>†,‡</sup><sup>†</sup>NTT 未来ねっと研究所, <sup>‡</sup>カリフォルニア大学アーバイン校

## 1 はじめに

サービス創発のための適応型ネットワークアーキテクチャ: Jack-in-the-Net(Ja-Net)[1] においては, 自律的で生物的な動作を行うシステム構成要素であるサイバーエンティティ (CE: Cyber-Entity) の柔軟で可塑的なインタラクションにより, 環境に適応したサービスを実現することを目指している. Ja-Net においては, 完全分散ネットワーク上で CE が自律的に行動しており, システム (系) としての安定性が重要になる. 本稿では, Ja-Net におけるシステム制御の要求条件と方向性について示す.

## 2 Ja-Net アーキテクチャ

Ja-Net では, 集中的な管理機構を排除した完全分散型アプローチに基づき, ユニヴァーサルネットワークの構成要素を, 自律的で, 生物的な動作を行なうサイバーエンティティ (CE: Cyber-Entity) として扱う.

CE がとりうる生物的な動作とは, 具体的には移動・複製・交配・死などを指す. CE は, 周囲の CE およびリソースなどの情報やその変化をセンシングする能力を持ち, 状況に応じて自身の動作やインタラクションする相手を決定する. このとき, 複数の CE が柔軟で可塑的なインタラクションを行なうことによって, 組織として一つのエンドサービスを提供する.

## 2.1 エネルギー

Ja-Net は CE やサービスの多様化と, ユーザ評価による自然淘汰により, 適応型サービスを実現する. この自然淘汰のために, Ja-Net では, “エネルギー” という概念を入れている.

CE は自身のサービスロジックを起動し提供することでエネルギーを獲得し, またネットワークリソースを使用したり, 実行環境のランタイムサービス, 他の CE のサービスを利用するコストとして, エネルギーを消費する. CE は保持しているエネルギーが枯渇すると死滅する. エネルギーはサービス提供という生命活動を維持するために不可欠なものである.

## 2.2 システム制御

Ja-Net システムを構成するルールは, CE を Ja-Net 上に提供し, エンドユーザもしくは他の CE にサービスを提供する CE 実装者, CE の動作に不可欠なランタイムサービスを提供する実行環境提供者, CE のインタラクションの結果として実世界に現れる, 現象としてのエンドサービスを認識し, そのサービスを利用・評価するエンドユーザ, の 3 つがある. この中で実行環境は CE を

動作させていくための Ja-Net システムそのものである. Ja-Net をシステムとして運営していくためには, 現在もしくは将来に, ユーザに高く評価してもらえるサービスの実現に有効となる CE を, CE 実装者が安定して提供しつづけてくれることが必要となる. このためには, 現在の環境におけるユーザ評価に基づいて公平に淘汰すること, その一方で, 環境やユーザ要求の変化への追従のために CE の多様化を維持することが必要となる. 実行環境はこれらの相反する命題をバランスよく実現するために, エネルギーを分配する役割を負う. 具体的には以下のエネルギー交換がある.

1. CE - 実行環境間, CE - CE 間でやりとりされる CE の消費エネルギー
2. CE - 実行環境間でやりとりされる CE のサービス起動・ユーザ評価に対する報酬エネルギー
3. 実行環境 - 実行環境間でやりとりされるエネルギー

CE やサービスの淘汰と多様化のバランスという, システム動的秩序を形成するという点において, Ja-Net システムは 1 つの生態系モデルである. そしてこの生態系を, エネルギー循環ネットワークの動的秩序として捉える. 図 1 に, Ja-Net におけるエネルギーの流れを示す.

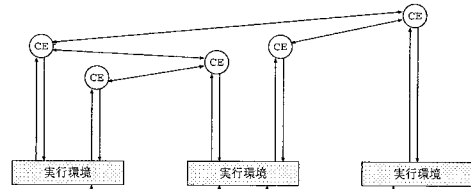


図 1: エネルギー循環

## 2.2.1 Ja-Net アーキテクチャの前提

**ユーザ評価** Ja-Net におけるネットワーク環境は動的にそのトポロジが変化するものを想定しており, また Ja-Net が提供するサービスを受受するユーザも, 物理的位置が頻繁に変化し, Ja-Net へのフロントエンドが静的に決定できないことを想定している. それゆえ, ユーザのサービスに対する評価は, 物理的にも時間的にも動的に変化する. 即ち, 予め評価関数を与えることが不可能であり, 例えば昨今のテロや狂牛病による影響などのように, 今までよい評価を受けていたものの評価が一変する可能性が多分にある.

**制御可能範囲** Ja-Net における制御可能範囲は, 実行環境や CE が把握できる範囲の局所的なものとなる. しかもシステムが CE の最適配置を強制的に行う術はなく, 実行環境は, 自律的に行動する CE に対し, 次の時間レ

A Study about the System Control of an Adaptive Networking Architecture for Service Emergence: Ja-Net

Tetsuya NAKAMURA<sup>†</sup>, Masato Matsuo<sup>†</sup>, and Tatsuya SUDA<sup>†,‡</sup>

<sup>†</sup>NTT Network Innovation Laboratories, <sup>‡</sup>University of California, Irvine

ベルにおいて CE が取るべき行動を CE に判断・実行させるように仕向けることのみが可能である。

## 2.2.2 システム制御の要求条件

先に挙げたネットワーク環境やシステム制御の前提において、ある時点での環境やユーザ評価に適用し、またそれらの変化へも追従可能とするために淘汰と多様化のバランスを維持していくという目標のためには、次の点が重要となる。

- ユーザの評価をうける機会の均等化(CEを固定化させない仕組み)・・・一つの CE が把握できる環境は局所的なものであり、そこでインタラクションできる CE は限定されたものである。もし CE が攪拌されないと、様々な CE とインタラクションして多種多様なサービスを提供することができなくなり、移動していればユーザの高い評価を得られる場合でも、それが実現できない可能性がある。
- ユーザの評価を自然淘汰に反映できる程度の、長い時間スパンでの CE の生存・・・ある時空間の一点において行われる CE に対する評価によりその CE を判断してしまうのは、先に述べたようにユーザ評価の極端な変化や局所的な傾向に対処できない可能性があり、多様性や冗長性を排除する結果、変化への追従・適応能力を削いでしまう。それゆえ、システムは CE を長く生かし、様々な時空レベルの環境変化への適応を実現することが必要となる。

## 3 エネルギー循環モデル

図 1 に示すように、エネルギーの循環は、CE - 実行環境間、CE - CE 間、実行環境 - 実行環境間の各々による流れの結果生じるものである。それぞれのケースについて示す。

**CE - CE 間** CE - CE 間でやりとりされるエネルギーは、互いのサービスを享受(提供)する際の消費(報酬)エネルギーである。CE 同士は、常に有限のエネルギーをめぐる生存競争にさらされている。しかし、すべてが同種のサービスを提供する CE ではなく、他の CE とインタラクションし、組織化することでユーザに対してサービスを提供し、よりエネルギーの獲得効率を上げることが可能となる。例としては、インタラクション可能な複数の CE が存在している状況においては、より多くのエネルギーを保持している CE を選択する、という戦略を CE が取ることが挙げられる。

**CE - 実行環境間** CE - 実行環境間のエネルギーの流れは以下の 2 つに分類できる。

1. 実行環境のランタイムサービスを利用することにより CE が支払う消費エネルギー
2. CE がサービスロジックを起動し、ユーザからの評価を得たことに対して実行環境が CE に支払う報酬エネルギー

各々について考察する。上記 1. については、実行環境は、CE からエネルギーを徴収することにより、自身

のランタイムサービスを提供することを考える。実行環境が提供するサービスは図 2 で表され、CE が他の CE と通信、移動する際だけでなく、Lifecycle サービスのように、CE の生存維持に対してもエネルギーを徴収する。

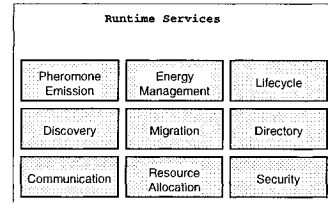


図 2: Runtime services

実行環境の観点からすると、ユーザの高い評価を得られる CE の組織化を促進すると同時に、2.2.2 の要求条件として挙げた CE の多様化、即ちある時空間の一点において適用していない CE を生かし続けることも達成したい。逆に CE の観点で捉えると、CE はエネルギーの獲得効率の向上を目指すために、自身の消費エネルギーを抑えることが望ましい。従って、ランタイムサービスに対するコストが少なくてすみ実行環境を求めて移動するのも、有効な戦略の一つである。

次に 2. については、CE - CE 間のエネルギーの流れの意味付けと同義である。実行環境の観点からは、ユーザの高い評価を得られる CE の組織化の促進は、システムが多くのユーザから利用されるという点において望ましいことである。但し、ユーザからの評価をどのように反映させるかが重要な課題となる。

以上をまとめると、エネルギーの循環モデルを考える上では、ランタイムを利用することによる CE の消費エネルギーと、サービスロジックの起動・ユーザの評価に対する報酬エネルギーのバランスが非常に重要となる。

**実行環境 - 実行環境間** ある局所においてユーザの評価が非常に高いサービスが存在し、そこに多数のユーザが集まってサービスを利用している状況があったとしても、それを把握できない局所にいる実行環境や CE は、系としてのマスの傾向とは無関係に動かざるを得ない。もしマスの傾向を、エネルギーの分布や変化率として捉えることができれば、直接的には把握できなくても、エネルギーを介して推測することができるようになる。

## 4 おわりに

本稿では、サービス創発のための適応型ネットワークアーキテクチャ: Jack-in-the-Net(Ja-Net)において、自律的で生物的な動作を行うシステム構成要素であるサイバーエンティティ(CE: Cyber-Entity)のみが存在する中で、どのようにしてシステムとしての制御を行うかについて、その方向性と要求条件を示した。今後は、本稿であげた要求条件を満たすエネルギー循環モデルを構築・解析し、システムへの適用を目指す。

### 参考文献

- [1] 須田達也, 板生知子, 中村哲也, 松尾真人, “サービス創発のための適応型ネットワークアーキテクチャ,” 電子通信学会論文誌, vol. J84-B No. 3, pp.310-320, March 2001.