

## TCP-Cherry の実現へ向けて： 衛星 IP ネットワーク向け輻輳制御 TCP-Peach+ の実装と評価

内海 哲史 ††

サリム ザビル §

白鳥 則郎 †

† 東北大学電気通信研究所

‡ 日本学術振興会

§ フランステレコム株式会社

### 1 はじめに

近年、インターネット接続をサポートする環境として、衛星リンクが利用されてきている [1]。広範囲の接続性、災害復旧に対する適応性、などといった特徴のため、衛星リンクは普及してきている。

しかし、衛星リンクは、(1) 長い伝搬遅延時間、(2) 高いリンクエラー率、と言った固有の問題を持っている。主に以下の理由により、これらの問題点のため TCP の性能は低下してしまう [2]。

- 長い伝搬遅延時間は、利用可能な帯域を効率的に利用できないスロースタートの期間を長くしてしまう。
- 従来の TCP プロトコルは、有線ネットワークを想定して設計されているため、セグメント損失を輻輳によるものであると仮定している。そのため、リンクエラーによるセグメント損失時、従来の TCP は、不必要にスループットを低下させる。

低優先度セグメントを用いた衛星 IP ネットワーク向けの TCP 輻輳制御方式として TCP-Peach 及び TCP-Peach+ がある。著者らが提案している TCP-Peach+ の改良技術である TCP-Cherry の実現へ向け、本稿では、TCP-Peach 及び TCP-Peach+ を実装し、エミュレーションによって評価する。

### 2 関連研究

低優先度セグメントを用いた衛星 IP ネットワーク向けの TCP 輻輳制御方式として、Akyildiz 教授らが TCP-Peach [2]、及び TCP-Peach+ [3] を提案している。著者らは、文献 [4] において、TCP-Peach+ の改良技術である TCP-Cherry を提案している。文献 [4] において、その性能がシミュレーションによって評価されており、文献 [5] において、その性能が数学的解析により評価されている。

Towards TCP-Cherry: Implementation and Evaluation of TCP-Peach+  
 ††Satoshi UTSUMI §S.M. Salim ZABIR †Norio SHIRATORI  
 †Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University  
 ‡The Japan Society for Promotion of Science  
 §France Telecom Japan Co. Ltd.

### 3 TCP-Peach+ の実装

Linux カーネル上に TCP-Peach 及び TCP-Peach+ を実装した。TCP-Peach+ は、図 1 のようなフローチャートで動作する。図 1 における Jump Start 及び Quick Recovery は、それぞれ図 2 及び図 3 のようなアルゴリズムである。図 2 及び図 3 におけるパラメータの意味は、文献 [3] に詳しい。

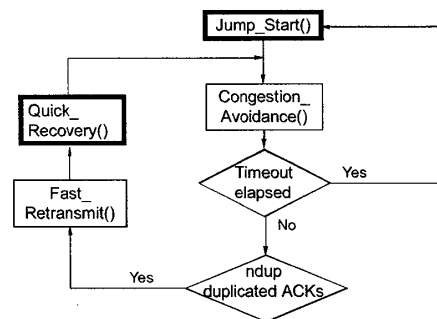


図 1: TCP-Peach+ のフローチャート。

#### Jump\_Start()

```

cwnd=1; τ=RTT/rwnd;
send(Data_Segment);
for i=1 to (rwnd-1)
  wait(t); send(NIL_Segment);
end;
end;

```

図 2: Jump Start アルゴリズム。

### 4 TCP-Peach+ の評価

図 4 のように、TCP の送り手と受け手の間に、衛星リンクのエミュレータを置いて、TCP NewReno (従来の TCP 輻輳制御方式) と TCP-Peach 及び TCP-Peach+ を比較評価した。衛星リンクのパラメータについて、往復遅延時間  $RTT=550ms$ 、リンク容量  $C=10.0Mbps$  とし、セグメントあたりのリンクエラー率  $P_{link-error}$  を 0% から 10% と変化させ、TCP のスループットを評価した。評価結果は図 5 である。図 5 から、TCP NewReno は、リンクエラー率が高くなるに従い、スループットが急

```

Quick_Recovery( )
  cwnd=cwnd/2;
  adsn=cwnd;
  adps=0;
  END=0;
  pipe=2*cwnd-ndupacks+1;
  while (END=0)
    if (ACK_ARRIVAL)
      if (Duplicate Ack)
        pipe=pipe-1;
        update_scoreboard;
      end;
      else if (Partial ACK)
        pipe=pipe-amountacked;
        update_HighAck;
        update_scoreboard;
      end;
      if (NIL ACK)
        cwnd=cwnd+1;
        adsn=adsn-1;
        update_scoreboard;
      end;
      if (Recover ACK)
        update_HighAck;
        clear_scoreboard;
        END=1;
      end;
      adps=cwnd-pipe;
      nps=min(maxburst, adps);
      if (nps>0)
        send nps missing packets and/or new packets;
        pipe=pipe+nps;
      else if (adsn > 0)
        send a NIL packet;
        adsn=adsn-1;
      end;
    end;
  end;
end;
end;

```

図 3: Quick Recovery アルゴリズム.

激に低下するのがわかる。それに比べ、TCP-Peach は、リンクエラーが高くなっても、スループットが比較的安定しているのがわかる。TCP-Peach+は、TCP-Peach より安定したスループットを実現している。

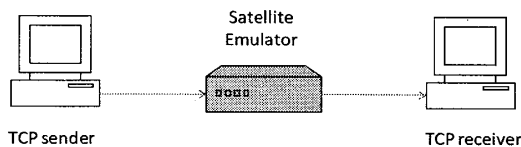


図 4: 評価環境.

## 5 まとめ

本稿では、著者らが提案している低優先度セグメントを用いた衛星 IP ネットワーク向け TCP 輻輳制御方式である TCP-Cherry の実現へ向けて、その前段階の TCP

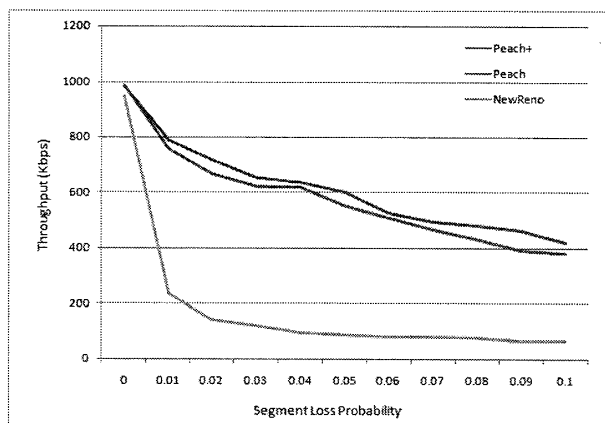


図 5: 評価結果.

輻輳制御方式である TCP-Peach 及び TCP-Peach+について、その実装と評価を行った。エミュレーションによる評価の結果、TCP-Peach 及び TCP-Peach+は、従来の TCP 輻輳制御方式である TCP NewReno と比べ、非常に安定したスループットを実現できることがわかった。

## 謝辞

本研究は特別研究員奨励費 (21002354) の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS), <http://www.jaxa.jp/projects/sat/winds/>
- [2] I. F. Akyildiz, G. Morabito, S. Palazzo, "TCP-Peach: A New Congestion Control Scheme for Satellite IP Networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 9, No. 3, June 2001, pp. 307-321.
- [3] I. F. Akyildiz, Xin Zhang, Jian Fang, "TCP-Peach+: Enhancement of TCP Peach for Satellite IP Networks," *IEEE Communications Letters*, Vol. 6, No. 7, July 2002, pp. 303-305.
- [4] S. Utsumi, S. M. S. Zabir and N. Shiratori, "TCP-Cherry: A new approach for TCP congestion control over satellite IP networks," *Computer Communications*, Elsevier, vol.31, issue 10, June 2008, pp. 2541-2561.
- [5] S. Utsumi, S. M. S. Zabir and N. Shiratori, "TCP-Cherry for satellite IP networks: Analytical model and performance evaluation," *Computer Communications*, Elsevier, vol.32, issue 12, July 2009, pp. 1377-1383.