7/8(火)ゼミ資料

アプリケーション通信における HTTP/2とHTTP/3の性能境界分析

関澤研究室 / 佐藤 凜生

01

おさらい

研究背景と目的

アプリケーション通信における HTTP/2とHTTP/3の性能境界分析

研究目的

HTTP/2とHTTP/3の境界値分析を行い、どのネットワーク条件下で性能差が逆転するかを定量的に明らかにする

将来的には、gRPCなどアプリケーション側の実用シナリオでも性能を評価し、設計指針を示すことを目指す。

前回までのネットワーク条件設定

遅延(delay)

低遅延からモバイル回線相当の高遅延まで
段階的に評価する。

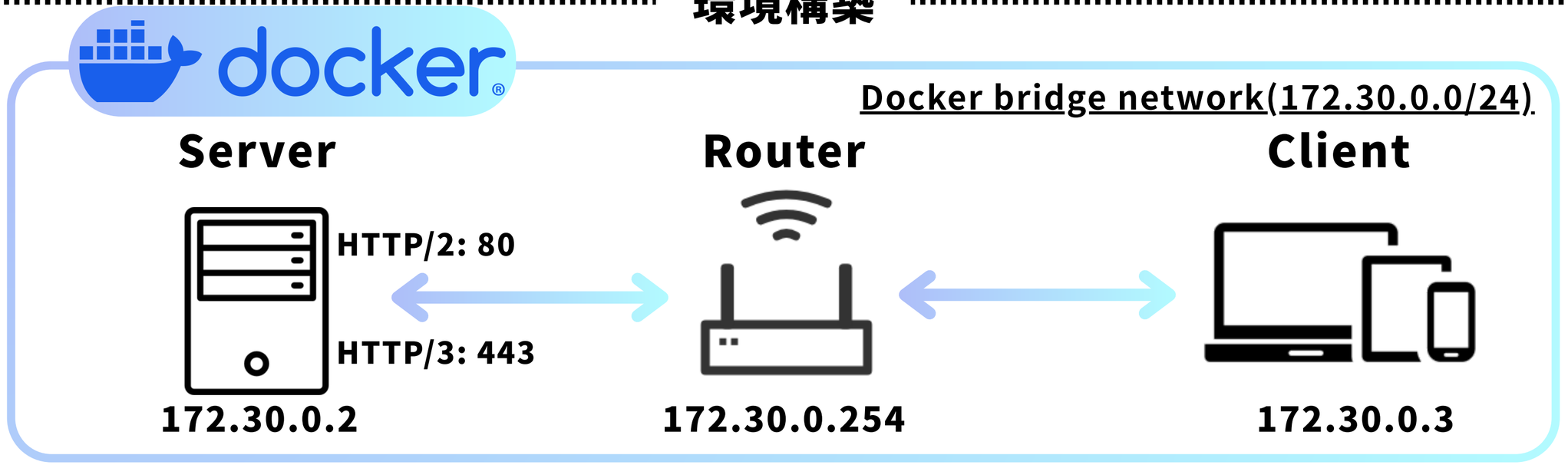
ex : 0ms / 50ms / 100ms / 150ms

パケット損失率(loss)

ネットワーク上でデータが失われる割合を
再現するための設定。

ex : 0% / 1% / 3%

環境構築



Server : Ubuntu 22.04 , nginx 1.25.3 + quiche(HTTP/2/3対応) ,
Cloudflare製quiche , OpenSSL(自己署名証明書) , Rust

Router : Ubuntu 22.04 , tc netem , 遅延制御 , パケット損失制御

Client : Ubuntu 22.04 , h2load(HTTP/2) , curl(HTTP/3)

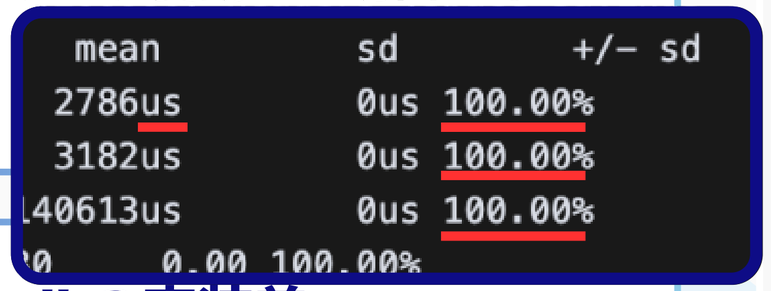
ログ分析結果

トラフィック量が2倍近く違う

- 同じリクエスト数なのに総転送量が倍近い
- 単純なreq/s比較が不公平
- 送信ペイロードサイズ設定ミス、
  ヘッダ圧縮差、HTTP実装差などが原因かも

HTTP/3側のreq/sが「完全固定」

- 完全固定値は不自然
- 乱数性やネットワーク変動が一切出てない



単位・桁違い

- 直接比較しにくい
- 換算前提が必要
- スライドのままだと誤読される

クライアントツールの実装差

- HTTP/2 → h2load
- HTTP/3 → curl
- ツール間の差が「プロトコルの差」と誤解される危険

ログ分析結果

~~トラフィック量が2倍近く違う~~

- 同じリクエスト数なのに総転送量が倍近い
- 単純なreq/s比較
- 送信ペ… ス設定ミス、
  ヘッダ圧縮差、HTTP実装差などが原因かも

送信設定のミス発覚

~~HTTP/3側のreq/sが「完全固定」~~

- 完全固定値は不自然
- 乱数性
  変動が一切出てない

それぞれの計算方法の見直し

mean	sd	+/- sd
105.24ms	113.27ms	76.50%
104.14ms	163.15ms	97.00%
186.22ms	183.60ms	96.00%
69.93	43.06	73.00%

~~単位・桁違い~~

- 直接比較しにくい
- 換算前提
  …のままだと誤読される

μs(マイクロ秒)→ms(ミリ秒)に単位変換実装

~~クライアントツールの実装差~~

- HTTP/2 → h2load
- HTTP/3 → h3load
- ツール間の… …ルの差」と誤解
  される…

同じツールを使用

改善ステップ

~~負荷条件の統一~~

ペイロードサイズや転送量をHTTP/2・HTTP/3で完全に揃える

~~ツールの統一化~~

- 両方のプロトコルを同じベンチマークツールで測定

~~ログ出力の標準化~~

単位（ms / us）の統一 ・ フォーマットを揃えて分析しやすくする

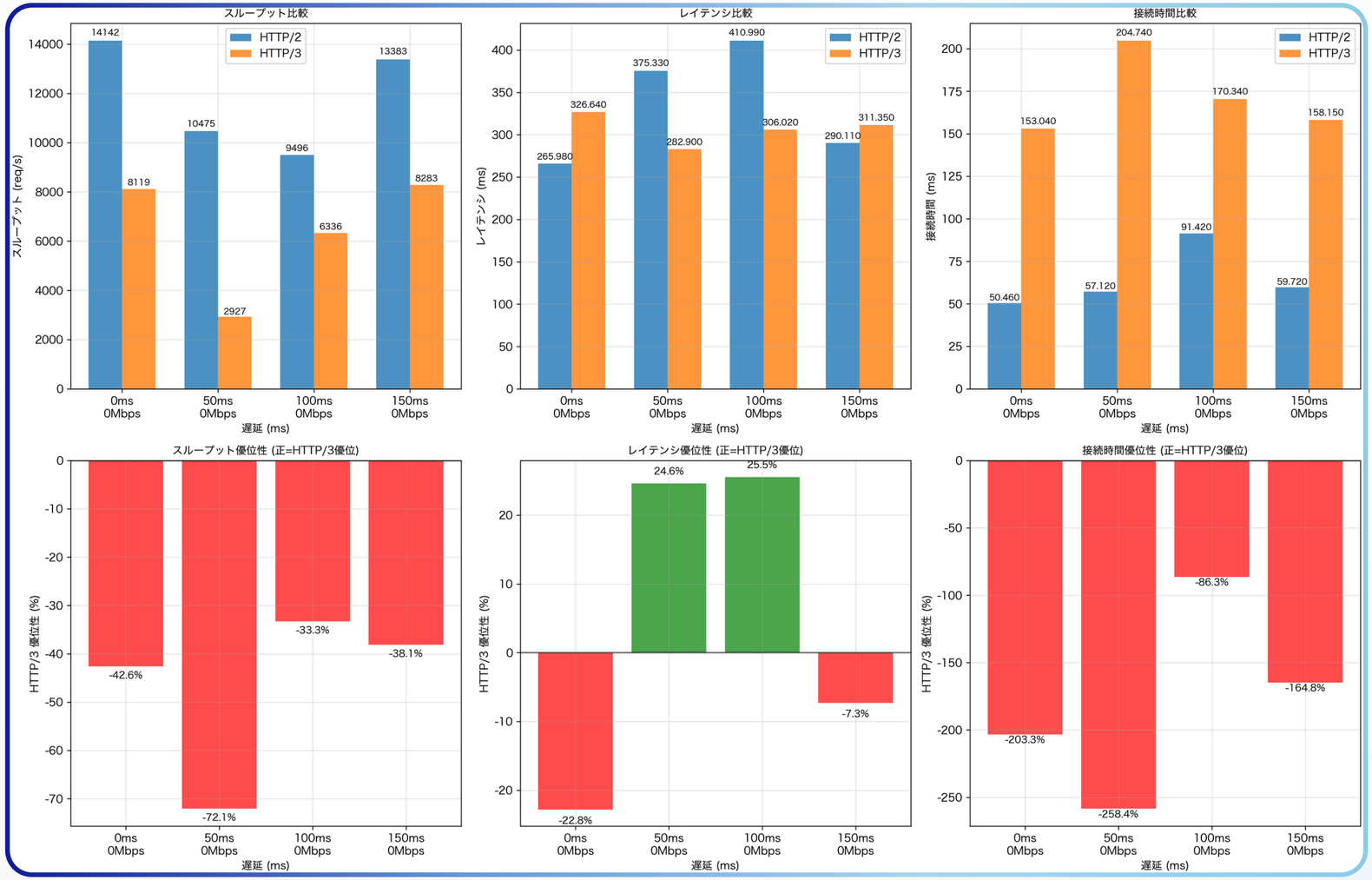
ネットワーク条件の検証強化

tc netem設定が全経路に適用されているか確認

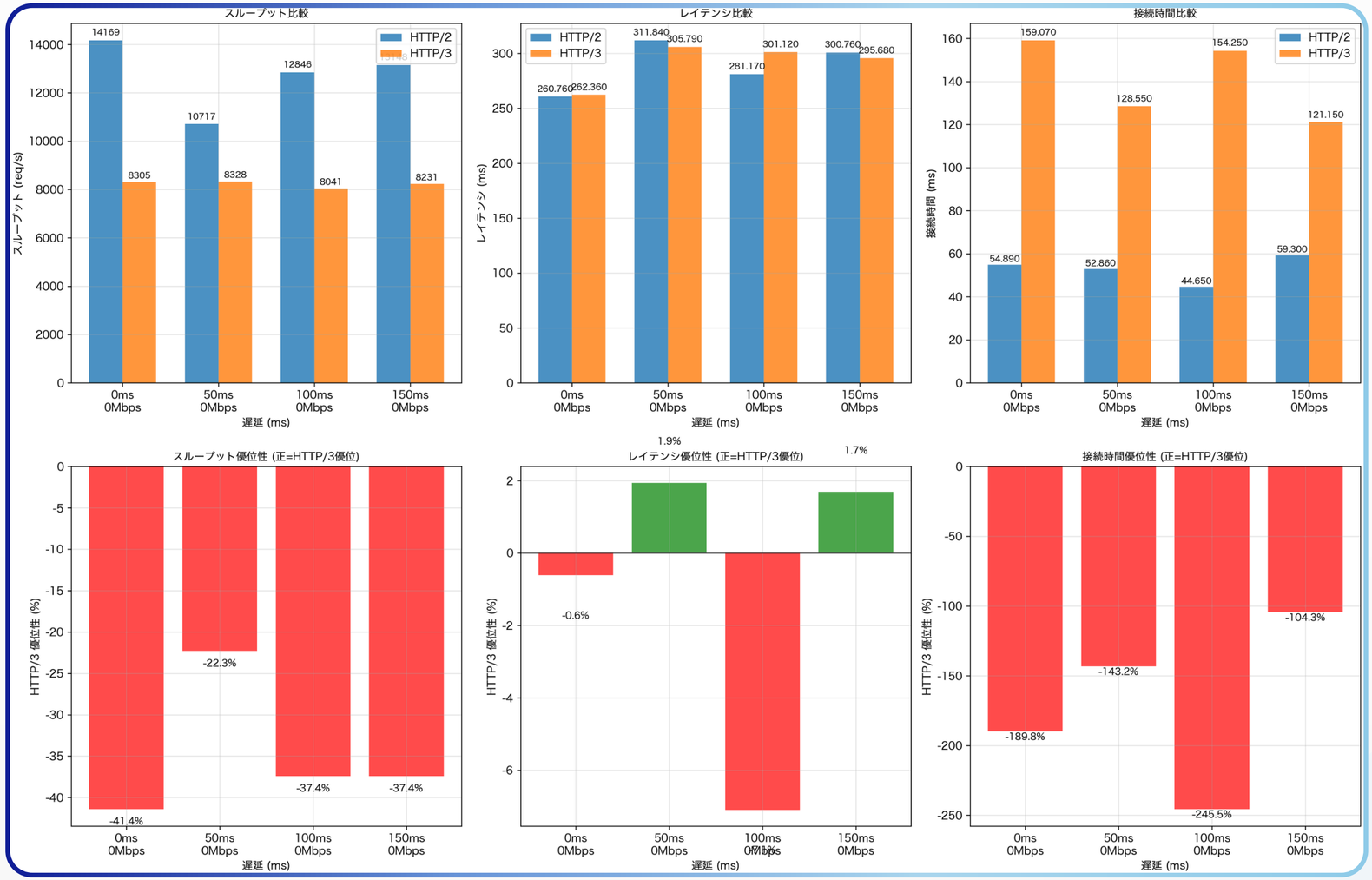
02

実験環境整理

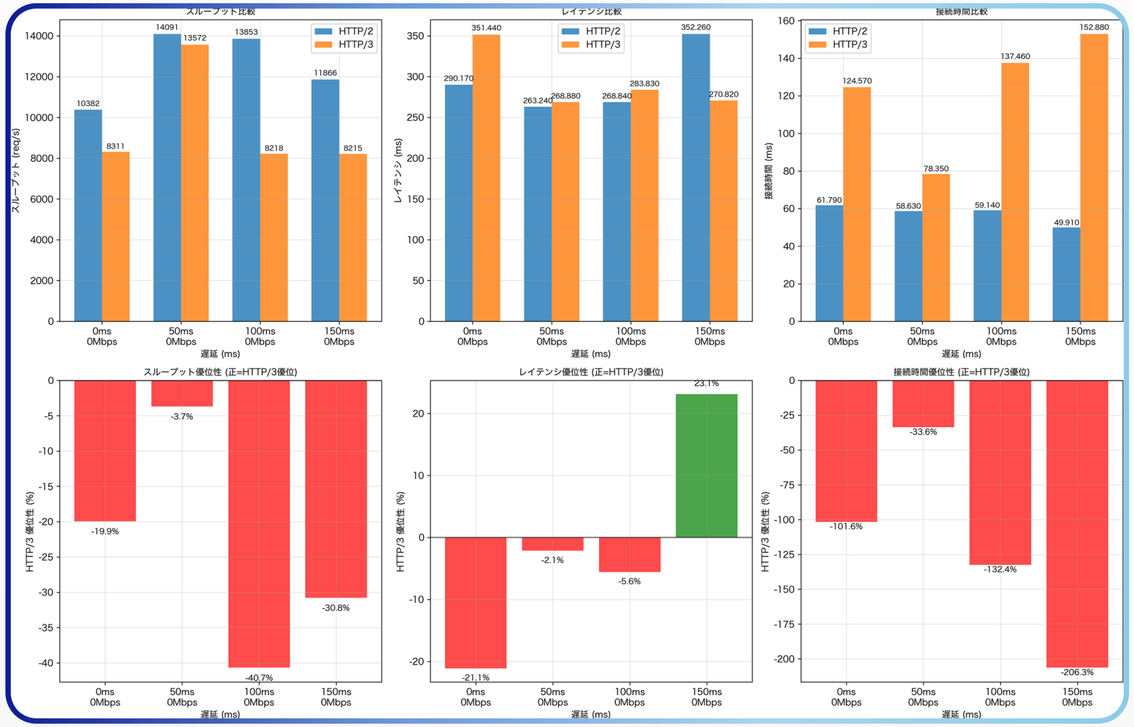
現在の実験結果

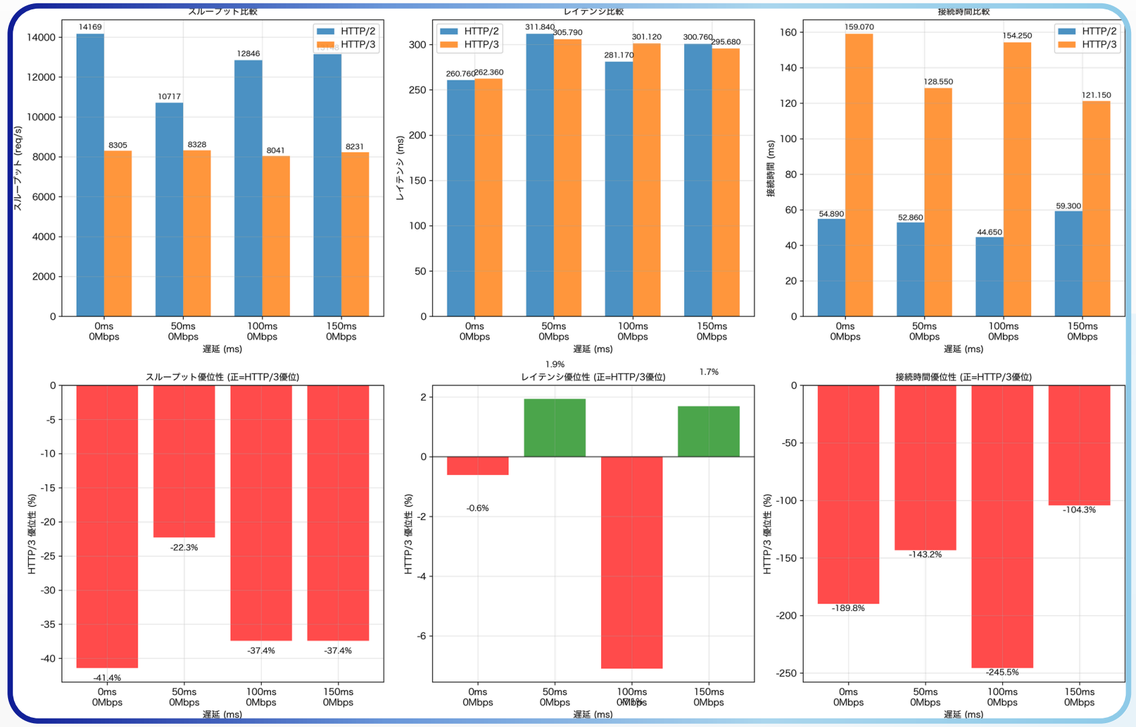

スループット比較
スループット (req/s)
HTTP/2
HTTP/3
14142
8119
10475
2927
9496
6336
13383
8283
0ms 0Mbps
50ms 0Mbps
100ms 0Mbps
150ms 0Mbps
遅延 (ms)
レイテンシ比較
レイテンシ (ms)
265.980
326.640
375.330
282.900
410.990
306.020
290.110
311.350
接続時間比較
接続時間 (ms)
50.460
153.040
57.120
204.740
91.420
170.340
59.720
158.150
スループット優位性 (正=HTTP/3優位)
HTTP/3 優位性 (%)
-42.6%
-72.1%
-33.3%
-38.1%
レイテンシ優位性 (正=HTTP/3優位)
-22.8%
24.6%
25.5%
-7.3%
接続時間優位性 (正=HTTP/3優位)
-203.3%
-258.4%
-86.3%
-164.8%

現在の実験結果


スループット比較
スループット (req/s)
HTTP/2
HTTP/3
14169
8305
10717
8328
12846
8041
8231
0ms 0Mbps
50ms 0Mbps
100ms 0Mbps
150ms 0Mbps
遅延 (ms)
レイテンシ比較
レイテンシ (ms)
260.760
262.360
311.840
305.790
281.170
301.120
300.760
295.680
遅延 (ms)
接続時間比較
接続時間 (ms)
54.890
159.070
52.860
128.550
44.650
154.250
59.300
121.150
遅延 (ms)
スループット優位性 (正=HTTP/3優位)
HTTP/3 優位性 (%)
-41.4%
-22.3%
-37.4%
-37.4%
遅延 (ms)
レイテンシ優位性 (正=HTTP/3優位)
1.9%
-0.6%
1.7%
遅延 (ms)
接続時間優位性 (正=HTTP/3優位)
-189.8%
-143.2%
-245.5%
-104.3%
遅延 (ms)

現在の実験結果


スループット比較
スループット (req/s)
HTTP/2
HTTP/3
10382
8311
14091
13572
13853
8218
11866
8215
0ms 0Mbps
50ms 0Mbps
100ms 0Mbps
150ms 0Mbps
遅延 (ms)
レイテンシ比較
レイテンシ (ms)
290.170
351.440
263.240
268.880
268.840
283.830
352.260
270.820
接続時間比較
接続時間 (ms)
61.790
124.570
58.630
78.350
59.140
137.460
49.910
152.880
スループット優位性 (正=HTTP/3優位)
HTTP/3 優位性 (%)
-19.9%
-3.7%
-40.7%
-30.8%
レイテンシ優位性 (正=HTTP/3優位)
-21.1%
-2.1%
-5.6%
23.1%
接続時間優位性 (正=HTTP/3優位)
-101.6%
-33.6%
-132.4%
-206.3%


スループット比較
スループット (req/s)
HTTP/2
HTTP/3
14169
8305
10717
8328
12846
8041
8231
0ms 0Mbps
50ms 0Mbps
100ms 0Mbps
150ms 0Mbps
遅延 (ms)
レイテンシ比較
レイテンシ (ms)
260.760
262.360
311.840
305.790
281.170
301.120
300.760
295.680
接続時間比較
接続時間 (ms)
54.890
159.070
52.860
128.550
44.650
154.250
59.300
121.150
スループット優位性 (正=HTTP/3優位)
HTTP/3 優位性 (%)
-41.4%
-22.3%
-37.4%
-37.4%
レイテンシ優位性 (正=HTTP/3優位)
1.9%
-0.6%
1.7%
接続時間優位性 (正=HTTP/3優位)
-189.8%
-143.2%
-245.5%
-104.3%

現在の実験環境

Client

クライアント側の設定(ベンチマークツール(h2load)

```
REQUESTS=10000          # 総リクエスト数
CONNECTIONS=100         # 同時接続数
THREADS=20              # 並列スレッド数
MAX_CONCURRENT=100      # 最大同時ストリーム数
```

REQUESTS

クライアントが送信するリクエストの総数

CONNECTIONS

クライアントが同時に確立するTCP接続数

THREADS

クライアントのツールが並列動作するスレッド数

MAX_CONCURRENT

HTTP/2/3のストリーム(リクエスト)の同時実行数

現在の実験環境

Client

クライアント側の設定(ベンチマークツール(h2load)

```
WARMUP_REQUESTS=1000   #  接続確立後のウォームアップ用リクエスト
MEASUREMENT_REQUESTS=9000   #  実際の測定用リクエスト数
CONNECTION_WARMUP_TIME=2   #  接続確立後の待機時間(秒)
```

WARMUP_REQUESTS

接続確立のオーバーヘッドを除外する用

MEASUREMENT_REQUESTS

実際の性能測定用リクエスト

CONNECTION_WARMUP_TIME

接続が安定するまでの待機時間

Thank you!