

QoS ミドルウェア Dyas の送信バッファ改善による性能向上ツールの開発

指導教員 菅谷 みどり

長島 聡志

1. はじめに

近年、複数台のロボットを用いたサービスが普及しており、特に介護分野でのロボット活用が特に期待されている[1]. 介護施設における高齢者支援システムでは支援機能に応じてセンサや映像などのデータを収集し、非同期でサーバに転送することで、対象者の見守りなどを実現する[2]. 高齢者の転倒などの緊急事態では医師などに迅速に知らせるためには、見守りなどのアプリケーションごとの緊急データの帯域確保が必要となる. アプリケーションごとに、QoS (Quality of Service)を行う技術として Dyas (DYnamic bAndwidth control System) が提案されている[3]. Dyas では各プロセスが行うデータ転送の目標レスポンスタイムを満たす帯域幅を、実測値に応じて動的に計算し、プロセスの優先度順に割り当てることで、緊急のデータに対する帯域確保を可能とする. しかし、Dyas の性能評価では、もともとの帯域幅が小さい場合や、大量のクライアントが同一のネットワーク上で動作する場合などでの評価が不十分である[3]. 本研究にて予備実験を実施したところ、ネットワーク負荷増大時の急激なレスポンスタイムの増加が見られた. そこでその原因の調査と改善に向けたシステムの設計、実装を行うことを研究の目的とした. 実現のために、(1)原因調査として、カーネルメモリの調査を行った. (2)調査結果により特定された問題点を改善するためのツールを開発するものとした.

2. 予備実験

Dyas の現実での動作環境に近い形式での評価として(1)様々なネットワーク負荷をかけた状態での評価(2)クライアントの数を 9 台へ増やした状態での評価を行う.

2. 1 実験環境

サーバとして Dell XPS13(以下サーバ)クライアントとして Raspberry Pi3(以下クライアント)を複数台用いて無線環境下での Dyas システムの動作検証を行う. 実際の実験風景は図 1 である.

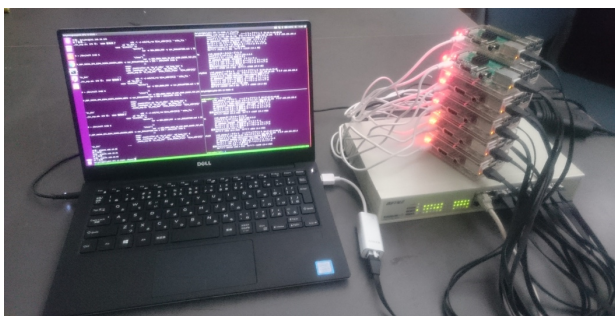


図 1 実験風景

予備実験として、iPerf3 によってネットワークに 80% の負荷をかけ 230kB のデータを 100 回送信した時のレスポンスタイムの評価を行う. レスポンスタイムの定義はクライアントがデータを送信してからサーバからの応答信号を受信するまでの時間とした.

2. 2 予備実験結果

ネットワーク負荷 80%時に、クライアント数を増やした時の評価の際の平均レスポンスタイムを図 2 に示した. 7 台から 9 台に増加した際に Dyas 適用時での平均レスポンスタイムが 430%以上増加し、Dyas 非適用時よりも平均レスポンスタイムが 2%程大きくなった.

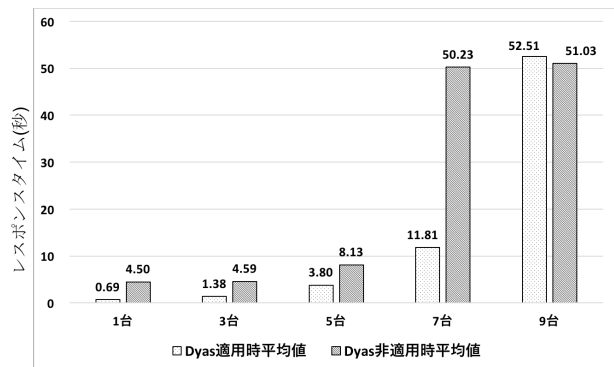


図 2 クライアント増大時のレスポンスタイム比較

2. 3 考察

高負荷/クライアント数増加時にレスポンスタイムが急激に増加した理由として、(1)少ない空き帯域を多数のクライアントが取り合う. (2)ルーターの性能が低く、ボトルネックになっている. (3)ネットワーク I/O の負荷が増大し、クライアント側の送信バッファが溢れてしまいレスポンスタイムが急激に増加した. 以上の 3 点が考えられる.

3. 原因調査

予備実験での仮説から、TCP/IP では、1 回の送信でどれだけのパケットを送信できるか調節している. そのため図 3 のように高負荷ネットワーク環境では、カーネルメモリ内の送信バッファが溢れてしまう. そこでフロー制御が大量に発生してしまうため、レスポンスタイムが急激に増加した可能性があると考えられる.

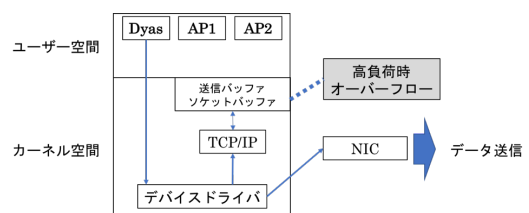


図 3 高負荷時のクライアントの振る舞い

この調査のため LTTng (Linux Trace Toolkit Next Generation)を用いて分析を行った。

3. 1 実験環境

クライアント数 3 台の少数クライアント状態, クライアント数 17 台の多数クライアント状態での 2 通りで Dyas を適用時の, 250kB のデータをサーバに 10 回転送した際のカーネルメモリの振る舞いの調査を行った。

3. 2 実験結果

ネットワーク負荷が軽量な場合のカーネルメモリ使用量は 10MB 程度だったのに対して図 4 のように高負荷時には 50MB 以上使用しており最大で 62MB 近くまで使用する場合もあった。

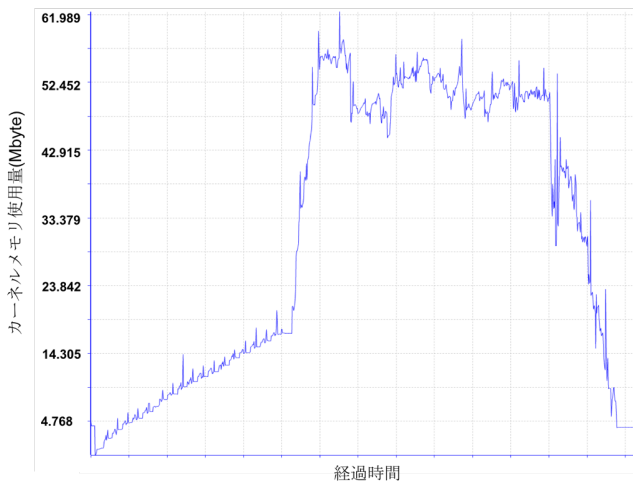


図 4 高負荷時のクライアントカーネルメモリ使用量

4. パラメータ制御ツール

3 節の結果より高負荷ネットワーク環境下では送信バッファ量が増加し, カーネルメモリの使用量が大きく増加することがわかった。このことから, 送信バッファ量のオーバーフロー状態から改善する方法として, 送信バッファのパラメータ制御ツールの開発を提案する。本パラメータ制御ツールは図 5, 図 6 のように web ブラウザ上から評価実験を行う際の, ネットワーク負荷や IP アドレスなどを設定ファイルとして出力し, 実験環境を設定ファイルから読み込むことで簡単に Dyas の評価を行えることと同時にクライアントの送信バッファ量を調節することで高負荷時の性能改善ができると考えた。

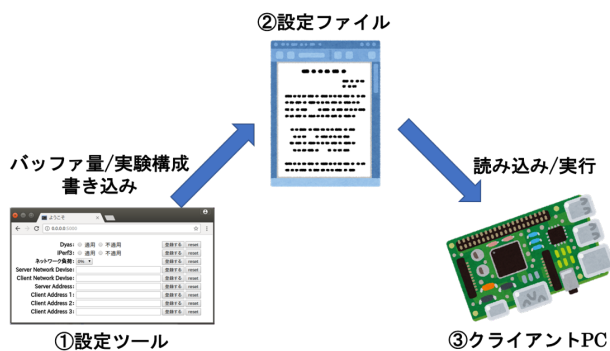


図 5 設定ツールの概要

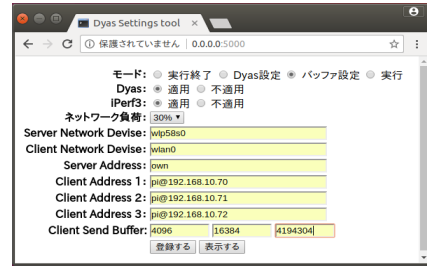


図 6 パラメータ制御ツールの IF

5. 評価

パラメータ制御ツールを用いてクライアント 1 台の標準送信バッファ量を 16. 384kB から 1. 6MB, 最大送信バッファ量を 4. 2MB から 400MB のそれぞれ 100 倍に増加させ, 再びクライアント数 17 台, クライアントが使用可能な回線に対して 80%に負荷をかけた状態で同様に 250kB のデータのレスポンスタイムを計測した。

5. 1 評価結果

送信バッファ量の調節を行った改良クライアント 1 台と調節を行わなかったその他の標準クライアント 16 台のレスポンスタイムの平均の結果を図 7 に示した。

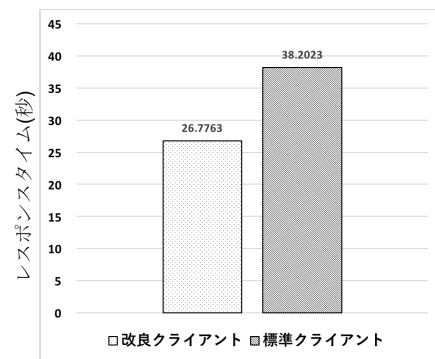


図 7 バッファ調節後のレスポンスタイム

結果として標準クライアントと比較して, 送信バッファの調節を行った改良クライアントのレスポンスタイムは約 43%の改善が見られた。

6. まとめと今後の課題

本研究で開発を行ったパラメータ制御 IF ツールによって, 高負荷ネットワーク環境に於いてレスポンスタイムの改善効果を示すことができる。使用するルーターやクライアント PC によって最適なネットワーク I/O バッファ値を自動的に算出するような機構を組み込むことでさらなる効率化が可能だと考えられる。

参考文献

[1] “情報通信白書第 2 部 ICT が拓く未来社会”. 総務省. <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc241350.html> (参照 2017-07-20)

[2] 岡崎純己ほか “歩幅推定によるリハビリテーション促進ロボットの検討”, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム, Vol. 2016-UBI-51, No. 12, 2016, pp. 1-8.

[3] 中山 悟. “Dyas:データ転送の動的帯域制御を行うミドルウェアの提案”. 修士論文. 芝浦工業大学大学院, 2016, pp. 29-34.