

5R-05 新世代ネットワークアーキテクチャ ZNA におけるセッション層の試作

渡邊 大記†

金子 晋丈†

寺岡 文男†

†慶應義塾大学 理工学部

1 はじめに

図1の通り、現在のインターネットは物理層、データリンク層、ネットワーク層、トランスポート層、アプリケーション層の5階層モデルからなっており、アプリケーションが使用できる通信路はTCPやUDPといった単純な通信路のみである。また、多くの拡張機能が基本アーキテクチャに従わずに追加されており、このまま機能を追加し続けると現在のアーキテクチャはいずれ破綻するため、見直しが必要である。新世代ネットワークアーキテクチャZNA[1]は従来のアーキテクチャの各階層を見直し、一から作り直すことを目的としている。ZNAはID/Locator分離、クロスレイヤ協調などを特徴としている。また、従来のアーキテクチャには存在しないセッション層をトランスポート層とアプリケーション層の間に導入し6階層モデルにすることで、より抽象的で高機能なパス（通信路）をアプリケーションへ提供する。

2 関連研究

TCPのスループットを改善する試みとしてMPTCP (MultiPath TCP) [2]やTCP Acceleration[3]などがあるが、これらを要求に応じて組み合わせたり使い分けたりできていない。

また現在のネットワークアーキテクチャには具体的なセッション層の定義がされておらず、様々な研究開発がされている。文献[4]ではモバイル向けに高速ハンドオーバーをサポートするセッション層をユーザ空間に実装しており、文献[5]では衛星間通信向けにDTN (Delay/Disruption Tolerant Networking)をサポートするセッション層をカーネル実装している。しかしこれらのセッション層は特定の機能に特化した設計になっており、複数種類のネットワークへの要求に一度に応えることはできない。

3 セッション層 (L5-path) の機能

本稿ではZNAにおけるセッション層 (L5-path) を、メンテナンス性の良さや使いやすさの観点からAPI (L5-API) として試作した。従来のセッション層とは異なり、L5-pathはアプリケーションの目的に応じて複数の通信路を選択したり組み合わせたりすることができる。図2にL5 bundled path, L5 spatially-spliced pathの概念図を示す。

3.1 L5 bundled path

現在のL4-path (トランスポート層プロトコル) を複数束ねた通信路をL5 bundled pathと呼ぶ。L5 bundled pathはL4-path数の増加によるスループット向上や、耐障害性を提供する。

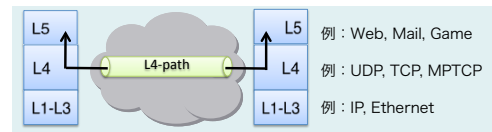
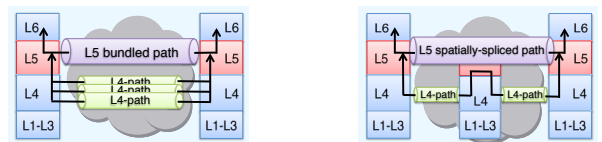


図1: 現在のインターネットにおける通信路



(a) L5 bundled path

(b) L5 spatially-spliced path

図2: L5-pathのイメージ図

障害が発生した際の再送に備え、L5 bundled pathはL5独自のバッファを持つ。

3.2 L5 spatially-spliced path

空間的に分割されたL4-pathをsplicer (中継ノード) で結合した通信路をL5 spatially-spliced pathと呼ぶ。L5 spatially-spliced pathはsplicerでのポリシーの適用や、特定位置のsplicerを選択することによる経路指定が可能である。またパスを分割することにより、TCPの性能指標の1つであるRTT (Round Trip Time) の削減によるスループット向上が見込まれる。

4 L5-pathの確立

4.1 L5-APIの概要

L5-APIは既存のソケットインターフェイスに準拠した設計にすることで導入コストの削減を図っている。具体的には、既存のsocket()に準拠したL5_socket()やconnect()に準拠したL5_connect()などがあり、L5-path独自の機能としてL5 bundled pathをアクティブオープンするL5_bundle_connect(), パッシブオープンするL5_bundle_listen()などを新たに加えた。

4.2 L5-path 確立までのシーケンス

図3にL5 bundled path 確立のシーケンスを示す。L5-pathでは、コネクションをアクティブオープンする側をinitiator, パッシブオープンする側をresponderと呼ぶ。まずinitiatorがKB (Knowledge Base) [6]からREST APIを通してトポロジやリンクの情報を取得し、状況に応じてL5 bundled pathやL5 spatially-spliced pathを選択、組み合わせが可能である。L5 bundled pathを確立するには、まずL5 regular pathかL5 spatially-spliced pathを1本確立する必要がある。L5 spatially-spliced pathを確立する際のsplicerの位置は、アプリケーションがKBから得た情報をもとに、要求に応じて決定することができる。その後、両エンドのアプリケーションがネゴシエー

Prototype Implementation of Session Layer in ZNA, a New Generation Network Architecture

†Hiroki Watanabe †Kunitake Kaneko †Fumio Teraoka

†Faculty of Science and Technology, Keio University

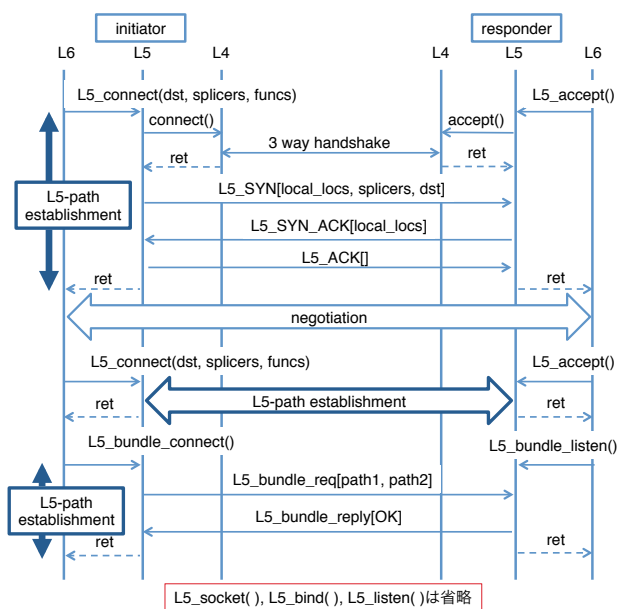


図 3: L5 bundled path 確立のシーケンス図

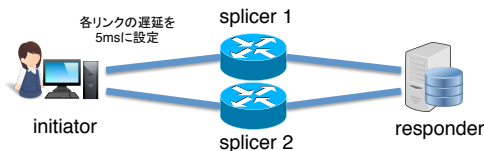


図 4: トポロジ図

ションを行い L5 bundled path を確立する。

5 実装と評価

L5-path の有用性を示すために、L4-path (通常の TCP), L5 bundled path (L5 regular path \times 2), L5 spatially-spliced path, L5 bundled over spatially-spliced path (L5 spatially-spliced path \times 2) のスループットと、各 L5-path パスを確立するまでのオーバーヘッドを計測する。

5.1 評価環境

L5-path を Ubuntu Server 14.04 LTS (Intel Core i3 \times 4, 4GB RAM) 上で動作させる。図 4 に本評価で使用するトポロジを示す。ノード間は独立した 1Gbps のリンクで接続されている。なお L5 bundled path を確立する際、両エンドでは束ねる 2 本のパスは別のリンクを使用し、splicer はエンド間の RTT を二分する位置に配置する。今回はエンド間の RTT が 20ms 程度になるように tc コマンドでネットワーク遅延を模擬した。

5.2 オーバヘッドの評価結果

表 1 に各 L5-path 確立のオーバーヘッドを示す。表 1 に示す通り、スループット改善に対するノード内のオーバーヘッドは極めて小さいと判断できる。

5.3 スループットの評価結果

表 2 に各パスのスループットを示す。L4-path はエンド間の RTT が大きいことに影響されスループットがあまり出ていないが、L5 regular path (L4-path) を 2 本束ねた L5 bundled path では束ねたことによるマルチパスの効果が確認できた。一方

表 1: L5-path 確立のオーバーヘッド

path	overhead[ms]
L5 regular path	$0.322 + 2 \times \text{RTT}$
L5_bundle_connect()	$0.071 + 2 \times \text{RTT}$
L5 spatially-spliced path	$0.331 + 2 \times (\text{RTT} + n \times \text{splicers})$

表 2: 各パスのスループット

path	throughput[Mbps]
L4-path (Normal TCP)	335.5
L5 bundled path	577.0
L5 spatially-spliced path	626.6
L5 bundled over spatially-spliced path	1230.3

で、L5 spatially-spliced path では、splicer を挿入したことによる RTT を分割の効果を確認できた。また、L5 spatially-spliced path を 2 本束ねた L5 bundled over spatially-spliced path では L4-path の 4 倍近いスループットを示した。これより RTT 分割とマルチパスの両方の効果を確認できた。

6 おわりに

本研究では新世代ネットワークアーキテクチャ ZNA におけるセッション層を API として実装し、L5-path の性能を示した。今後は、splicer が適用するポリシーの動的な設定や障害発生時のエンドノードへのフィードバック機能などを実現していく。

参考文献

- [1] F. Teraoka, S. Kanemaru, and K. Yonemura. ZNA: A network architecture for new generation network - Focusing on the session layer -. In *Proc. of ICUFN 2011*, pp. 309–314, June 2011.
- [2] A. Ford, C. Raiciu, M. Handley, and O. Bonaventure. TCP Extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses. RFC 6824, RFC Editor, January 2013.
- [3] S. Ladiwala, R. Ramaswamy, and T. Wolf. Transparent TCP Acceleration. *Comput. Commun.*, Vol. 32, No. 4, pp. 691–702, March 2009.
- [4] B.Y. L. Kimura, H. C. Guardia, and E.d. S. Moreira. A Session-Based Mobile Socket Layer for Disruption Tolerance on the Internet. *IEEE Trans. Mob. Comput.*, Vol. 13, No. 8, pp. 1668–1680, 2014.
- [5] C. Caini, P. Cornice, R. Firrincieli, and D. Lacamera. A DTN approach to satellite communications. *IEEE JSAC*, Vol. 26, No. 5, pp. 820–827, June 2008.
- [6] R. Ohshima, S. Kawaguchi, O. Kamatani, O. Akashi, K. Kaneko, and F. Teraoka. Construction of Routing Information Knowledge Base Towards Wide Area Network Management. In *Proc. of CFI '15*, pp. 76–83, 2015.