

次世代インターネット通信のサービス品質向上

足利大学 大学院 情報・生産工学専攻 廣川研究室 修士2年
AZAM AMIR (あざむ あみる)

【概要】インターネットの普及により通信負荷は増加しており、より高効率な通信方式が求められている。次世代のインターネット通信規約「HTTP/3」は従来よりも効率の高い通信ができる反面、通信状況が悪い場合には一部データの到達が遅延するなどリアルタイム性に課題がある。本研究では HTTP/3 を対象として高効率な通信を保ちつつ、リアルタイム性を確保する手法を提案する。

【栃木を元気にするには】近年、IoT や E コマースなどが実用領域に入っており、地理的な制約に捉われずにビジネスなどを展開することが可能となった。一方、次世代のインターネット通信規約では、通信状況が悪い場合にデータの到達遅延が発生する。本研究は通信遅延を軽減し、通信の信頼性を向上させることができ、栃木県を拠点としたビジネス、および DX 化の推進に貢献をすることができる。

1. 諸論

情報のやり取りが急増している現代のデジタル環境で、ネットワークの輻輳や遅延、情報の損失は課題となっている[1]。特にインターネット通信では、情報の一部が失われる「パケット損失」が発生することがあり、ネットワークの速度低下やサービス中断の原因に繋がる[2]。これらの問題は特に医療、金融、教育などの分野で大きな影響を与える。本研究では、信頼性の低いネットワーク通信を改善することを目的とし、企業向けの基幹ネットワークを対象とした通信のリアルタイム性と信頼性の向上を目指し、最適な通信経路を自動で選ぶ新しい方法を提案する。本手法により、医療システムや販売管理システムの閲覧・更新などを確実に行えるようになる。

2. 提案手法

本研究では、サーバ(コンテンツを提供するコンピュータ)とクライアント(コンテンツを受け取るコンピュータ)間の通信経路を図 1 (右)のように二重化し[3]、送受信が最も効率的に行える通信経路を自動的に選択する手法を提案する。本手法では元からある経路をパッシブ、追加した経路をアクティブとし、式(1)~(4)で 2 つの経路の通信状況を判断して最適な経路を選択する。

$$\text{有効通信速度} = \text{通信速度上限} \times \left(1 - \frac{\text{輻輳率}}{100}\right) \quad (\%) \quad (1)$$

$$\text{送信時間} = \left\{ \left(\frac{\text{情報サイズ}}{\text{有効通信速度}} \right) \times 1000 \right\} \quad (\text{ミリ秒}) \quad (2)$$

$$\text{往復時間} = 2 \times \text{送信時間} + 2 \times \text{待ち時間} + \text{情報遅延} \quad (\text{ミリ秒}) \quad (3)$$

$$\text{有効往復時間} = \text{往復時間} \times \left(1 + \frac{\text{情報損失}}{100}\right) \quad (\text{ミリ秒}) \quad (4)$$

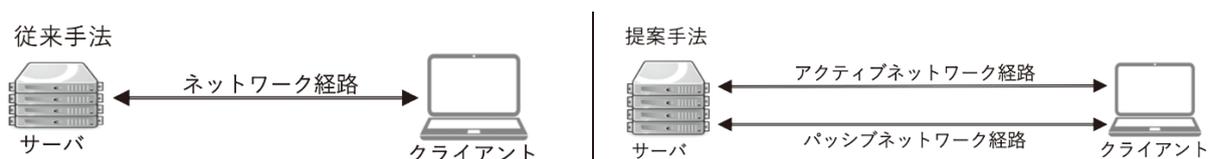


図1: ネットワーク図 (左)従来手法 (右)提案手法

3. 実験方法

提案手法の有効性を確認するため、2 つの経路の通信状況を表 2 のように設定し、通信時間を計測する。通信状況は、情報がどれだけ正確に、そして速く送受信されるかを決定する 4 つのパラメータで表されている。「通信速度上限」はどれ位多くのデータを送受信できるかであり、値が大きいほど大量のデータを送受信できる。

表2:実験条件

	通信速度上限(ビット/ミリ秒)	遅延(ミリ秒)	情報損失率(%)	輻輳率(%)
アクティブ経路	1100	20	0~100	20
パッシブ経路	1600	15	0~100	40

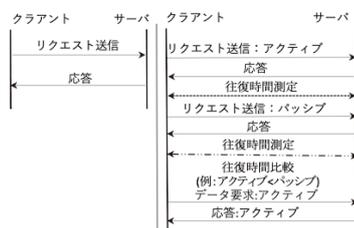


図 2: RTT の計測方法 (左) 提案手法なし, (右)提案手法あり

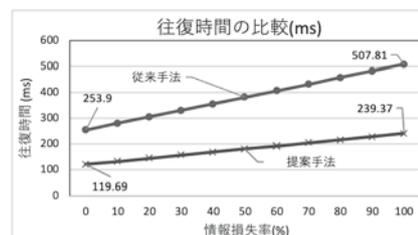


図 3: 往復時間の比較(ms)

「遅延」はデータ送受信の遅れであり、値が大きくなると情報の送受信に時間がかかる。情報損失率は通信に失敗する確率であり、値が大きくなると送信した情報が受信されずに失われる可能性が高まる。「輻輳率」は通信が一部に集中する割合であり、高いほど通信経路が輻輳する。通信時間は図 2 に示すように通信がサーバとクライアント間を往復するのにかかる時間(以下、往復時間)を計測した。

4. 実験結果

実験結果を図 3 にプロットした。横軸は情報損失率、縦軸は通信の往復時間を表す。アクティブ経路では、情報損失率が増加しても情報の送受信にかかる通信往復時間が一貫して短かく、最も遅延した場合でも 239.37 ミリ秒であった。一方、パッシブ経路では、情報損失が最も多い状態で往復時間が 507.81 ミリ秒まで増えた。アクティブ経路はどの情報損失率でもパッシブ経路よりも往復時間が短く、高速に通信できることが確認できた。これによりアクティブ経路の方が効率的で信頼性が高いことが確認できた。

5. 考察

図 3 の結果から、単に遅れが少ない経路を選ぶだけでは、必ずしも最適な経路とは限らないことがわかった。例えば、一見劣って見える表 2 のようにアクティブ経路でも、情報の往復の速さ、つまり往復時間では他の経路より優れていた。これは、全体的な情報の送受信が速かったためである。最適な経路を選ぶためには、遅れ時間だけでなく、他の要因も考慮する必要があると考えられる。

6. 結論

本研究では二重化した通信経路を通信の状況に応じて選択する手法を提案し、通信のリアルタイム性を確保できることを確認した。提案手法は特に迅速な情報送信が必要な場合に通信の品質を向上させる手助けとなり、今後、リアルタイムでの通信が必要な技術をより直感的かつ簡単に最適化する基礎が築かれることが期待される。

参考文献:

- [1] Mark Akselrod, Markus Fidler, "TCP Congestion Control Performance on a Highway in a Live LTE Network" 2020 IEEE 92nd Vehicular Technology Conference (VTC2020-Fall), February 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9348515>
- [2] 大橋 滉也, 北口 善明, 山岡 克式 "ネットワーク環境に応じた HTTP バージョン選択によるコンテンツロード時間削減", SIG Technical Reports, March 2023, <http://id.nii.ac.jp/1001/00203419/>
- [3] Yuuki Tsubouchi, Masahiro Furukawa, Ryosuke Matsumoto, "Low Overhead TCP/UDP Socket-based Tracing for Discovering Network Services Dependencies", Journal of Information Processing Vol. 30 (260-268), May 20223, https://www.jstage.jst.go.jp/article/ipsjip/30/0/30_260/_pdf