

学生番号	14232204	氏名	末松 圭史
論文題目	異種ネットワーク環境における省電力MPTCPの性能評価に関する研究		

1 はじめに

近年、インターネットの急速な普及により、ネットワークにおけるトラフィック量が増加し、それに伴いルータ等のネットワーク機器も増加し、それらの消費電力も増大している。そのため、ネットワーク機器の省電力化が急務となっている。トランスポート層における省電力化の手法として、送受信ノード間に複数経路が存在する場合に、最小ホップ数経路(通常経路)の利用率が低い場合、利用率の高い他の経路にトラフィックを集約し、通常経路の省電力化を図る空間的省電力トラフィックエンジニアリング(空間的省電力 TE)と呼ばれる技術がある。

その実現のために、複数経路でコネクションを確立し同時利用可能な MultipathTCP(MPTCP) を利用した省電力 MPTCP が提案され、各経路のリンク帯域や RTT が等しい同種環境における省電力性能の評価は行われている。そこで本研究では、送受信ノード間で各経路の構成ネットワーク性能が異なる環境が利用可能な場合の省電力 MPTCP における経路切替方式について検討し、有効な TCP パラメータの調整方式について示す。

2 MultipathTCP(MPTCP)

MPTCP は、送受信ノード間に転送可能な複数経路が存在する場合に各経路で TCP コネクションを確立(サブフロー)し利用することで、転送性能と耐障害性の向上を図る TCP の拡張機能である。

2.1 省電力 MPTCP

空間的省電力 TE 実現のため、以下を変更する。

- ・経路選択・切替判断機構
セグメント群転送時ごとに1サブフローを選択・切替。
- ・トラフィック転送機構
経路切替で選択された経路以外へのトラフィック割当禁止。
- ・TCP パラメータ引継機構
転送性能劣化抑制のため、経路切替時に輻輳ウィンドウサイズ(CWND)を継承。

3 シミュレーション環境

3.1 ネットワークトポロジ

シミュレータには ns-3 を用いる。図1のネットワークトポロジを想定し、src-AP-dst 間を無線経路とし、src-AP 間を無線、AP-dst 間を有線とする。src-R0-R1-dst 間を有線経路とし、すべてを有線とする。

- ・有線パラメータ リンク帯域:100Mbps, RTT:10ms
- ・無線パラメータ
無線規格:802.11g, データレート:54Mbps, RTT:20ms

3.2 トラフィックモデル

- ・ファイル転送トラフィック(省電力 MPTCP): src-dst 間。
TCP バージョン: NewReno, セグメントサイズ: 1400Byte, ファイルサイズ: 100MByte
- ・背景トラフィック(UDP): R1-dst 間。
セグメントサイズ: 1024Byte, ビットレート: 10Mbps

3.3 経路切替における Cwnd の扱い

異種環境において Cwnd の引継による影響を調査するため、以下の3パターンでシミュレーションを行う。背景トラフィックの有無で経路切替を判断する。

- pattern1: Cwnd の引継あり(従来手法)
- pattern2: Cwnd の引継なし

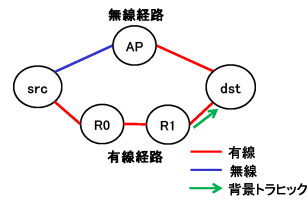


図1: ネットワークトポロジ

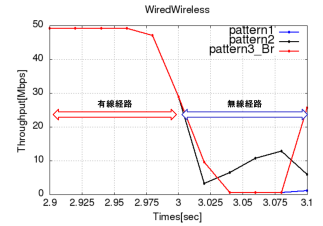


図2: 有線⇒無線のスループット

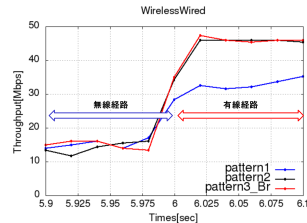


図3: 無線⇒有線のスループット

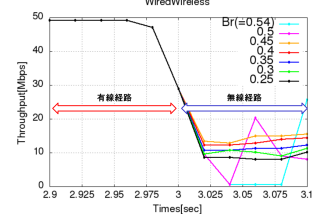


図4: CWND減少方式の検討

図3: 無線⇒有線のスループット 図4: CWND減少方式の検討

pattern3: B_v を用いた Cwnd の引継(提案手法)

転送経路の帯域、輻輳ウィンドウを B_c, C_c , 切替先経路は B_n, C_n とする。帯域比 $B_r = B_n/B_c$ とし、有線から無線時の変動値を B_{v1} , 無線から有線時を B_{v2} とする。 C_n を B_r と $B_{v1,2}$ に基づいて、以下式を用いて求める。まず $B_{v1,2}$ に B_r を使用し調査を行う。

$$C_n = \begin{cases} C_c \times B_{v1} & B_r < 1 \\ C_c & B_r = 1 \\ C_c \times B_{v2} & B_r > 1 \end{cases} \quad (1)$$

4 結果と考察

4.1 有線経路⇒無線経路(図2)

- ・pattern1: 経路切替直後でスループットが劣化。切替先の帯域が低くなるにも関わらず切替前の Cwnd を利用することで AP においてバッファ溢れが発生したため。
- ・pattern2: 経路切替直後でスループットが劣化。スロースタートモードで通信することで転送開始時の Cwnd が抑えられるため。
- ・pattern3: B_r 分の変動では、pattern1 と同程度の結果しか得られないため、再度 B_v の検討を行う必要がある。4.3 節に検討結果を示す。

4.2 無線経路⇒有線経路(図3)

- ・pattern1: 経路切替後におけるスループットの向上が緩やか。切替後の帯域が高くなるが、切替前の Cwnd を利用することで、Cwnd の上昇が抑えられるため。
- ・pattern2: 0sec~3.0sec の間使用、保持していた Cwnd を利用し、切替後すぐさま有線経路の最大スループットを出すことが可能。
- ・pattern3: Cwnd を B_r 分上昇させ、pattern2 と同等のスループットを出すことが可能。

4.3 有線経路⇒無線経路の Cwnd 減少値の検討(図4)

図4に示す通り、 B_v を 0.45 とすることで切替時の輻輳発生を抑え、転送性能の劣化を最も防ぐことが可能。

5 まとめ

本研究では、異種ネットワーク環境が利用可能な省電力 MPTCP における経路切替方式について検討し、有効な Cwnd 調整方式について示した。有線から無線への切替では B_v を 0.45、無線から有線では B_v を B_r とすることで転送性能の劣化を最も防ぐことが可能であることが分かった。