

18

自律分散システムの高応答 I/O ノードの挑戦

高橋宏尚 (DTS (株))・森 欣司 (東京工業大学)

自律分散システム (ADS) は 1977 年に提唱され、現在まで使用されてきました。ADS 概念は生物学のアナロジーを基に提案され、その利点はオンラインプロパティとオンライン拡張性です。この概念は今日、FA、料金収集用の IC カード切符システム (ICCTS) および電子商取引の中で利用されています。インターネット Web サービスは非常にさまざまな種類のモデルで、高い有効性および伸張性を要求します。しかしここには、多くの挑戦があります。パークレイ大学の Eric Brewer 教授の提唱した CAP 理論、一貫性、アベイラビリティ、パーティションは、IT システムの特性を示しますが、Web システム環境では、これらの必要条件を満たしかつ高いサービス提供を維持することが求められています。Web は、誰にも多数のサービスをいつでもどこにでも提供可能です。しかし、ユーザ嗜好は多様化し、またダイナミックに変化しています。これらのデマンド要求を満たすために、FIF (Faded Information Field) は設計されました。FIF の DF (データ・フィールド) は異なる情報要求レベルを持っています。サービス利用 (アクセスタイム) のコストおよび準備 (最新版) は、大多数のユーザに、より接近している情報サービスの最もアクセスされた部分を割り付けることでサービスを実現します。この SP (サービス・プロバイダ) の概念は、サービスとユーザ用データの完全な情報を持ち、異なるサービスレベルで運用され、詳細な情報は SP に近いほど高くなるモデルです。

一般に ADS は、情報のブロードキャストです。しかし、今後のニーズは、携帯電話の普及で個々の相互運用の要求が増大します。この市場の要求を満たすために、相互方向の高速 I/O に対応した ADS アーキテクチャとその構築が今日必要とされています。Web は自律分散システムモデルです。しかし、同じ DF 中のノードが多数存在する場合は、CC (コンテンツコード) をブロードキャストするので、レスポンス時間のレイテンシは爆発的に増大されます。したがって、限られた DF 空間と高速レスポンスノードが必要不可欠です。これは、センサ・ネットワークでも同様です。この構成では制限のある DF 空間がそのサービスエリアです。この運用では、DF が特定の範囲にとどまるため、ADS は適合し、すぐれた有効性を示します。携帯電話キャリアでは、多数のセンサを使用したワイヤレス通信を利用したマシン COM (Machine COM) 通信を推奨しています。これらのサービスは、IP 通信されるため、インターネット環境での新たな ADS の挑戦です。これらの必要項目は、1) 相互運用可能な高応答 I/O 処理ノードとそのアーキテクチャ、2) センサ・ネットワーク用ノードとその詳細な DF の標準化、3) インターネットの任意の DF、任意の場所および任意の時のリアルタイムなオンライン・コミュニケーションです。これらの達成目標は、10 年後になるでしょう。しかし、多くの研究者はそれらに挑んでおり、日々進歩しています。図-1 は、高応答 I/O キャッシュノードを示しています。それは Eventually Consistent を考慮し、キャッシュ内部のデータと書き込み後のデータを一致させるノード構成です。ノードは、ローカルメモリを分離し、1 つはカーネルプログラムとユーザメモリ空間で、もう 1 つは、制御コードとそのデータのためのブロックメモリ空間です。この空間は、OS からは透明で、データディスクに特化しています。書き込み要求のあったデータはそこに保持されます。そして、時差をもって他のノードが書き込み処理を実行し、その実行結果のみをブロードキャストとして書き込みの整合性を維持します。一般的には ADS は、ACK を必要としませんが、IT システムでは更新 ACK を要請しますので、書き込み I/O 実行は、ライトバックキャッシュノードから ACK が返され実行が完了されることとなります。提案するノードでの実行性能は、4KB ブロック・サイ

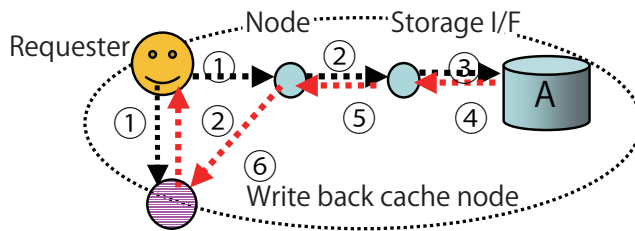


図-1 2つのノードによる Write Back cache 高応答 I/O 処理

ズで 30,000IOPS 以上 (Windows-XP) を示し、従来のノード 150IOPS に比べ、200 倍の応答速度が得られます。

センサ・ネットワークは、この提案技術の応用分野で、センサを備えた機械はステータス情報を頻繁に他のセンサやコントローラノードへブロードキャストします。この DF は小さな ADS 領域で、リアルタイム情報を集めています。これらのリアルタイム情報の場合、他の小規模 ADS ユニットのリアルタイムに相互通信できれば、地域的に制限のないリアルタイム ADS センサ・ネットワークが構築できます。この構築によって、個々の小さな ADS ユニットがマシンコム Web を作成します。インターネットの任意の DF、任意の場所および任意の時間によるオンライン・コミュニケーションは、21 世紀の ADS の大きな目標です。

小さな ADS (Small ADS) ユニットの Web 通信に基づいたもので他の ADS ユニットと有機的に通信します。たとえば、あるカテゴリの製品を生産する工場で、その製品のための市場需要は、高い市場の購買デマンドによって即時変更を受け、工場はこの要求を満たすために生産工程ラインを増強縮小できます。結果、在庫管理をリアルタイムにし、製品在庫を最小限にします。

高応答 I/OADS ノードの他の運用では、社会災害の緊急対応システムがあります。地震と津波は、突然発生し、迅速な救助活動が求められます。高応答 I/OADS ノードを使用する個々のセンサ・ネットワークは、インターネットによって高応答オンデマンド通信を可能にします。この迅速な即答性によって、多くの人々の生命を救うことが可能です。今後の ADS は、高応答性ノードの小規模な自律分散ネットワークによって高い即効性と高いオンラインプロパティ機能を同時に実現するタイムリネスな自律分散ネットワークになってゆくでしょう。

参考文献

- 1) Mori, K. and Shiibashi, A. : Trend of Autonomous Decentralized System Technologies and Their Application in IC Card Ticket System, IEICE Transactions Vol.L. E92-B No. 2 (Feb 2009).
- 2) Takahashi, H., Farooq, H. A. and Mori, K. : Balanced Memory Architecture for High I/O Intensive Information Services for Autonomous Decentralized System, The 9th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS 2009), Athens, Greece, pp 93-99 (Mar. 23-25, 2009). (平成 21 年 10 月 25 日受付)

高橋宏尚(正会員) ● takahashi@mori.cs.titech.ac.jp

東工大情報理工学専攻博士課程後期在籍、DTS (株) 代表取締役、自律分散システム技術の高速 I/O 研究に従事。データトランスミッション技術の基本特許取得、応用製品を開発。

森 欣司(正会員) ● mori@cs.titech.ac.jp

東工大情報理工学専攻博士課程後期在籍、早稲田大学電気工学専攻、1974 年博士課程修了。工学博士。1977 年自律分散システム提案。特許 350 件以上、論文 400 件以上。1995 年 IEEE フェロー就任。