feature article

東京証券取引所新統合ネットワーク「arrownet」の構築

Architecting "arrownet" of Tokyo Stock Exchange

河合 洋臣 Hiroomi Kawai　角南 浩隆 Hirotaka Sunami　内田 信也 Shinya Uchida
荒木 祐二 Yuji Araki　並木 靖 Osamu Namiki　坂本 忍 Shinobu Sakamoto

証券取引所では，証券市場を巡る環境の変化に伴い，従来の売買システムと合わせて統合ネットワークにおける対応が求められていた。
こうしたニーズに対し，株式会社東京証券取引所は，証券業界の基幹ネットワークとして，
（1）取引手法の高度化・高速化に対応した中継遅延時間の極小化，
（2）センター被災時のBCP（事業継続計画）確保，
（3）取引参加者の利便性向上
などを目的とした新統合ネットワーク「arrownet」を構築し，2009年7月に稼動させた。
日立は設計および構築を担当し，高い信頼性を持つ日立グループ内のアラクサラネットワークス株式会社の製品を中心に堅牢（けんろう）なネットワークを構成している。

1. はじめに

近年，世界規模で証券取引所間の競争が激化し，金融商品の魅力に加え，ネットワークを含むインフラやファシリティも重要視されている。海外における取引所のビジネスモデルでは，少数の証券会社による取り引きから不特定多数の投資家による取り引きへと移行している。取り引きの質も変化しており，自動発注機能を持つアプリケーションの普及に伴って小口化が進み，証券会社や機関投資家，ファンドなどの投資者からは，証券取引所に対してより高速な証券取引を実現するシステムの導入が求められている。

図1　東京証券取引所
売買システムおよびネットワークシステムの刷新や新しいサービスの提供を順次開始しており，証券取引所としての魅力を拡大している。

こうしたニーズに対応するため，各取引所は売買システムの処理性能を高めている。

株式会社東京証券取引所（以下，東証と記す。）では，投資者ニーズや市場環境の変化をとらえ，売買システムおよびネットワークシステムの刷新や新しいサービスの提供を順次開始しており，証券取引所としての魅力を拡大している（**図1**参照）。

ここでは，東証の新統合ネットワーク「arrownet※1)」の導入事例と，それを支えるアラクサラネットワークス株式会社の製品および特長となる技術について述べる。

2. 従来のネットワークにおける課題

2.1 証券市場を取り巻く環境の変化

東証にとって，グローバルな競争に打ち勝ち，ネットワークを通じて世界からの注文を呼び込むためには，金融工学およびITの進展による取引システムの高速化といった世界の証券市場を巡る環境変化に対応する必要があり，商品ごとに優れたシステムの構築と同様にそれを支えるネットワークがきわめて重要なインフラとなる。また国内だけでなく，海外機関との接続を展望し，独立性，接続性，機能性の改善向上を実現するために，従来の売買システムと合わせて統合ネットワークの刷新に対する要求が高まっていた。

※1） arrownetは，株式会社東京証券取引所の登録商標である。

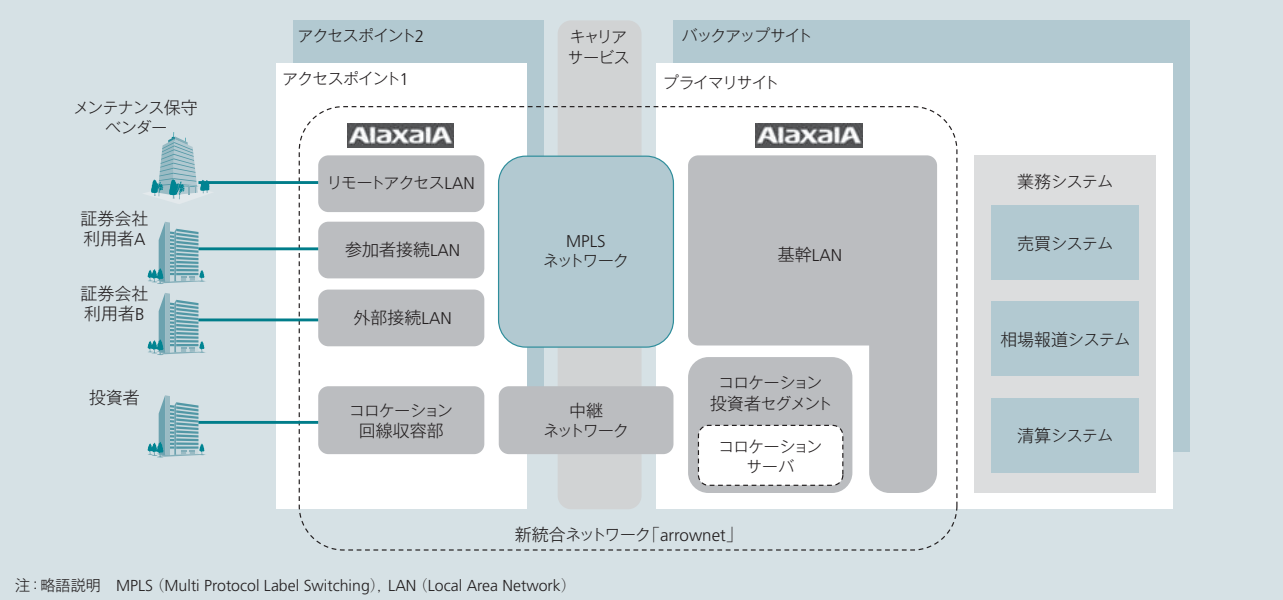

図2　株式会社東京証券取引所の新統合ネットワーク「arrownet」の構成イメージ
arrownetへ接続する利用者は2か所のアクセスポイントを経由して接続する。センター側はプライマリサイトおよびバックアップサイトによって冗長化されており，震災などにも耐えられるシステム構成となっている。arrownetのネーミングについては，「arrow」はスピードの象徴であり処理性能の高速性を意味し，「net」はネットワークを意味する。すべて小文字表記とすることで拡張性や柔軟性を表現している。

2.2　従来の統合ネットワーク

従来の統合ネットワークは，2001年に構築され，バックボーンは1 Gビット/sのイーサネット※2)で構成されていた。キャパシティについてはピークトラフィックの2倍程度を確保できる設計としていたが，2006年に発生した社会的インパクトを与える金融市場の混乱では1日当たりの注文件数として10倍程度のトラフィックが発生し，以降も同様のケースが目立ち始めた。また売買システムの刷新に伴う接続仕様の変更によってトラフィックの集中度が飛躍的に高まることが想定され，キャパシティの増強に加えて，いっそう高い拡張性と柔軟性を確保するためには抜本的なネットワークの構成変更が急務になった。

周知のとおり，東証は金融マーケットの中心的存在で海外からの取引参加者も多く，仮に震災などで首都機能が麻痺（まひ）したとしても，取り引きを継続できるための仕組みを備える必要がある。BCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）担保のためには，異なる地域へバックアップサイトを構築し，高い信頼性を確保する必要があった。

3.　新統合ネットワーク「arrownet」の概要

3.1　arrownetの要件

arrownetは，構成変更のパターン化が容易なモジュラー型のアーキテクチャを採用することで柔軟性を高めており，バックボーンは従来の1 Gビット/sから10 Gビット/sへ拡張することで，キャパシティの大容量化と同時に中継遅延時間の短縮を図っている。キャパシティは2012年までのトラフィック平均需要予測に対して20倍以上を確保することが可能となり，アクセスポイントとプライマリ／バックアップサイトを結ぶキャリア（通信事業者）のサービスは波長多重によって10 Gビット/s単位で波長の追加が可能であり，十分な拡張性を有している。

利用者トラフィックはアクセスポイントの引き込み回線によって多重化し，収容密度を高めることで，省スペース化とコスト低減を図っている。利用者を収容するインタフェースはきめ細かくトラフィック制御が可能な階層化シェーパを採用し，利用者ごとのトラフィックに対するシェーピングによってarrownet内におけるバースト的なトラフィックを均一化している。

BCPの側面においては，バックアップサイトを構築し，利用者はアクセスポイントを経由してarrownetへ接続する構成とした。万が一ネットワーク障害が発生した際も，各ネットワーク区間において高速障害検知プロトコルによる経路切り替え時間の短縮を実現しており，フォールトトレラント設計によって稼動率を向上し，ネットワークの信頼性を高めている（**図2**参照）。

3.2　コロケーションサービスの導入

従来の売買システムでは，処理時間に2～3秒を要していたが，arrownetと同様にシステムの刷新に取り組んでいる次世代売買システム「arrowhead」では，売買注文の処理時間が10ミリ秒以下になる予定であり，これほど高速

※2）イーサネットは，富士ゼロックス株式会社の登録商標である。

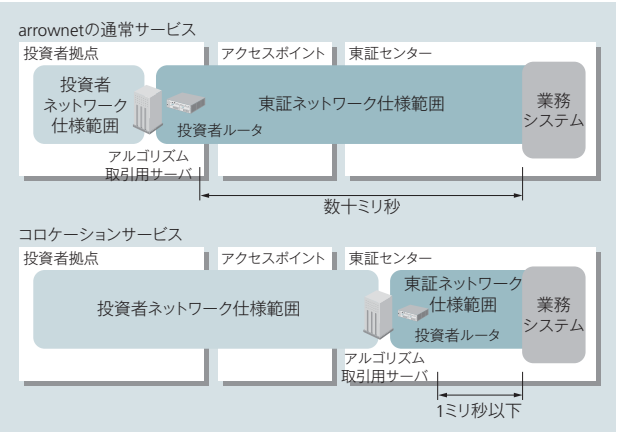

図3　コロケーションサービスのイメージ
投資者が設置するアルゴリズム取引用コロケーションサーバによって，東証業務システムサーバとの距離が縮まり，より高速なトレーディングが可能となる。

になると次は投資者と業務システム間の中継遅延時間が問題視されるようになる。

その問題を解消して高速なトレーディングを実現するのがコロケーションサービスである。投資者のサーバを東証のデータセンター内に設置し，東証の業務システムとの物理的な距離を短縮することで，投資者は情報受信および発注の中継遅延時間を1ミリ秒以下にまで抑えることが可能になる（**図3**参照）。

4.　arrownetを支える技術

4.1　高速障害検知プロトコル,BFD

組織内ルーティングプロトコルとして一般的なOSPF（Open Shortest Path First）では，HELLOパケットと呼ばれる生存確認パケットを数秒間隔で送受信し，隣接装置間の障害監視をしている。この場合，障害検知時間とその後の経路計算時間を合わせて数十秒程度の経路切り替え時間（この間は通信停止となる）が必要である。一方，BFD（Bidirectional Forwarding Detection）は，生存確認のためのBFDパケットを数十ミリ秒から数百ミリ秒間隔で高速に送受信して障害をいち早く検知させる機能である。

arrownetではOSPFとBFDを連携させて障害監視することにより，障害検知時間は1秒以内を実現し，経路計算時間を合わせた通信停止時間を数秒程度に抑えている。なお，各LANに配置されているハイエンドギガビットルータ「AX7800R」では，OSPFのプロトコルが動作するプロセッサとは異なる独立したフォワーディングエンジン内のプロセッサにBFD処理機構を搭載することにより，BFDパケットを安定して高速な送受信を可能としている（**図4**参照）。

BFDの規格については，インターネット技術の標準化機関であるIETF（The Internet Engineering Task Force）にて，Draft（起草）の段階を終え，Proposed Standard（標準化提案）の段階であり，まもなく標準化される見込みである。arrownetは，この先進的なBFDを取り入れ，いち早く高信頼化の実現に成功した。

4.2　階層化シェーパ

シェーパとは，回線帯域など限られたネットワーク資源を有効利用するためのQoS（Quality of Service）の一部である。優先度に応じてパケットの送信順を決めるスケジューリング制御と，トラフィック流量を調節する帯域制御とで実現している。

従来のシェーパは，回線単位のみのスケジューリング制御と帯域制御を持つため，回線ごとのトラフィック制御しかできなかった。今回採用したAX7800Rの階層化シェーパは，回線単位の帯域制御だけでなくユーザー〔VLAN（Virtual Local Area Network）／あて先など〕単位でのスケジューリング制御と帯域制御を持つ。このため，回線ごとだけでなくユーザーごとにもトラフィック制御できる。さらに，1回線当たり1,023ユーザーを収容できることから，高い収容密度を要求するキャリアへの採用実績も多い。なお，この階層化シェーパについては，アラクサラネットワークスで発案特許化・製品化した機能の一つである。

arrownetでは，広域網を介して利用者を収容するために各アクセスポイントへ設置する収容ルータに階層化シェーパを採用している。収容ルータから広域網へは1 Gビット/s回線で接続し，広域網を介して複数の利用者にそれぞれ10 Mビット/sで接続している。この1 Gビット/s回線に階層化シェーパを適用し，収容ルータから広域網へ流れるトラフィックを利用者当たり10 Mビット/sで帯域制御している。これにより，各利用者の帯域を保証し，かつ広域網内での輻輳（ふくそう）を抑止することで通信品質の

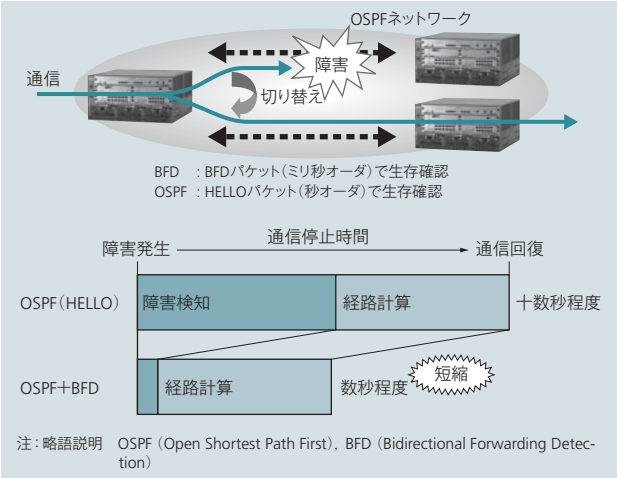

図4　BFDを使用した経路切り替え
従来のOSPF（HELLO）と比較して，OSPF＋BFDでは経路切り替え時間の短縮を実現している。

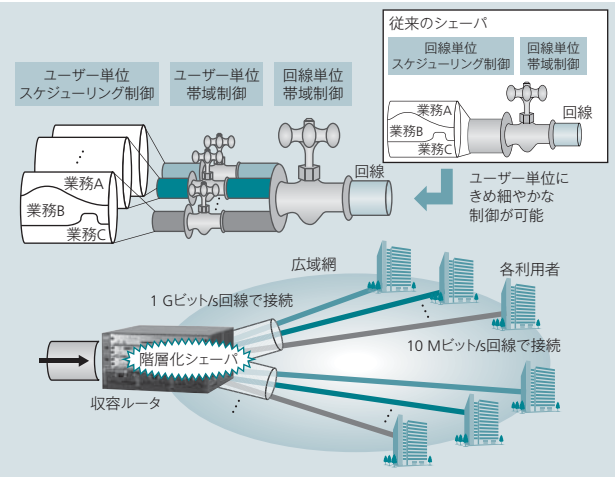

図5　階層化シェーパによるトラフィック制御
階層化シェーパによって，利用者ごとのスケジューリングおよび帯域をきめ細かく制御することができる。

確保が可能となる。将来的には，各利用者へのトラフィックを業務別に優先制御するなど柔軟なサービス展開も可能な設計としている（**図5**参照）。

5.　おわりに

ここでは，東証の新統合ネットワーク「arrownet」の導入事例と，それを支える製品および特長となる技術について述べた。

arrownetは稼動が開始して間もないが，今後は取引参加者の利便性をさらに向上させていくためにアクセスポイントの拡張や，国内外の外部機関との接続などが検討されており，証券業界の基幹ネットワークとして発展していくものと期待される。

日立製作所は，従来の統合ネットワークから設計および構築を担当し，安定稼動してきた実績と蓄積したノウハウを評価され，arrownetの受注に至っている。今後も信頼されるパートナーとして，東証のビジネスを支えていく考えである。

参考文献など

1）　大島，外：ギャランティードネットワークを実現するルータとスイッチ製品「GR/GSシリーズ」，日立評論，87，6，545～548（2005.6）
2）　東京証券取引所，http://www.tse.or.jp/
3）　アラクサラネットワークス株式会社，http://www.alaxala.com/

執筆者紹介

河合 洋臣
2008年日立製作所入社，情報・通信システム社 情報・通信グループ ネットワークソリューション事業部 ネットワークシステム第一設計部 所属
現在，東証向けのネットワークインテグレーションに従事

角南 浩隆
2000年日立製作所入社，アラクサラネットワークス株式会社 製品開発本部 第一ソフト開発部 所属
現在，ルータ・スイッチのソフトウェア開発に従事

内田 信也
1995年日立情報通信エンジニアリング株式会社入社，ICTソリューション事業部 ネットワークソリューション第一部 所属
現在，東証向けのネットワークシステム設計に従事

荒木 祐二
1992年日立製作所入社，情報・通信システム社 情報・通信グループ ネットワークソリューション事業部 ネットワークシステム第一設計部 所属
現在，東証向けのネットワークインテグレーションに従事

並木 靖
1989年日立製作所入社，情報・通信システム社 情報・通信グループ ネットワークソリューション事業部 ネットワークシステム第一設計部 所属
現在，国内証券決済インフラ全般向けのネットワークインテグレーションに従事

坂本 忍
1990年株式会社東京証券取引所入社，IT本部 ITサービス部 兼 ITビジネス部 所属
現在，arrownetの開発およびコロケーションビジネスにかかわる企画・インフラ構築に従事