

## TCP-Cherry: 宇宙通信のための新しい輻輳制御方式

内海哲史<sup>†1</sup>

横山徹也<sup>†1</sup>

S.M.Salim Zahir<sup>†2</sup>

本論文では, 宇宙通信のための新しい TCP 輻輳制御方式である TCP-Cherry について述べる. TCP-Cherry は, サプリメントセグメントと呼ばれる, 低優先度セグメントを用いる. サプリメントセグメントは, 従来のセグメントでまだ送信していないデータを持つと同時に, ネットワークの利用可能な容量を測定する. 新しい輻輳制御アルゴリズムである Fast-Forward Start と First-Aid Recovery は, サプリメントセグメントを用いる. TCP-Cherry の独自の特徴は, サプリメントセグメントによる重複した送信によるオーバーヘッドを最小化するところにある. シミュレーションによる結果, TCP-Cherry は, 既存の輻輳制御方式と比べ, 最大で 150%以上高い性能を示した.

### TCP-Cherry: A New Congestion Control Scheme for Space Communications

SATOSHI UTSUMI,<sup>†1</sup> TETSUYA YOKOYAMA<sup>†1</sup>  
and S.M.SALIM ZABIR<sup>†2</sup>

In this paper, we introduce a new TCP congestion control mechanism for satellite IP networks, TCP-Cherry. TCP-Cherry uses low-priority data segments, namely, supplement segments that prove the network available resources as well as carry new data blocks not yet transmitted as regular data segments. Our new congestion control algorithms, Fast-Forward Start and First-Aid Recovery use the supplement segments. A unique characteristics of our scheme is the mechanism for supplement segment keeping the overhead of duplicate transmissions minimum. Simulation results show that TCP-Cherry yields upto a maximum improvement of more than 150% in goodput compared with other existing TCP congestion control schemes.

### 1. はじめに

近年, インターネットコネクションをサポートする実行可能なオプションとして, 衛星リンクが用いられてきている. しかしながら, 文献<sup>1)</sup>にあるように, 従来の TCP 輻輳制御方式は, 長い伝搬遅延時間と比較的高いリンクエラー率を持つ衛星ネットワークにおいて, 性能が低下するという問題がある.

### 2. 関連研究

TCP-Peach+<sup>2)</sup> は, TCP-Peach<sup>1)</sup> の改良である. TCP-Peach+は, TCP Reno または TCP NewReno における Slow Start および Fast Recovery を, Jump Start および Quick Recovery にそれぞれ置き換える. Jump Start および Quick Recovery は, ネットワークの利用可能な容量を測定するため, NIL セグメントを送信する. NIL セグメントは, 確認応答のまだないデータを持つため, 損失セグメントの回復に使われる. 高いリンクエラー率を持つ衛星ネットワークにおいて, NIL セグメントは, 効果的に働く.

### 3. TCP-Cherry

TCP-Cherry<sup>3)</sup> は, 以下のような新しい機能を持つ.

- TCP-Peach+の簡単な改良 (検出可能な最大輻輳ウィンドウの拡張)
- Fast-Forward Start
- First-Aid Recovery
- タイムスタンプ再送機能<sup>4)</sup>

TCP-Cherry は, TCP-Peach+における Jump Start および Quick Recovery を, Fast-Forward Start および First-Aid Recovery にそれぞれ置き換える. これらのアルゴリズムにおいて, サプリメントセグメントと呼ばれる新しい低優先度セグメントが用いられる. サプリメントセグメントは, 次のような特性を持つ.

- サプリメントセグメントは, 新しいデータ (未送信のデータ) を持つ.
- サプリメントセグメントのための独特なデータ選択アルゴリズムは, 従来のデータセグ

---

<sup>†1</sup> 鶴岡工業高等専門学校

Tsuruoka National College of Technology

<sup>†2</sup> フランステレコム株式会社

France Telecom Japan

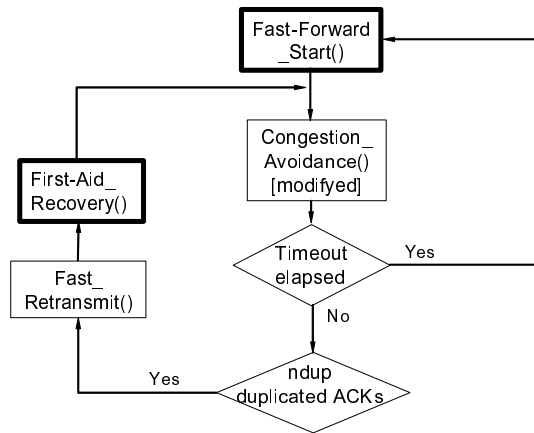


図 1 TCP-Cherry Scheme.

```

Calculate_Skip_Window()
if just before Fast-Forward Start
   $\sigma = \text{maxcwnd}$ ;
end;
if just before First-Aid Recovery
   $\sigma = \text{cwnd} * (\text{MaxRTT} / \text{RTT})$ ;
end;
end;
  
```

図 2 The Skip Size Determination Algorithm.

メントから適切な間隔をおいてそれらのデータを選択する。

- サプリメントセグメントが損失した場合、そのサプリメントセグメントが持つデータは、従来のデータセグメントによって再送信される。

#### 4. 評価

GEO 衛星 IP ネットワークネットワークのシナリオにおいて、ネットワークシミュレータ ns-2 を用いて評価する。フロー数  $N=20$ 、TCP セグメントサイズ 1000 バイト、衛星リンクの容量 1300 セグメント/秒 (約 10Mbps)、衛星アップリンクのバッファサイズ  $K=50$  セ

```

Select_Data4Supple()
if just before Fast-Forward Start / First-Aid Recovery
  Calculate_Skip_Window();
  SkipData = Get_Next_Send(ThreshData,  $\sigma + 1$ );
  seqno4supple = SkipData;
else
  seqno4supple = Get_Next_Send(seqno4supple, 1);
end;
end;
  
```

図 3 The Data Selection Algorithm for Supplement Segments.

```

Fast-Forward_Start()
  cwnd=1;  $\tau = \text{RTT} / \text{maxcwnd}$ ;
  send(Data_Segment);
  for i=1 to (maxcwnd-1)
    wait( $\tau$ ); send(Supplement_Segment);
  end;
end;
  
```

図 4 Fast-Forward Start Algorithm.

グメント、最大輻輳ウィンドウサイズ  $\text{maxcwnd}=64$  セグメント、受信側 TCP のバッファサイズ  $\text{rwnd}=512$  セグメント、往復遅延時間  $\text{RTT}=550\text{ms}$  と仮定する。リンクエラーによるセグメント損失率を  $10^{-6}$  から  $10^{-1}$  で変化させる。コネクション時間を 550 秒とする。

#### 5. 結論

宇宙通信のための新しい輻輳制御方式として、TCP-Cherry について述べた。シミュレーションによる結果、TCP-Cherry は、既存の輻輳制御方式と比べ、最大で 150% 以上高い性能を示した。

## 参 考 文 献

- 1) 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.
- 2) I. F. Akyildiz, X. Zhang, J. Fang, “TCP-Peach+: Enhancement of TCP Peach for Satellite IP Networks,” IEEE Communications Letters, Vol. 6, No. 7, July 2002, pp. 303-305.
- 3) S. Utsumi, S. M. S. Zabir, N. Shiratori, “TCP-Cherry: A New Approach for TCP Congestion Control over Satellite IP Networks,” Computer Communications, Elsevier, vol.31, June 2008, pp. 2541-2561.
- 4) S. Utsumi, S. M. S. Zabir, N. Shiratori, “TCP-Cherry over Wireless Networks with Timestamp Retransmissions,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2009) シンポジウム, 2009年7月, pp. 1550 - 1559.

## First-Aid\_Recovery()

```
cwnd=cwnd/2;
adps=0;
END=0;
pipe=2*cwnd;
 $\tau=(RTT/2)/(maxcwnd-cwnd)$ ;
send(maxcwnd-cwnd) supplement segments at each interval  $\tau$ ;
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;
    else if (Supplement ACK)
      cwnd=cwnd+1;
      update scoreboard;
    end;
    else if (Recover ACK)
      update HighAck;
      END=1;
    end;
  adps=cwnd-pipe;
  nps=min(maxburst, adps);
  if (nps>0)
    send nps missing packets and/or new packets;
    pipe=pipe+nps;
  end;
end;
end;
end;
```

図 5 First-Aid Recovery Algorithm.

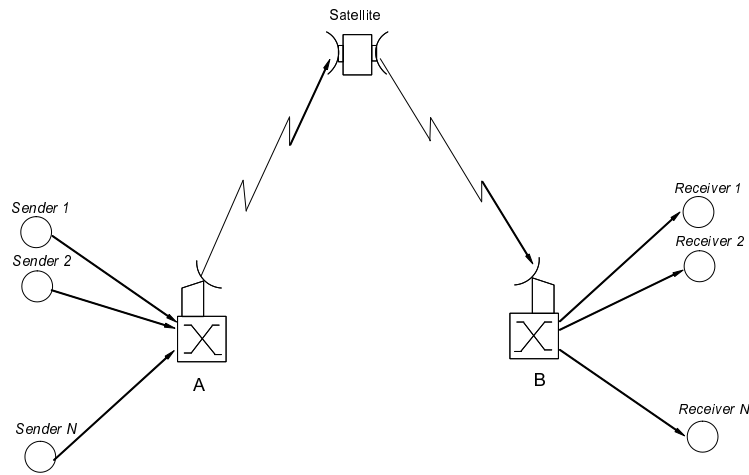


图 6 Simulation Scenario.

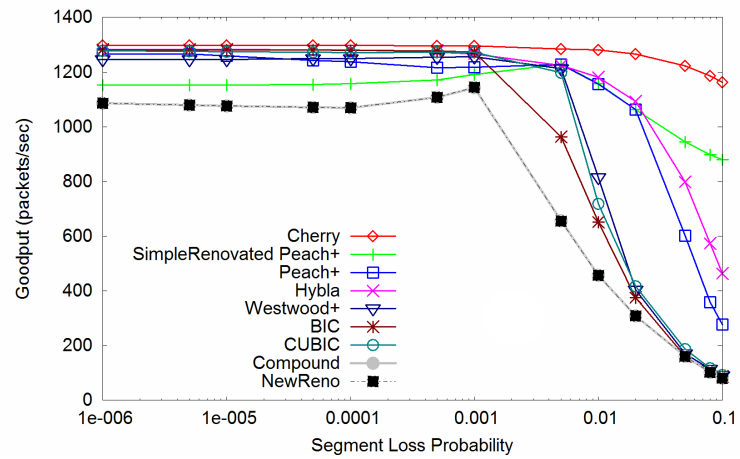


图 7 Goodput on GEO Satellite Networks.

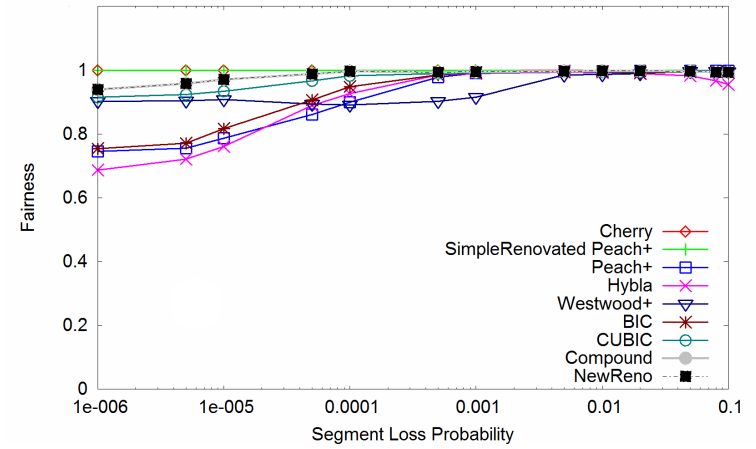


图 8 Fairness on GEO Satellite Networks.

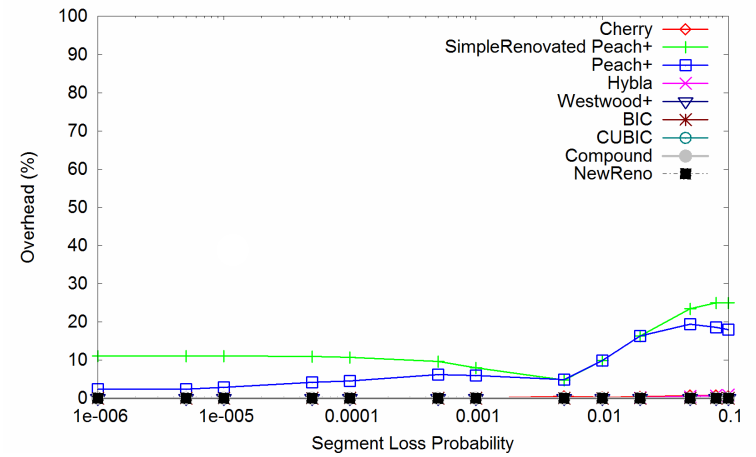


图 9 Overhead on GEO Satellite Networks.