

P4 ベースのCCNパケット生成器の 実証実験とCeforeの性能評価

2023/08/22

○遠藤 佑輔、武政 淳二、小泉 佑揮、長谷川 亨

大阪大学 大学院情報科学研究科

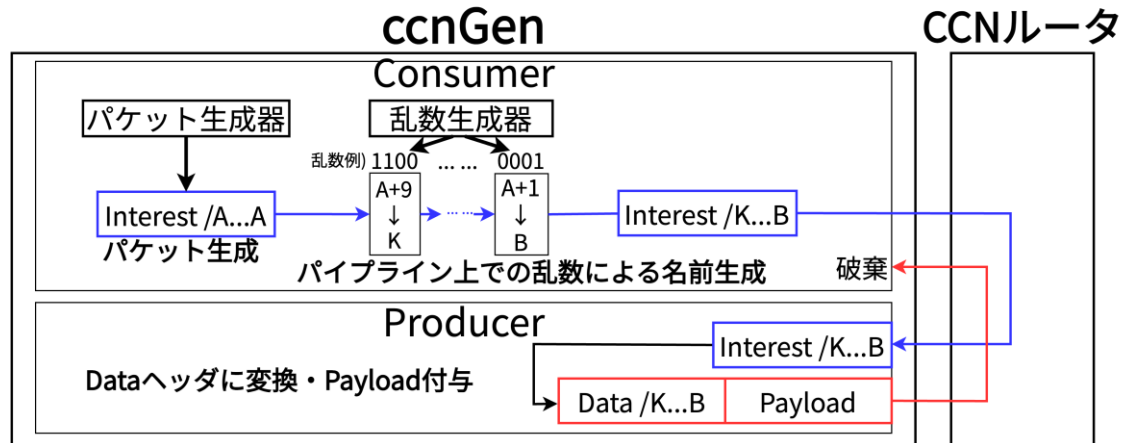
ハイパフォーマンスなCCNパケット生成器

■ 機能

- プログラマブルスイッチ (Tofino ASIC) のパケット生成機能を利用したTbpsクラスのCCNトラフィック生成
- パイプライン上で乱数に基づき 2^{32} 種類の多様な名前の生成
- ConsumerとProducerの機能を備える

■ 課題と解決法

- 課題1: 現実的な試験のためZipf分布に基づく人気度の模擬が必要
 - 解決法: Zipf分布の出現頻度の計算をテーブルで模擬
- 課題2: Tofinoのテーブルサイズの制約下でZipf分布に基づく 2^{32} 種類の名前生成が必要
 - 解決法: 出現頻度の低い複数の名前を1つのテーブルエントリに集約



1. テーブル検索を用いたZipf分布に基づく名前生成

■ アプローチ

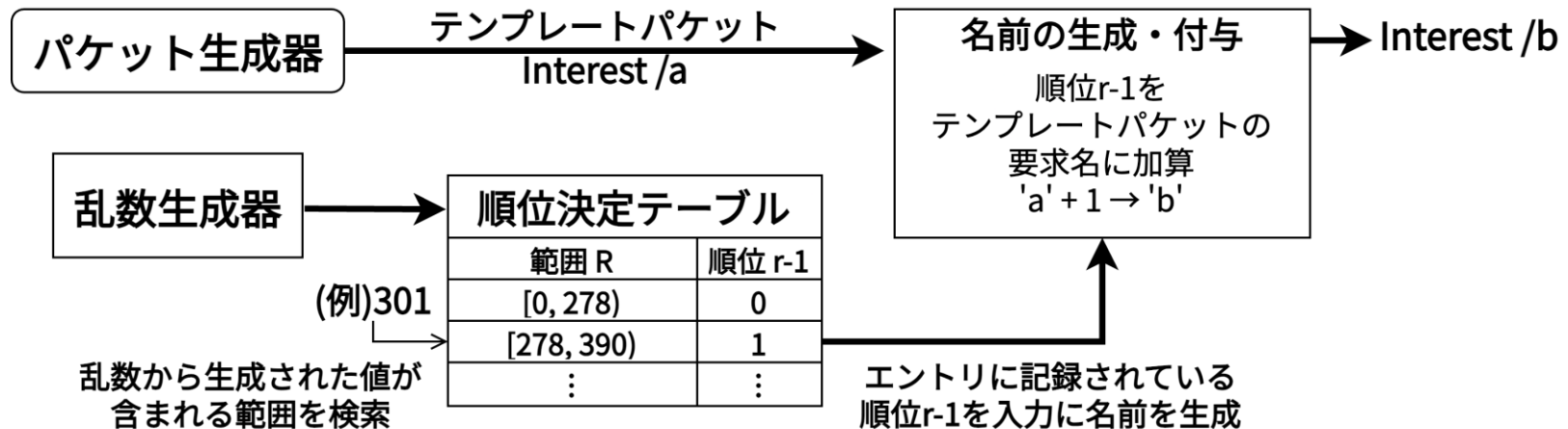
- Zipf分布($p_r = 1/r$)にしたがう名前生成に**逆関数法**を利用

■ 事前準備

- 名前の出現順位 (r) の選択確率の範囲 $R([\sum_{k=1}^{r-1} p_k, \sum_{k=1}^r p_k])$ をZipf分布に基づいて導出
 - 確率は $[0, 2^{32} - 1]$ で正規化
- $[p_{r-1}, p_r)$ をキー、順位 $r-1$ をエントリとするテーブルを作成

■ パケット生成法

- $[0, 2^{32} - 1]$ の一様乱数 (v) を生成し、 v がマッチするエントリの順位から対応する名前をパケットに付与



2. エントリーの集約によるテーブルの圧縮

■ アプローチ

- エントリ集約後の出現頻度と真のZipf分布との誤差が最も小さくなるように、出現頻度の小さな**下位の複数のエントリを集約**

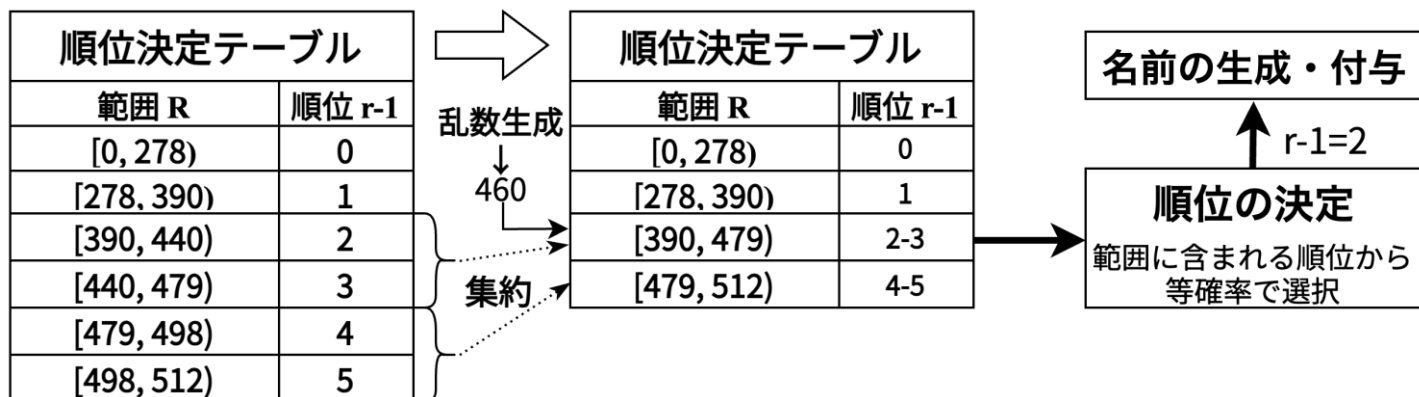
■ 集約法

- 連続するエントリの真値の誤差を頻度で重みづけた誤差 e を計算
 - 集約したエントリの出現頻度はそれらの平均値
- e が最小となるエントリを集約

■ 名前の生成法

- 集約されたエントリに含まれる名前の順位から等確率で選択

出現頻度の低い順位を等確率で選択するよう分布を近似し、エントリ数を削減



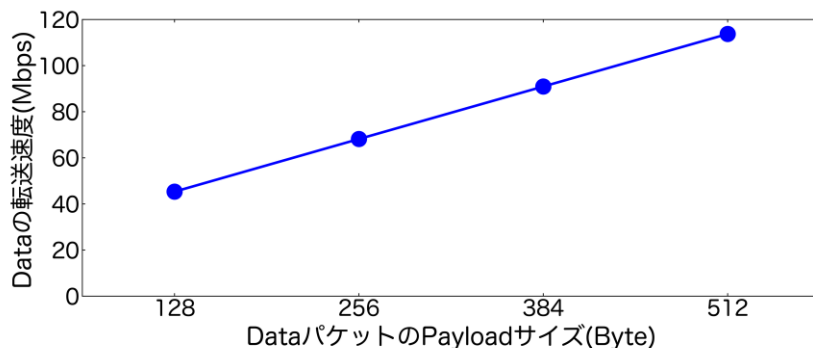
ケーススタディ: Cefore の性能測定

■ Tofinoスイッチからトラフィックを生成しCeforeルータを試験

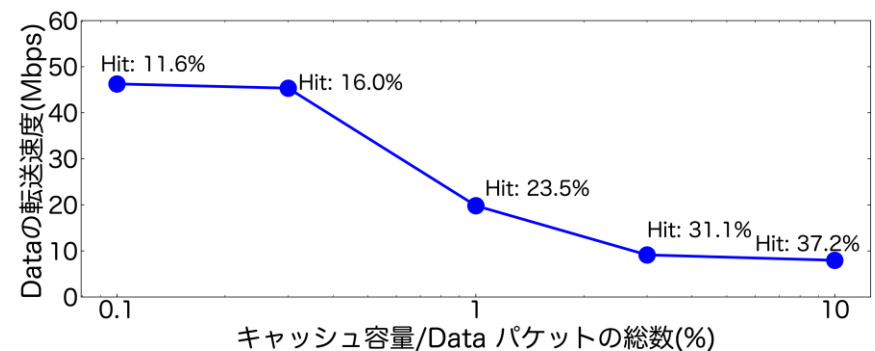
- トラフィック: 2^{26} 種類のData パケットをZipf分布($\alpha=0.8$)に従い要求
- ルータ: Core i9 10900X CPU、48GB メモリ、40Gbps NIC

■ 測定結果 (Data パケットの転送速度)

- CS 無しの場合
 - 転送速度は NIC の帯域(bps)でなくCeforeの処理速度(pps)により律速していることを示唆
- CS 有りの場合
 - キャッシュコンテンツ数の増加に対し、CSの検索や置き換えの処理時間が増加していることを示唆



Data パケットの転送速度 (CS無し)



Data パケットの転送速度 (CSあり) 5

デモの構成

■ 構成

- 計算機1: Tofinoエミュレータ上でCCNパケット生成器を稼働
- 計算機2: Ceforeルータ + CS (Local Cache)

■ 処理フロー

1. ConsumerがInterestを生成しCeforeルータに送信
2. CeforeがCSからDataを返送、あるいはProducerにInterestを転送
3. ProducerがInterestに対応するDataを Cefore ルータに返送

