

■3群 (コンピュータネットワーク) - 6編 (ネットワークコンピューティング)

4章 ピア・ツー・ピアシステム

(執筆著: 江崎 浩) [2010年4月 受領]

■概要■

情報通信ネットワークは、クライアント・サーバ型とピア・ツー・ピア型のサービスアーキテクチャが混在し、様々なサービスをユーザに提供している。データが情報通信ネットワーク上で加工されずにネットワークに接続された情報機器 (= 「ユーザ機器」) の間で伝送交換されるネットワークはトランスペアレントネットワーク (透明なネットワーク) と呼ばれ、情報通信ネットワークにおける三つの代表的なネットワークである電話網、放送網、インターネットのすべてが、基本的には、トランスペアレントネットワークである。

ピア・ツー・ピアシステムは、すべての情報機器がサーバとしてもクライアントとしても動作するシステムであるが、実際の、ピア・ツー・ピアシステムにおいては、シグナリング手順などにおいて、クライアント・サーバアーキテクチャが適用されている場合が多い。ピア・ツー・ピアシステムは、コンピュータ内部におけるデータ処理の効率化のための導入されたキャッシュ技術や DMA 技術、あるいは仮想記憶技術を、広域ネットワークに拡張したものにとらえることができる。

【本章の構成】

本章では、ピア・ツー・ピアシステムの定義 (4-1 節)、NAPSTAR に代表される第 1 世代のピア・ツー・ピアシステム (4-2 節)、GNUTELA に代表される第 2 世代システム (4-3 節)、Winny や SKYPE に代表される第 3 世代システム (4-4 節)、オーバーレイとピア・ツー・ピアシステムの相似点 (4-5 節) について述べる。

■3群 - 6編 - 4章

4-1 ピア・ツー・ピアシステムとクライアント・サーバシステム

(執筆: 湧川隆次) [2009年7月 受領]

情報通信ネットワークは、基本的には、クライアント・サーバ型とピア・ツー・ピア型のサービスアーキテクチャが混在し、様々なサービスをユーザに提供する。データが情報通信ネットワーク上で加工されずにネットワークに接続された情報機器 (= 「ユーザ機器」) の間で伝送交換されるネットワークはトランスペアレントネットワーク (透明なネットワーク) と呼ばれ、情報通信ネットワークにおける三つの代表的なネットワークである電話網、放送網、インターネットのすべてが基本的にはトランスペアレントネットワークであり、このプラットフォーム上でクライアント・サーバ型とピア・ツー・ピア型のサービスが展開されている。

一般ユーザが利用する情報機器に対して、ある“サービス” (例えば、印刷、情報保存、情報提供など) を提供する情報機器を“サーバ” (Server) と呼び、このような“サーバ”に対してサービスを要求する情報機器を“クライアント” (Client) と呼ぶ。常にサービスを提供する情報機器と、常にサービスを要求する情報機器から構成されるシステムをクライアント・サーバ (Client-Server) システムと呼び、このようなサービスをクライアント・サーバ型サービスと呼ぶ。一方、ネットワークに接続された情報機器がサービスを要求する情報機器にもサービスを提供する情報機器にもなるような、すべての情報機器がサービスの要求と提供に関して基本的に平等であるようなシステムをピア・ツー・ピア (Peer-to-Peer) システムと呼び、このようなサービスをピア・ツー・ピアサービスと呼ぶ。

典型的なピア・ツー・ピア型サービスとしては電話システムがあげられる。電話システムにおいては、すべての電話機が発信 (サービスの要求) と受信 (サービスの提供) を行うことができる。電話網では、ユーザが所有する電話器の間 (厳密には電話線の端点の間) で対等なデータ通信が行われる。一方、典型的なクライアント・サーバ型サービスとしては放送システムがあげられる。放送システムにおいては、トランスペアレントな電波ネットワーク (あるいはケーブルネットワーク) 上に、放送コンテンツの提供サービスのみを行う放送局 (= サーバ) と、放送コンテンツを受信のみを行うテレビやラジオなどの受信端末装置 (= クライアント) とが存在する。放送システムにおける受信端末装置は、(暗的に) すべての情報 (= コンテンツ) の送信を要求し、受信側で、必要な情報 (= コンテンツ) のみを選択的に受信・利用する。

一般的にクライアント・サーバ型システムでは、単一サーバにクライアントからのサービス要求が集中するため、サーバまでの通信路の帯域やサーバの計算機資源の負荷がかかる欠点がある。またサーバが故障するとすべてのサービスが停止してしまうリスクもある。そこで、大規模システムでは、この負荷を回避するため、後述するキャッシュ技術やサーバ分散技術が利用されている。一方で、ピア・ツー・ピア型システムでは、サーバがクライアントと同居しているため、サーバの計算機資源や通信路の負荷が分散される。サーバがクライアントとの数だけ存在できるため、耐故障性にも優れている。一方で、クライアント・サーバ型システムと異なり、システムの規模はピア・ツー・ピアシステムに参加・離脱する計算機に依存するため、一元管理が行えずサービスが一旦開始されるとその運用が難しくなる。

インターネットに代表されるコンピュータネットワークでは、時代とともにクライアント・サーバ型システムとピア・ツー・ピア型システムとが共存しつつも、しかしながら、その主役の座を争いながら、その物理的な規模と複雑度を増大させながら成長してきたシステムと考えることができる。トランスパアレントなネットワーク、すなわちエンド・ツー・エンド型のネットワークにおいては、クライアント・サーバ型システムとピア・ツー・ピア型システムの違いは、そのソフトウェア構造やプロトコル構造に違いが存在するのではなく、運用ポリシーとサーバの所有者にあることを理解しなければならない。

- (1) クライアント・サーバ型システムにおいては、サーバノードは、ネットワークサービスの提供者（例えば ISP や ASP、あるいは企業における IT 部門）が提供するもので、クライアントノードのサービス利用に伴い、サービス提供対価をクライアントノードの利用者に求めることで、ビジネス構造が構築される。
- (2) ピア・ツー・ピア型システムにおいては、サーバノードの提供者は、ネットワークサービスの提供者ではなく、ネットワークサービスの利用者自身である。すなわち、サーバノードの提供者は、ネットワークサービスの提供者に対してコネクティビティ (Connectivity, 接続性) 提供の対価を支払うが、ピア・ツー・ピア型の提供に関しては、クライアントノードの利用者に対価を要求しない構造をとる。

このように、サーバの所有者とサーバの利用／使用に関する対価の発生、運用責任と運用に対する対価の有無が、結果的にクライアント・サーバ型システムとピア・ツー・ピア型システムとの違いとなるととらえることができる。以下で議論する第3世代のピア・ツー・ピアシステムと、クライアント・サーバ型システムで運用される CDN (Contents Delivery System) とが、システムアーキテクチャという観点から見ればほぼ同一であるにもかかわらず、異なるシステムアーキテクチャとして分類されることは注意が必要であろう。

ピア・ツー・ピアシステムは、WinMX に代表されるクライアント・サーバ型とピア・ツー・ピア型のシステムを組み合わせたハイブリッド型のシステムからスタート (= 第1世代のピア・ツー・ピアシステム) し、Gnutella に代表される純粋なピア・ツー・ピア型システム (= 第2世代のピア・ツー・ピアシステム) を経て、Freenet や Winny に代表される第3世代のピア・ツー・ピアシステムへと進化を遂げてきた。第3世代のピア・ツー・ピアシステムは、CDN システムのアーキテクチャとほぼ同一のフレームワークとなっており、本質的な違いはアーキテクチャではなく、むしろサーバ機器の管理者／提供者にある。

■3群 - 6編 - 4章

4-2 第1世代 P2P システム

(執筆者：湧川隆次) [2009年7月 受領]

第1世代のピア・ツー・ピアシステムは、クライアント・サーバ型のディレクトリサービス（取得したいファイルのアクセスに必要な情報（IP アドレス、ポート番号やファイル識別子）を解決すると、実際のファイル転送におけるピア・ツー・ピア（サーバを介さないノード間での直接データ転送）サービスからなるシステムである。クライアント・サーバシステムとピア・ツー・ピアシステムとが協調してサービスを提供するシステムであることから、ハイブリッド型のピア・ツー・ピアシステムと呼ばれる。

1999年1月に発表された NAPSTAR がその代表例である。NAPSTAR は、インターネットを通じて個人間で音楽データファイルの交換を行うシステムである。ユーザのパソコンに保存されている MP3 形式の音声ファイルのリストを Napster 社の運営するサーバに送信する。これを世界中のユーザが共有することにより、互いに他のユーザの所持する音楽ファイルを検索し、ダウンロードすることができる。中央サーバはファイル検索データベースの提供とユーザの接続管理のみを行っており、音楽データ自体のやり取りはユーザ間の直接接続（ピア・ツー・ピア通信）によって行われている。

米国の大学キャンパスを中心に大流行したが、NAPSTAR を通じて流通していた音楽データの多くが市販の CD などからの違法コピーであることから、全米レコード工業会（RIAA）による違法コピーファイルの発見と排除が Napstar 社に求められ、2000年7月にサービスを停止した。

NAPSTAR との互換性をもった WinMX は、中央サーバ型のファイル交換機能と、独自プロトコルを利用したサーバに頼らない純粋型の P2P ネットワーク機能の両方を併せもったシステムであり、NAPSTAR と異なり、画像や動画など音声ファイル以外のファイルの共有を可能とした。

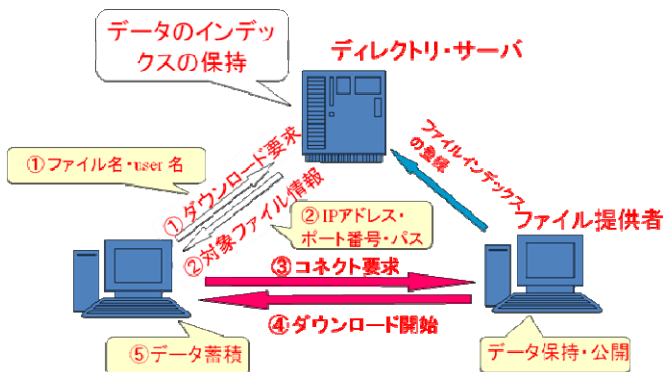


図 4・1 NAPSTAR のシステム概要図

■3群 - 6編 - 4章

4-3 第2世代 P2P システム

(執筆者：湧川隆次) [2009年7月 受領]

第1世代のピア・ツー・ピアシステムが、クライアント・サーバ型のディレクトリサーバを必要とし、システムに参画しているノードの情報と各ノードが公開しているファイルの情報がすべてディレクトリサーバに存在することになってしまう。また、ディレクトリサーバの障害とディレクトリサーバへの接続性の喪失は、サービス障害を意味してしまうため、サービス提供の信頼性という観点からサーバを必要としないシステムが開発された。すなわち、Gnutella に代表される第2世代のピア・ツー・ピアシステムにおいては、サーバの存在を必要としない完全分散型のシステムアーキテクチャとなっている。

Gnutella の最初のバージョンは、AOL 社に買収された旧 NullSoft 社の WinAMP の開発メンバーが開発したもので、2000年3月に AOL 社の Web サイトで公開されたが、同社によって24時間以内に公開が停止された。現在「Gnutella」として存在するソフトウェアは、この短期間にダウンロードされたソフトウェアを用いて構成されたものである。Gnutella 類似のソフトには、「KaZaA」や「Morpheus」などがある。

Gnutella ユーザは、自分のもっているファイルのうち、他のユーザと共有してもよいファイルのリストを公開する。Gnutella ユーザは、ファイルの検索メッセージをブロードキャストする。検索メッセージ内に存在する条件に合致するファイルをもった Gnutella ユーザは、検索メッセージを送信した Gnutella ユーザに、アクセスに必要な情報 (IP アドレス、ポート番号やファイル識別子など) を通知し、その後、ファイルの交換を実際に行う Gnutella ユーザ・コンピュータ間で直接ファイルのダウンロードが実行される。ユーザ同士が直接ファイルの送受信を行う点は「Napster」などの第1世代のピア・ツー・ピアシステムと共通しているが、Gnutella では NAPSTAR と違って中央サーバを必要とせず、すべてのデータが各ユーザ間で直接に交換される。このため、NAPSTAR と比べて、ファイル交換トラフィックの監視や規制を行うことが難しくなることが特徴としてあげられる。しかし一方で、ファイルの検索メッセージがネットワーク全体にブロードキャストされなければならない、したがって大規模化が容易ではない。検索メッセージをブロードキャスト (フラッディング) することにより、検索メッセージのトラフィック量が増加するためネットワーク資源を無駄に浪費する。また、検索メッセージをブロードキャスト (フラッディング) する範囲を狭めると、検索対象が見つからないなど検索効率が下がるという問題を抱える。なお、検索メッセージがネットワーク全体にブロードキャストされるピア・ツー・ピアを Unstructured ピア・ツー・ピア、7-4-5 節で後述する DHT などの検索効率を高めた仕組みを導入したものを Structured ピア・ツー・ピアと呼ぶ場合がある。

また、ピアモデル (Peer Model) に基づいたオーバーレイネットワークを構成しており、検索後に行われるピア・ツー・ピア (Peer-to-Peer) でのファイルの転送においては、必ずオーバーレイネットワークのトポロジー構成に従った経路でデータが転送される。このような構成は、第3世代のピア・ツー・ピアシステムにおけるデータキャッシュの積極的利用に通じるシステムアーキテクチャである。

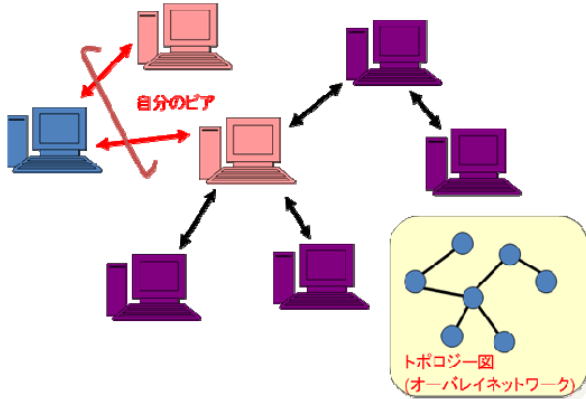


図 4・2 Gnutella におけるトポロジー構成

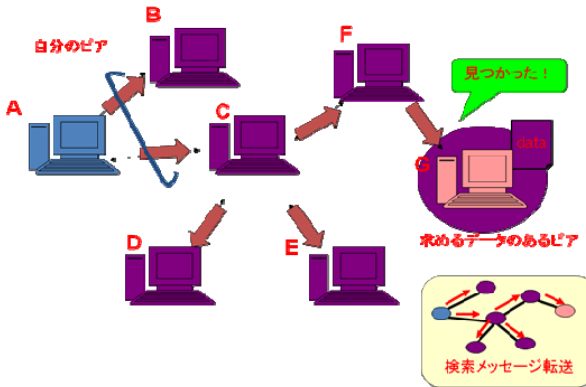


図 4・3 Gnutella におけるファイル検索 (Flooding)

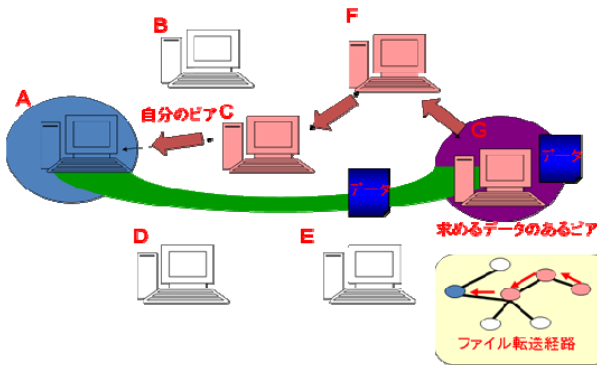


図 4・4 Gnutella におけるファイル転送 (Peer-to-Peer over Peer Model)

■3群 - 6編 - 4章

4-4 第3世代 P2P システム

(執筆著：湧川隆次) [2009年7月 受領]

第3世代のピア・ツー・ピアシステムは、第1世代及び第2世代のピア・ツー・ピアシステムの技術的な問題点であった、規模性への対応と中央（ディレクトリ）サーバに非依存なシステムにすることを可能にした。更に、前世代のシステムにおいて課題となっていた、人気コンテンツ／ファイルを保存しているノードへのアクセスの集中に伴うトラフィックの集中とノードでのデータ伝送負荷の増大という技術課題を、ネットワークレベルでのキャッシュ技術を導入することで解決している。

また、Winny 及び SKYPE においては、大規模化対応のために更にいくつかの手法が導入されている。具体的には、TCP/IP システムにおける経路制御技術と同様に自律的なネットワークの塊を生成し、これを階層的（Hierarchical）にかつ帰納的（Recursive）に定義することでスケールフリーなネットワーク構造を実現している。階層的なネットワークにおいては、上位層になればなるほど大きなデータ処理能力と大きな通信帯域が要求される。各ノードのデータ処理能力と通信可能な帯域幅の情報を利用し、自動的に各ノードの階層クラスが決定され、より高機能な上位階層のノードにより多くのコンテンツの保存と、より多くのアクセスを処理させるようにされている。

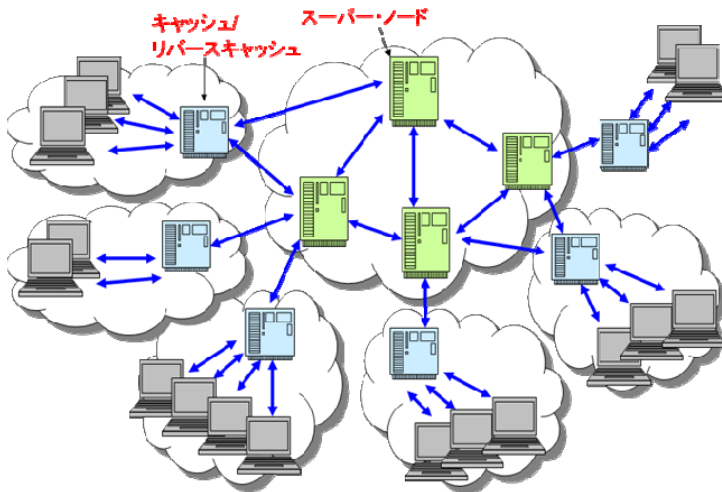


図 4・5 Winny/SKYPE における階層的トポロジー構造の概念図

ネットワークレベルでのコンテンツの（トランスペアレント）キャッシュを機能させるために、第3世代のピア・ツー・ピアシステムでは、ファイルの検索要求メッセージの転送経路と、実際に検索されたファイルの転送経路とが同一となっている。すなわち、シグナリングネットワークとデータ転送ネットワークのトポロジーが同一となっている。すなわち、ピアモデルでネットワークが構成されている。また、シグナリングメッセージ（検索要求メッ

ページ) とユーザデータとが、同一の通信資源を共有するインバンドシグナリング型のシステムとなっている。

(1) Freenet (フリーネット)

Freenet プロジェクトは、1999 年に発表された Ian Clarke の論文 “A Distributed Decentralised Information Storage and Retrieval System” をもとにスタートした。このプロジェクトの目的はインターネット上での情報発信者の匿名を確保し、自由な発言・活動を保証することであった。このために、Freenet では共有されるファイルの暗号化を行うとともに、DHT ファイルシステムを用いてファイルの提供者の特定を不可能にしている。

(2) Winny

通信の暗号化や、データを拡散する際に一定の確率で複数のコンピュータを経由させ、それぞれのコンピュータにコンテンツのキャッシュを残す。また、同じプロファイルのコンテンツファイルをアクセスする傾向にあるノード同士を仮想的にクラスタリングすることにより、効率のよいファイル共有を実現させている。DHT ファイルシステムを用いることで、コンテンツファイルの提供者を特定することを不可能にし、更に、これにキャッシュ技術を組み合わせることで、コンテンツファイルのアクセスノードの特定もより困難にしている。

また、ファイルの暗号化には、第三者のなりすまし攻撃を受ける可能性が低い公開鍵暗号方式が採用されている。

■3群 - 6編 - 4章

4-5 DHT ファイルシステム

(執筆者：湧川隆次) [2009年7月 受領]

DHT (Distributed Hash Table) は、ディレクトリサービスを必要としない純粋なピア・ツー・ピア型のネットワーク型分散ファイルシステムととらえることができる。各ノードが保持する情報は、ファイルの識別子とそのファイルを保持しているノードの IP アドレスのペアである。ファイルの識別子は、ファイルの名前やファイル自体からハッシュ関数を用いて生成される数値 (バイナリ) であり、ファイルの属性 (テキストファイルや JPEG ファイルあるいは avi ファイル) やファイル名には依存しない、無意味なバイナリ数値の列からなる数値で、統一的に表現・抽象化される。

DHT の説明をわかりやすくするために、「8 ビット ASCII コード DHT」を考える。ファイルの識別子は 8 ビットで表現される「ASCII コード」で記述できるとする。8 ビットであるから、2 の 8 乗個の識別子、すなわち、約 6 万 5 千の識別子のコードポイントが存在する。

「8 ビット ASCII コード DHT」では各データを以下のように管理する。

DHT ファイルシステムのノード数が「8 ビット」で表現される数 (= 256 個) 存在すると仮定する。8 ビットの ASCII コードの上位 4 ビットで表現される識別子供が、各 DHT ノードの識別子に対応しているとする。256 個の各 DHT ノードには、それぞれ 2 の 8 乗 (= 256 個) の識別子で識別可能なファイルを格納可能とする。つまり、各 DHT ノードでは、そのノードが「管理すべきファイルの識別子の範囲」が予め決められており、その識別子値に対応するファイルのみを所有・保存する。

各ファイルに対応する識別子を生成するために、DHT ではハッシュ関数を用いる。一般にハッシュ関数を f とすると、その引数が異なれば、その計算結果は異なる。引数を x 及び y とすると、 $f(x)$ と $f(y)$ の値は任意の x 及び y に対して異なった値となる。更に、一般に集合 X に対して x を X の要素とすると集合 $F=f(x)$ はほぼランダムな値からなる集合となる。つまり、 x がどんな要素であっても、それがたくさん集まって全体集合 X をハッシュ関数にかけると、その結果はランダムな値からなる集合になる。したがって、もともとのファイル名や属性に偏りが存在しても、ハッシュ関数を用いてそのハッシュ値を見ると、その偏りが消滅し、均一な数値空間に、その計算結果が分散されることになる。更に、ハッシュ値の大きさは、ファイル名の長さやファイルの大きさに非依存で、常に一定の長さとなる。このようにして、ハッシュ関数をファイルの識別子の生成に利用することで、偏りのない識別子の存在空間を生成することが可能となり、その結果、DHT ノード間に公平にファイル保存の付加を分散させることが可能となる。ハッシュ関数としては SHA-1 が使われることが多い。SHA-1 では、0~数 10 億までハッシュ値が存在し、すなわち、数十億個のファイル数までを DHT ファイルシステムで、対応可能とすることが可能となる。

DHT ファイルシステムにおけるファイル識別子の値からファイル自体の検索を行うためには、ファイルの識別子値と、その識別子値に対応するファイルが格納されているノードにアクセスするための IP アドレスが解決される必要がある。識別子の番号空間を線形 (リニア) に検索していく方法は、最も単純でナイーブな検索手法であるが、検索速度が識別子空間と DHT ノードの増加に伴い著しく劣化してしまう。そこで、バイナリサーチなど効率的な識別

子空間の検索アルゴリズムの導入が必要となる。この検索アルゴリズムは、データベースにおける検索手法とほぼ同様の問題を解いているのに等しい。すなわち、識別子値の空間がリニアに分布しているようなエンタリーにおいて、効率的なエンタリー検索を行うことに等しい。更に、識別子空間を集約化し、識別子値の空間を階層化することで、検索の高速化とシステムの大規模化への対応を実現することも可能である。

DHTの実装としては、MITで開発されたChordやCAN(Content addressable network)などがある。DHTを使っているピア・ツー・ピアシステムには、世界中で広く利用されているファイル転送サービスであるBitTorrentがある。

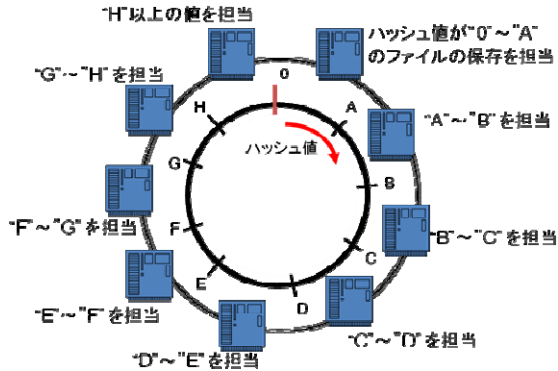


図4・6 DHTにおける分散ファイル保存

■3群 - 6編 - 4章

4-6 ピア・ツー・ピアシステムとオーバーレイシステム

(執筆著：湧川隆次) [2009年7月 受領]

インターネット初期のモデルである「計算機が1対1に対等な立場で相互接続」する環境と同じではあるが、その規模が著しく拡大したシステムである。ピア・ツー・ピア (Peer-to-Peer) 環境は、1対1の通信形態で、音声や動画を使ったリアルタイム通信やファイルの分散的共有などを、インターネットを用いて実現する環境である。

ピア・ツー・ピア (Peer-to-Peer) 技術は、分散コンピューティングならびに計算機の内部アーキテクチャにおいて適用されてきた要素技術をネットワークに対して、個別に適用しようと試みているようにみることができよう。原始的な計算機には、キャッシュ技術が存在しなかったように、既存のインターネットにはキャッシュ技術はほとんど存在しなかった。

しかし、Proxy サーバの導入、CDN (Contents Delivery Networking) システムの導入、更に第3世代のファイル共有システムにおいては、コンテンツの配信レイテンシ特性の向上と配信サーバの負荷分散を実現するために、キャッシュサーバをネットワーク内に分散配備したものにとらえることができる (図4・7)。当然、キャッシュミスが発生するとオリジナルのサーバにアクセスするし、更にキャッシュのヒット率を向上させるために先読み (CDN ではこれをリバースキャッシュと呼ぶ) 機能も実装されている (図4・8)。

あるいは、ファイル検索完了後のファイル転送は、Peer-to-Peer に任せるというアーキテクチャは、DMA (Direct Memory Access) 転送やホストコンピュータにおけるチャンネル転送と等価とみることができよう (図4・9)。

更に、DHT (Distributed Hash Table) 技術に代表されるようなディレクトリサービスシステムは、仮想メモリシステムとほぼ等価な機能を提供している。

このように、これまでのコンピュータネットワークを振り返ると、トランスペアレントなネットワークを用いて、様々なコンピュータネットワークが設計構築運用されてきた。その歴史は、クライアント・サーバシステムとピア・ツー・ピアシステムが、その勢力争いを行いながら、一方で、システム規模の増大と自律性を向上させてきたととらえることができる。

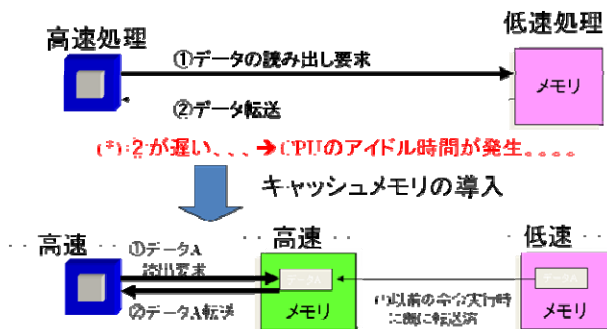


図4・7 計算機内部におけるキャッシュの概念 (1)

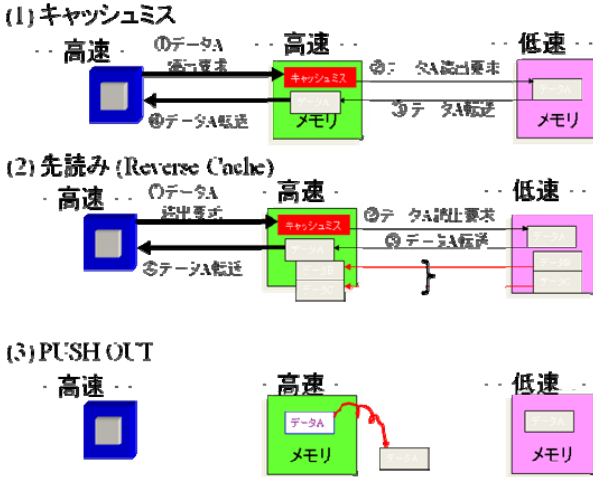


図 4・8 計算機内部におけるキャッシュの概念 (2)

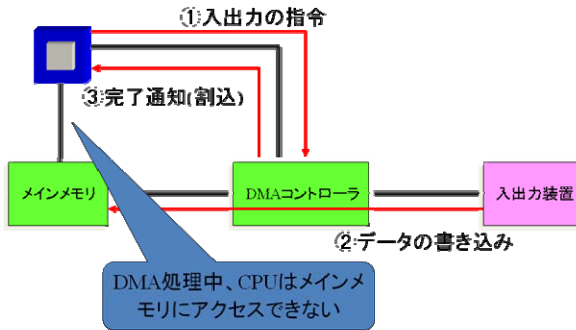


図 4・9 計算機内部における DMA の動作概念

また、情報通信システムは、単一の機能のみで構築されているのではなく、複数の機能を組み合わせ、統合化してそれぞれのサービスを提供している。各機能の実現は、クライアント・サーバ型でもピア・ツー・ピア型の両方で実現可能であり、現実のシステムにおいては、これら二つのサービスアーキテクチャが複雑に組み合わせられた形で実現されている。ピア・ツー・ピアシステムの代表例とされている Winny においても、Winny システムを構築するための要素機能は、クライアント・サーバ型システムとなっているものが存在する。

ピア・ツー・ピアシステムは、基本的には IP パケットの転送プラットフォームの上に、自由にピア・ツー・ピアネットワークを構成する（ピア・ツー・ピアネットワーク）ノードを定義し、必要なときに必要なノードに中継（ピア・ツー・ピアネットワーク）ノードを介さずに、直接に通信を行う、いわゆるオーバーレイ型のネットワークである。

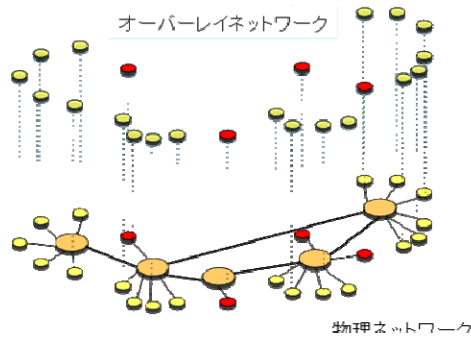


図4・10 オーバーレイネットワークの概念図

このような、オーバーレイネットワークを構成動作させるには、ディレクトリサービス機能が提供されなければならないことは、すべての世代のピア・ツー・ピアシステムに共通する。ディレクトリサービスは、アクセスコンテンツの情報から、アクセス先のピア・ツー・ピアノードへのアクセスを行うために必要な情報（例えば、IPアドレス、ポート番号やファイル識別子など）を解決する機能を提供する。これは、TCP/IPシステムにおけるDNS（Domain Name Service）とほぼ等価と捕らえることができる。すなわち、DNSシステムは、宛先のFQDN（Fully Qualified Domain Name）にアクセスするために必要なIPアドレスの情報を提供するサービスを提供し、DNSが提供してくれるIPアドレスを用いて、クライアントノードは、目的のノードに直接アクセスし、所望のデータ通信を実行する。DNSシステムを用いたTCP/IP通信は、ディレクトリサービスとユーザデータ通信サービスでのIPパケットが転送される経路が同一ではなく、このような観点から考えると、インバンドシグナリング型のオーバーレイネットワークととらえることができる。

IP電話サービスやマルチメディア通信サービスを実現するために広く利用されているシグナリングプロトコルがSIP（Session Initiation Protocol）である。SIPサーバシステムは、DNSサーバシステムとほぼ同様に、TCP/IPネットワーク上に適宜分散配備され、これらが連携しながら分散的ディレクトリサービスを提供する。具体的には、SIPサーバはSIPサーバ同士で連携し、SIPクライアントノードが送信した宛先SIPクライアントノード検索メッセージに対応する、電子メールアドレス様式や内線電話番号様式で表現されるSIPクライアントノードにアクセスするために必要な情報（IPアドレス、ポート番号あるいは通信プロトコルなど）を返答する。なお、SIPサーバ間では、DNSプロトコル及びSIP-NNIプロトコルが利用される。SIPシステムは、DNSとほぼ同等のシステム構成となっており、アウトバンドシグナリング型のオーバーレイネットワークとなっている。

これらSIPシステム及びDNSシステムを用いたTCP/IPシステムはNBMA（Non-Broadcast Multiple Access）とも呼ばれる。メッセージはネットワーク内にブロードキャストはされないが、ネットワーク上の任意のノードにピア・ツー・ピアにアクセスし直接データ通信を行うことができる。

動作としてはほぼ同一であるが、アウトバンドシグナリングの実現方法が異なるシステム

として、従来の電話システムがあげられる。従来の既存電話システムでは、SS No.7 (あるいは B-ISUP) と呼ばれるシグナリングプロトコルが定義され、シグナリングメッセージは、実際の音声データが転送されるネットワークとは物理的に異なるネットワーク上を転送される。DNS システムを用いた TCP/IP ネットワークや SIP システムは、シグナリングメッセージとユーザデータメッセージとは異なる転送経路をとるが、同一の物理ネットワークを利用する。

最後に、ネットワーク内でのコンテンツのキャッシングを行う Winny に代表される第 3 世代ピア・ツー・ピアシステムでは、シグナリングメッセージの転送経路とコンテンツデータの転送経路が同一となっている。すなわち、ピアモデル型のネットワークである。シグナリングメッセージとコンテンツデータの転送は、同一の資源を共有するので、インバンドシグナリング型のネットワークとなる。