

P2P ネットワークが やってきた

意味情報ネットワーク SIONet の試み

NTT 未来ねっと研究所 星合隆成 HOSHIAI Takashige E-mail : hoshiai@ma.onlab.ntt.co.jp

はじめに

筆者は、'98年にブローカレス型探索モデルを提唱して以来、その実現技術として意味情報ネットワーク (SIONet: Semantic Information-Oriented Network) を提案してきました。そして、'99年にSIONetの試作を完了しました。

SIONet (意味情報ネットワーク) とは

SIONetは、意味情報 (メタデータ) に基づいてイベントを配送するメタネットワークであり、ネットワーク上に超分散する不特定多数のエンティティの中から、特定のエンティティを動的に探索 / 発見することができます。すなわち、SIONetは、従来のネットワークで用いていた宛先アドレス (誰に対して送信する) の代わりに、意味情報 (どういう人に対して送信する) に基づいてイベントを配送するネットワークです。

SIONetは、SIONetの構成要素を含めたすべてのエンティティが自律分散協調することにより、ネットワークが自己組織化される自律分散協調ネットワークです。SIONetのネットワーク構成要素には、意味情報スイッチ (SI-SW)、意味情報ルータ (SI-R)、意味情報ゲートウェイ (SI-GW)、イベントブレース、セッションなどがあり、これらが必要に応じて自己組織化することにより、セキュアでスケーラブルなP2Pネットワークをボトムアップアプローチで構築することができます。

SIONetの基本概念は単純で一元的です。“エンティティによるフィルタの登録とイベントの送出”という単純操作の繰り返し、すなわち、“エンティティの刺激と発火の連鎖反応 (後述)”により、すべてのエンティティを自律分散協調させる点にあります。この連鎖反応

のふるまいを制御するものが「フィルタ」です。フィルタに登録するフィルタ値により、エンティティの連鎖反応の仕方を動的に制御することができます。具体的には、イベントルーティング、イベント転送モード、ファイアウォール、ネットワークエンティティのオンライン増減機構、障害処理機構、統計情報収集機構などが、この考え方に基づいて設計 / 実装されています。

SIONet エンティティ

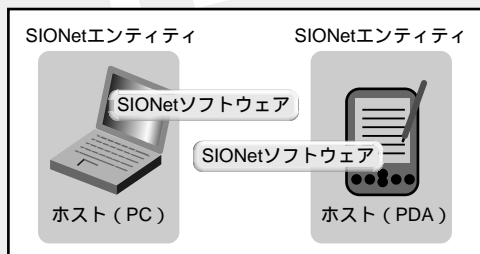
PC、ワークステーション、情報携帯端末、携帯電話、ウェアラブルコンピュータなどのあらゆるコンピュータを総称して、ホストと呼びます。さらに、SIONetソフトウェアを実装したホストを、SIONetエンティティ、もしくは、単にエンティティと呼びます。エンティティは、SIONetソフトウェアを実装したホストを、SIONetにおける自律分散協調の単位として仮想化したものです (図A)。なお、SIONetソフトウェアは、個々のエンティティが自律分散協調を行うためのしくみを提供します。

エンティティは、次のように主に3つのタイプに分類されます。

- サービスとしてふるまうエンティティ (サービスエンティティ: SE)
- ネットワーク構成要素としてふるまうエンティティ (ネットワークエンティティ: NE)
- サービス、および、ネットワーク構成要素の両者の観点からふるまうエンティティ (サービスネットワークエンティティ: SNE)

SEは、SIONet上で動作するP2Pアプリケーションをエンティティとして仮想化したものです。NEは、SIONetを構築 / 運営するためのエンティティであり、複数のNEが分散協調することにより、ネットワークが自己組織化されます。これは、主にHybrid P2PネットワークやバックボーンP2Pネットワークの構築に用いられます。SNEは、サービスとネットワーク構成要素の両者の観点からふるまうエンティティであり、Pure P2Pネットワークを構築する際に用いられます。これ

図A SIONet エンティティ



3 P2Pで世界を作る
 ⇒P2Pツールキットの今

は、個々のSNEが互いに助け合うことにより、ボランティア型のネットワークを構築する形態であり、SNEが自律分散協調することにより、ネットワークを自己組織化します。

SIONetでは、目的に応じてエンティティを配置/組み合わせることにより、さまざまな形態のP2Pネットワークを構築することができます。また、異なる形態のP2Pネットワークをシームレスに連携させることもできます。これは、

- すべてのエンティティを、“刺激と発火に基づく連鎖反応”という一元的かつ単純なしくみで自律分散協調させること、
- P2Pネットワーク形態の差異をエンティティの配置問題に帰着させること、

などにより達成されます。なお、エンティティは公開プロトコルに基づいて、自身の存在をアダプタイズします。

意味情報スイッチ (SI-SW)

SI-SW (意味情報スイッチ) は、意味情報に基づいて、イベントをスイッチングするスイッチング機構を提供します。SI-SWはセッションを介して、SEをスター型で収容します。ここで言う、セッションとは、SI-SWとSE間のコネクションであり、SEはセッションを介してのみイベントの送受信を行うことができます。

意味情報ルータ (SI-R) とシェアードリンク (SL)

SL (シェアードリンク) は、複数の異なるSI-SW間において、双方向のイベント共有を行うための概念で

す。たとえば、SI-SWは他のSI-SWに対してシェアードリンクの確立要求を行うことにより、SI-SW間にシェアードリンクを確立することができます。なお、後述するフィルタ値の設定によって、SI-SW間にさまざまなイベントルーティング方式を動的に設定できます。図Bを用いて、シェアードリンク確立までのしくみを説明します。

たとえばSI-SW2 (エンティティ2) がSI-SW1 (エンティティ1) に対して、シェアードリンクの確立要求を発行した場合を考えます。

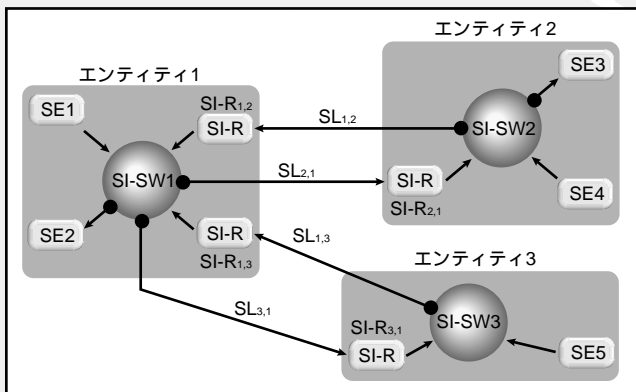
このとき、SI-SW1 (エンティティ1) は、SL_{1,2}を確立するために、SI-R_{1,2}を動的に生成するとともに、SI-SW2をシェアードリンクの確立要求元であることを記憶します。SI-R (意味情報ルータ) は、意味情報に基づいて、SI-SW間のイベントルーティング (イベント転送) を行う意味情報ルータです。

SI-R_{1,2}は、SI-SW2に対して、イベント受信のためのセッションを確立し、さらに、自身が属するSI-SW1に対して、イベント送信のためのセッションを確立します。

これにより、SL_{1,2}が確立され、たとえば、SE4がSI-SW2に対して送出したイベントが、SI-R_{1,2}を介して、SI-SW1へも送出されます。

このとき、SI-R_{1,2}がSI-SW2に対して登録するフィルタの設定値により、イベントの転送方式を動的に選択できます。主なイベント転送方式として、語彙概念ルーティングプロトコルを用いた属性付きマルチキャスト通信、語彙ルーティングプロトコルを用いたマルチキャスト/ユニキャスト通信、無条件ルーティングプロトコルを用いたブロードキャスト通信などがあります。

図B SI-Rとシェアードリンク



イベント構造と意味情報体系

イベントは、データ部、意味情報部、制御情報部から構成されます。データ部には、送信データが格納されます。意味情報部には、送信データの意味情報 (語彙とその値)、および、意味情報の語彙概念 (イベントタイプ) が格納されます。ここで、意味情報とは、送信データの特徴を記述したメタデータであり、イベントタイプのインスタンスです。一方、イベントタイプは意味

P2P ネットワークが やってきた

情報のテンプレートです。イベントタイプ間には継承関係を定義できます。意味情報の記述言語としてはXMLなどがあります。

制御情報部は、SIONetの実行制御のために用いられる制御フィールドであり、これのみがSIONetのユーザであるSEに対して開放されていません。制御情報部には、合致したフィルタの識別子、合致したフィルタの照合得点、同期型統計情報収集フラグ、TTL値、ホップ数などの制御情報が設定されます。

フィルタ

図Cに示すように、SEはセッションを介して、イベントの取得条件をSI-SWに登録します。これをフィルタと呼びます。フィルタには、取得したいイベントのイベントタイプ、および意味情報との照合条件（たとえば、語彙“Price”が“\$20から\$40の範囲”のものを取得対象とする）を設定します。なお、当該イベントタイプに定義されているすべての語彙との完全一致、一部の語彙との部分一致、重み付け一致など、照合条件をフィルタ単位で選択することができます。

1つのセッションから複数のフィルタを登録可能ですが、同一セッションを介して登録されたフィルタ間は“or”関係を有します。すなわち、1つのイベントに対して、1つのセッションは高々1回しか発火しません。取得したいイベントのイベントタイプにワイルドカードを指定した場合には、すべてのイベントタイプが照合の対象となります。また、意味情報との照合条件に1（論理値が真）が設定された場合には、無条件に意味情報との照合条件が満足されたことを意味します。

一方、SEはセッションを介してSI-SWにイベントの送信を行います。このとき、SI-SWはイベントの意味情報部とフィルタとを照合します。具体的には、まず、受信したいイベントタイプであるかどうかをチェック

し、これを満足した場合には、意味情報と照合条件をチェックします。照合の結果、条件を満足した場合には、合致したフィルタを登録したエンティティを起動するとともに、当該イベントを通知します。SIONetでは、イベントの送信を“刺激”，フィルタがイベントに合致することを“反応”，合致したフィルタを登録したエンティティを起動しイベント通知することを“発火”と呼びます。

イベントブレース

イベントブレースは以下の目的から考案されたグルーピングの概念です。

イベントの転送範囲：刺激と発火に基づく連鎖反応の波及範囲を制限します。

イベントルーティングの対象範囲：シェアードリンクにより接続されているSI-SWの集合です。イベントブレースごとに、リンクトポロジやイベントルーティング方式を選択できます。

意味情報体系の一意性が保証される空間：取り扱うイベントタイプの爆発的な増大を抑制することができます。

一般的に、サービスごとに必要とされる意味情報体系（語彙概念や語彙）が異なります。たとえば、証券サービス、医療サービスなどサービス種別ごとにイベントブレースを構築することができます。

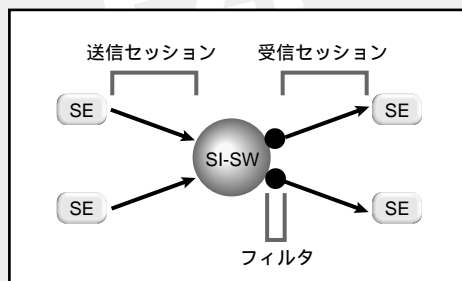
意味情報ゲートウェイ（SI-GW）

イベントブレース間でのイベント共有はできませんが、SI-GW（意味情報ゲートウェイ）を用いることにより、イベントブレース間でのイベント共有が可能になります。これにより、それぞれの用途や目的に応じて構築されたイベントブレース間の連携（フェデレーション）が可能になります。

リファレンスモデル

SIONetはリファレンスモデルの考え方を採用しています。最下位層がイベントの伝達層です。上位層に対してネットワークインターフェースを提供します。ミドルウェア層がコミュニティ（コミュニティネットワーク）であり、SIONetのインテリジェンス層に相当します。そして最上位層がアプリケーション層（SE）となっています。

図C フィルタ



NeuroGrid と P2P ネットワーク

Jnutella.org Sam Joseph E-mail :sam@jnutella.org

NeuroGrid とは

NeuroGridはフォルダとディレクトリといった制限を取り払った1つのデータ管理システムです。NeuroGridのスペルのうちNeuroの部分は「神経的」という意味で、Gridの部分は「管理されたネットワーク」という意味です。キーワードとデータを正確に結びつけるために、NeuroGridは利用者の検索行動を観察して、ニューラルネットワーク（神経回路網）のように情報を蓄積していきます。

NeuroGrid のしくみ

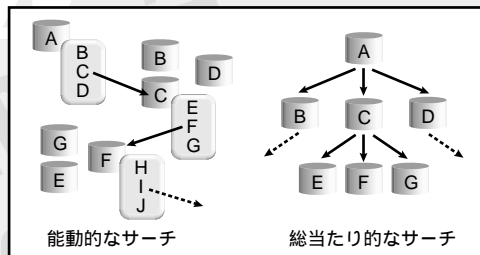
現在NeuroGridは2つの要素から構成されています。1つは利用者の検索行動を観察して、ファイルのメタデータを変更する学習エンジンで、もう1つはファイルとノードのメタデータを使用して分散型ネットワークのクエリを制御するプロトコルです。この2者が協調することで、学習済みのメタデータによる経路判断と、各々の経路判断に対するユーザからの反応によるメタデータの更新が可能となります。

まず1つめのメカニズムについて解説します。「上手にファイリング」という悩みは皆さんもきっと経験されているはずで、たとえば、友達からあるメールが届いて、友達は新しいプログラミング言語のことを伝えてくれたとしましょう。メールをファイリングするとき、最初は友達の名前のフォルダに入れようかと思ったとしても、次の瞬間にはもしかしてメールのフォルダに入れたほうが良いと思うかもしれません。

ここでは2つのファイリングシステムを見てみましょう。1つは階層的なファイリングシステムです。ここでは1つのファイルは1つ以上のフォルダには入りません。もう1つはWeb形のファイリングシステムです。1つのものが関連する複数のフォルダに入る可能性があります。

NeuroGridではWeb形のファイリングシステムを採るほか、利用者の検索のようすから学習する能力を備えています。NeuroGridは利用者の行動（あるキーワードを検索した後、どのファイルを開いたか）を分析します。そしてあるキーワードとあるファイルの関係の強

図A 能動的なサーチと総当たりのサーチ



さについての情報を蓄えていくのです。

次に2つめのメカニズムについて説明します。NeuroGridが採用しているのは実社会で通常行われている方法、つまり「人に聞く」という手段です。実生活で人が情報を探す際、まずは知人に聞いてみて、それでダメな場合はその知人がさらに他の情報を持っている人に問い合わせをして次第に必要な情報が集まってくるという順序になるでしょう。

NeuroGridではどこにどの情報が分散配置されているかを学習していく点が特徴です。NeuroGridのノード（NGノード）は、ユーザからの検索要求を隣接するNGノードにフォワードするうちに、それぞれのNGノードがそのユーザに適切な情報を提供するかどうかを学習するため、次第にクエリを効率的にフォワードするようになっていきます。これにより検索結果の確度と検索結果が得られる速度を飛躍的に向上させることが可能となるわけです。NeuroGridでは検索効率を高めるために、どのNGノードがより正しい結果を返したかを各ノードが学習するため、クエリを飛行する経路を効率良く選択していくことが可能なのです。

NeuroGrid と P2P

NeuroGridのしくみはP2Pサーチを効率化するために使えます。NeuroGridの技術をP2Pネットワークに応用すると、正確なメタデータの上でメッセージを伝達させることができ、P2Pのノードの接続を効果的に変更することが可能になります（図A）。

今のところ筆者はWeb上でP2Pサーチを行うNeuroGridのデモを行っています（<http://www.neurogrid.com/>）。ぜひお試しください。