

DirectShare による情報共有

佐沢 真一¹ 佐藤 裕一¹ 千田 陽介¹

¹富士通研究所 Fujitsu Laboratories Ltd.

1. 概要

近年、パーソナルコンピュータ(PC)の高性能化・低価格化に伴い人間の生産活動における PC の役割は益々重要になってきている。しかし、PC に保存したデータが多くなればなるほど、職場用、自宅用、出張用など PC を複数所有している場合、各 PC 間でデータを複製し、整合性を保つ作業が大変になる。これは一人が複数の PC を管理するときだけでなく、複数の人間がそれぞれの PC でデータを共有する際や、新しく PC を買い換えた際にも発生する。

そこで筆者らは、ピアツーピア(P2P)型でデータを共有するシステム: "DirectShare"を開発した[1]。DirectShare は人間の様々な生産活動を「共有空間」という概念で捉え、この共有空間で様々なデータやアプリケーションを共有することにより、情報共有と遠隔会議の双方を同時に実現するものである。しかしこのようなシステムを実現するためには、以下のような問題を解決しなければならない。

- ・ P2Pネットワークはピア間のネットワーク帯域が極めて複雑になる。このような条件でどのように最適なネットワーク通信を行うか?
- ・ 共有するコンテンツは極めて大きいサイズになりうる。しかし、各ピアのディスク容量は多様である。この場合にどのようにデータの一貫性を保つか?
- ・ 特定のサーバを経由しない通信環境でどのようにエンドツーエンドのセキュリティを保つか?

本論文は、DirectShare がどのように上の問題を解決したか詳しく説明する。

2. 従来の情報共有システムの問題点

複数の端末間でデータを共有し、遠隔会議を行うシステムとして、既にいくつかの製品やプロジェクトがある。クライアント・サーバ型では Thin Client[2]や Lotus Sametime[3]などが代表的である。しかし、クライアント・サーバ型は特定のサーバに接続しなくては利用できない。また、サーバに負荷が集中するという問題がある。そこで、クライアントの能力の向上した近年では Groove[4][5]等の P2P をベースとしたシステムが多く発表されている。Groove はアドレスの 1 元管理とファイルの共有をある程度両立しているが、すべてのファイルを暗号化しているため、動作が重くなり、特に共有するファイルが大きくなると操作がスムーズにできなくなり、遠隔会議のよう

なりリアルタイム性が必要な場合使いづらい。そこで DirectShare はセキュリティを十分保ちつつ、大容量のコンテンツを簡単に共有し、同時に遠隔会議もできるシステムを実現することを目標とする。

3. DirectShareの要素技術

3.1 P2P

DirectShare はネットワークモデルとして Napster 型の P2P 通信方式を採用している。すなわち、各端末の IP アドレスを集中管理するをレジストリサーバを1つ設けている(図 1)。各端末は起動時にまずレジストリサーバに接続し、自分がネットワークに接続した(オンラインになった)ことを自分の IP アドレスと共に伝え、P2P 接続したい端末がオンラインかどうか問い合わせる。レジストリサーバの回答により、自分が接続したい端末でオンラインのものについては、直ちに P2P 接続を行う。一方、自分がオンラインになった時点ではオフラインであったが、その後オンラインになった端末に関しては、相手側から P2P 接続をしてもらうため、その時点で相手がオンラインになったことが分かる。接続後は各端末は P2P で通信を行い、サーバには一切負荷が発生しない。このようにレジストリサーバはピアの位置情報を伝えるだけの非常に軽い処理を行っているため、クライアントの増加に対応することができる。

3.2 高速データ転送

DirectShare は P2P でネットワーク接続を行うため、ピア間のネットワーク帯域が十分ではない環境において、性能が著しく低下する可能性がある。この問題を解決するため筆者らは P2P でデータを確実かつ高速に転送する技術を開発した。

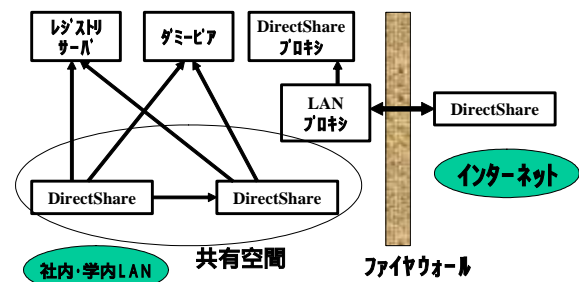


図 1. DirectShareシステム全体図

a) トポロジの最適化

複数の端末がP2Pでネットワーク接続している場合、メッシュ状に送るより適当な端末をハブ化してリレー的に送る方が効率が良い。特に途中でボトルネックがある場合はリレー方式は有効となる。しかし、リアルタイムに最短経路を厳密に解くことは困難である。そこで、各端末間で適当な大きさのペケットをテスト的に送受信してネットワーク的な距離を測定し、どの端末をハブ的に用いるのが最適かを判定して、動的にネットワークトポロジを最適化している。

b) 高速転送プロトコル

DirectShareは通信プロトコル自体を改良して通信を高速化している。一般に通信速度の低下の原因はRTT(Round Trip Time)が大きい、ペケットロス率が高いなどの回線品質によるものが多い。一般的なTCP通信ではペケット毎にACKを返すため、低品質の回線では十分な速度を得られない。そこでACKを用いないUDPでペケットを連続的に送付し、ペケットロスをFEC(Forward Error Correction)で修復する方法により、高速にデータ転送を行っている。送付データを数%余分に送ることで、どのペケットが消失しても受信できたペケットから元データを修復することができる。実際に日時間(RTT:約200ms)で測定したところ最大でTCPの7倍という結果が得られた。

3.3 分散ストレージによるデータ保全

DirectShareのユーザがファイルを共有する場合、特定のサーバでファイルを集中管理していないため、必ずしも同時にオンライン接続していないユーザ間でファイルを共有するための仕組みが必要である。そのため、DirectShareでは「ダミーピア」と呼ばれる分散ストレージを設けている。ダミーピアはあるユーザがネットワークに接続していない場合に、更新された共有データを代理に受け取るものである。その後、ユーザがDirectShareを起動すると、ダミーピアが代理で受け取ったデータを受信し共有空間の同期を行う。現在、全てのDirectShareのユーザが利用できるダミーピアを管理センタに1つ構築しているが、各自が自分専用もしくはグループ単位のダミーピアを簡単に構築できるようにしている。

ダミーピアのもう1つの役割として「ファイルリンク」機能がある。これは、複数のデータ量の大きい共有空間に参加すると、ユーザのディスクの制限を越える可能性があるためデータ本体を持たずに、更新者、サイズ、識別子のみを保有する機能である。ファイルリンクを使用すると、ファイルのデータをダミーピアにミラーリングし、自分のローカルディスクからはデータを削除して記憶スペースの有効活用を図ることができる。この方法により、ネットワーク上のストレージを仮想的に自分が所有するかのように活用することができる。

3.4 EndToEnd セキュリティ

DirectShareはデータが各端末(PC)にデータが蓄えられ

るため、PCが盗難にあった際、データを盗まれないようにする必要があるのである。さらに、通信経路における盗聴やなり済ましなどの対策もしなければならない。そのためDirectShareでは機密性の高い共有空間に対しては、公開鍵(RSA 1024bit)、共通鍵(Rijndael 128bit)の2つの暗号方式を用いてセキュリティ対策を行っている。

鍵を2種類使っているのは公開鍵方式の暗号化は暗号化・復号化に時間がかかるため、音声や共有空間の編集などの通信やディスクへの保存など通常の暗号化は高速な共通鍵方式で処理している。この共通鍵は共有空間毎に異なるため、第三者を新しく共有空間に招待する時に共通鍵を安全に伝えるために公開鍵方式を利用している。

4. 今後の課題

現在、DirectShareはMS-Windows2000およびXPのPCアプリケーションの形を取っており、端末はPCに固定されている。このため、例えば出張先から従来と同じ環境を使いたい場合、出張先で専用のPCを借りて、DirectShareをインストールするか、自前のノートPCを持ち込むしかない。

そこでコンピュータ環境である共有空間を気楽に持ち運ぶため、通信手段、ストレージ、認証機能などを備えたUSBデバイス(PeerToken)を開発している。これは、例えば出張先で適当なPCを借り、PeerTokenを挿すだけで、指紋等による本人確認完了後DirectShareが立ち上がるというものである。共有空間のデータはPeerToken内部のストレージに保存するため、借りたPCには痕跡を残さない。

現在、PCは至る所に存在すると考えてよい。このPeerTokenが実現すると、各人は重くてかさばるPC単体は持ち歩かずに、適当なPCにPeerTokenを挿すことで、どこでも自分の作業環境を起動することが可能になる。

5. まとめ

以上、ピアツーピア(P2P)型でデータを共有するシステムDirectShareについて述べた。現在、DirectShareは社内試用による評価中であり、10~20拠点での遠隔地間でのデザインレビュー等に利用されている。

参考文献

- [1] 千田, 佐藤, 佐沢, “DirectShareによるコンピュータ作業環境の携帯とデータ共有” 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会 pp159-164(2003)
- [2] J. Golick, “Network Computing in the new thin-client age”, netWorker: The Craft of Network Computing 3(2), pp30-40(1999)
- [3] <http://www.lotus.com/>
- [4] <http://www.groove.net/>
- [5] Andy Oram, “PEER-TO-PEER Harnessing the power of Disruptive Technologies”, O'Reilly & Association, Inc (2001)