

# AHashFlow 实验方案

赵宗义

2019 年 11 月 13 日

## 目录

<b>1</b>	<b>基本定义</b>	<b>2</b>
1.1	HashFlow . . . . .	2
1.2	DHashFlow (HashFlow with Digest) . . . . .	2
1.3	AHashFlow (Augmented HashFlow) . . . . .	2
<b>2</b>	<b>测量指标</b>	<b>2</b>
2.1	数据包的不测量率 (NMR, No Measurement Rate) . . . . .	2
2.2	流覆盖率 (FSC) . . . . .	3
2.3	流数目估计相对误差 (RE) . . . . .	3
2.4	数据流大小估计的平均相对误差 (ARE) . . . . .	3
2.5	被测数据流大小估计的平均相对误差 (ARE, Average Relative Error) . . . . .	3
2.6	heavy hitter 检测的 F1 Score . . . . .	3
2.7	heavy hitter 检测的平均相对误差 (ARE) . . . . .	4
2.8	控制平面的包负荷比 (Packet Load Rate, PLR) . . . . .	4
2.9	控制平面的流负荷比 (Flow Load Rate, FLR) . . . . .	4
<b>3</b>	<b>实验设计</b>	<b>4</b>
3.1	Exp84491 $\checkmark$ . . . . .	4
3.2	Exp84492 $\checkmark$ . . . . .	5
3.3	Exp84493 $\checkmark$ . . . . .	5
3.4	Exp84494 $\checkmark$ . . . . .	6
3.5	Exp84495 . . . . .	6

3.6	Exp84496	7
3.7	Exp84497	7

## 1 基本定义

### 1.1 HashFlow

原始的 HashFlow 方案，在数据平面记录完整的 Flow ID，没有控制平面，并且没有不活跃大流的退出机制。

### 1.2 DHashFlow (HashFlow with Digest)

在数据平面记录 Flow ID 的 digest 而不是完整的 Flow ID，同时增加控制平面来记录完整的 Flow ID，但是并没有引入不活跃大流的退出机制。

### 1.3 AHashFlow (Augmented HashFlow)

改良后的 HashFlow，在数据平面记录 Flow ID 的 digest 而不是完整的 Flow ID，因此包含控制平面来记录完整的 Flow ID，此外还增加了不活跃大流的退出机制。

## 2 测量指标

假设我们重放的数据包序列中包含  $m$  个数据包和  $n$  个数据流，则相关的测量指标可以定义如下：

### 2.1 数据包的不测量率 (NMR, No Measurement Rate)

假设  $m_1$  是没有被我们的测量算法测量到数据包的数目，具体而言就是在辅助表中发生冲突的时候被丢弃的辅助表表项的计数值的总和，则数据包的不测量率可定义如下：

$$NMR = \frac{m_1}{m}$$

## 2.2 流覆盖率 (FSC)

假设网络测量算法记录了完整的流标识符的数目为  $n_1$ ，则流覆盖率可定义如下：

$$FSC = \frac{n_1}{n}$$

## 2.3 流数目估计相对误差 (RE)

假设网络测量算法估计的网络中数据流的数目为  $n_2$ ，则流数目估计相对误差可定义如下：

$$RE = \frac{|n - n_2|}{n}$$

由于本文所考察的网络测量算法可以通过数据结构的使用情况估计没有明确记录的数据流的数目，因此算法所估计的数据流数目和算法所明确记录的数据流的数目并不完全相等。

## 2.4 数据流大小估计的平均相对误差 (ARE)

对于原数据包序列中的任意一个数据流  $f_i$ ，假设它的真实大小为  $m_i$ ，而网络测量算法所返回的该数据流的大小为  $m'_i$ ，如果该数据流没有被明确定义则默认为  $m_i = 0$ ，则数据流大小估计的平均相对误差可定义如下：

$$ARE = \frac{1}{n} \sum \frac{|m_i - m'_i|}{m_i}$$

## 2.5 被测数据流大小估计的平均相对误差 (ARE, Average Relative Error)

假设我们的测量算法记录的流分别为  $f_1, f_2, \dots, f_k$ ，且对于任意一个数据流  $f_i$  ( $1 \leq i \leq k$ )，它的实际大小为  $m_i$ ，而我们的算法测得其大小为  $m'_i$ ，则被测数据流的平均相对误差可定义为：

$$ARE = \frac{1}{k} \sum \frac{|m_i - m'_i|}{m_i}$$

## 2.6 heavy hitter 检测的 F1 Score

已经定义 heavy hitter 的阈值 ' $\gamma$ '，假设原数据包序列中 heavy hitter 的数目为  $c_1$ ，网络测量算法所返回的 heavy hitter 的数目为  $c_2$ ，网络测量算

法所返回的 heavy hitter 中真实的 heavy hitter 的数目为  $c$ , 则 heavy hitter 检测的召回率为  $RR = \frac{c}{c_1}$ , 准确率为  $PR = \frac{c}{c_2}$ , 因此 heavy hitter 检测的 F1 Score 可定义如下:

$$F1\ Score = \frac{2 \cdot PR \cdot RR}{PR + RR}$$

## 2.7 heavy hitter 检测的平均相对误差 (ARE)

如上, 假设原数据包序列中共有  $n$  个 heavy hitter, 其中 heavy hitter  $f_i$  的大小为  $m_i$ , 而网络测量算法报告的  $f_i$  的大小为  $m'_i$ , 如果  $f_i$  不包含在网络测量算法报告的 heavy hitter 中 (包括  $f_i$  已经被网络测量算法记录但是没有被识别成为 heavy hitter 的情况), 则默认  $m_i = 0$ , 则 heavy hitter 检测的平均相对误差可定义如下:

$$ARE = \frac{1}{n'} \sum \frac{|m_i - m'_i|}{m_i}$$

## 2.8 控制平面的包负荷比 (Packet Load Rate, PLR)

在 P4 交换机版的实现方案中, 我们需要将特定的数据包从数据平面发送到控制平面以维护流标识符和指纹之间的映射关系, 因此控制平面的负荷比可定义如下:

$$PLR = \frac{m_1}{m}$$

其中  $m_1$  是控制平面处理的数据包的数目。

## 2.9 控制平面的流负荷比 (Flow Load Rate, FLR)

假设在 AHashFlow (或 DHashFlow) 的运行过程中, 控制平面一共收到了  $m_1$  个数据包, 而交换机处理的数据包中一共包含了  $n$  个数据流, 则控制平面的流负荷比可以定义如下:

$$FLR = \frac{m_1}{n}$$

# 3 实验设计

## 3.1 Exp84491 ✓

- Use the simulator of HashFlow implemented in python.

- Set the memory size to be 1 MB, so it can accommodate around 55K flow records.
- Select 10 trace files from each of the four traces.
- Initiate 50K flows from each trace file.
- Increase the depth of HashFlow from 1 to 4.
- Count the packets processed by the simulator, i.e., the number of original packets plus the resubmitted packets.

### 3.2 Exp84492 ✓

- Select a file from the CAIDA trace (equinix-nyc.dirA.20180315-125910.UTC.anon.pcap), extract the first 2.5 million packets, classify the TCP/UDP packets into flows, and then calculate the average size as well as the maximum size of the flows.
- Select a file from the HGC trace (20080415000.pcap), extract the first 2.5 million packets, classify the TCP/UDP packets into flows, and then calculate the average size as well as the maximum size of the flows.
- Calculate the average as well as maximum size of a file from China Telecom trace (nfcapd.201601022000).
- Calculate the average as well as maximum size of a file from Tsinghua campus trace (20140206-6).

### 3.3 Exp84493 ✓

- Set the memory size to be 1MB.
- Increase the number of flows from 10K to 100K, in the step size of 10K.
- Use a trace file from CAIDA and HGC respectively.
- Use four versions of HashFlow. In the versions the number of buckets in the ancillary table is  $0.25\times$ ,  $0.5\times$ ,  $1.0\times$ , and  $2\times$  respectively of the number of buckets in main table.

- Calculate the average relative error for flow size estimation.

### 3.4 Exp84494 ✓

- Randomly select a file from the traces of ChinaTelecom, HGC, Tsinghua and CAIDA respectively.
- Extract 5 million packets from each trace file.
- Record the number of distinct flows in each trace file. Note that all the packets with the same source IP address, destination IP address, source port, destination port, and protocol belong to the same flow. The flow ID is the five tuple (srcip, dstip, srcport, dstport, protocol).
- Map the flow ID of each flow to a digest using a given hash function.
- Record the number of distinct digest for each trace file.
- Compare the number of distinct flows and the number of distinct digests for each trace file.

### 3.5 Exp84495

本实验的实验参数设置如下：

- 实验方案为 HashFlow, DHashFlow 和 AHashFlow
- 将内存容量设为 1MB
- 使用一个 CAIDA 的 trace 文件
- 进行 10 组实验，将重放的数据包的数目以 50 万的步长从 50 万增加到 500 万
- 将 heavy hitter 的阈值设为一个固定值 10，即包含 10 个及 10 个以上数据包의流为一个 heavy hitter
- 测量的指标包括 heavy hitters 测量的 F1 Score 和平均相对误差，数据包的不测量率以及控制平面的包负荷比

在此实验中可以预见的效果是随着数据包数目的增加，HashFlow 和 DHashFlow 的性能逐渐降低，其中 HashFlow 的性能降低尤为明显，而 AHashFlow 的性能却保持在一个比较稳定的状态，说明不活跃大流的退出机制能够发挥良好的作用。此外，AHashFlow 的控制平面包负荷比会明显高于 DHashFlow，但是这是情理之中的，因为这从侧面证明 AHashFlow 能够比 DHashFlow 测量更多的流。

### 3.6 Exp84496

本实验的实验参数设置如下：

- 实验方案为 AHashFlow 和 DHashFlow
- 将内存容量设为 1MB
- 从 CAIDA 和 HGC 的 trace 中分别选取一个文件
- 进行 10 组实验，将重放的数据包的数目以 50 万的步长从 50 万增加到 500 万
- 测量的指标包括流覆盖率，数据流大小估计的平均相对误差，被测数据流大小估计的平均相对误差，以及控制平面的流负荷比

在此实验中，我们预期的实验结果是 AHashFlow 的这四项指标都保持相对稳定的状态，其中被测数据流大小估计的相对误差要明显小于数据流大小估计的平均相对误差，而控制平面的流负荷比接近 2.0 甚至小于 2.0；AHashFlow 的各项性能指标应该都要优于 DHashFlow，尤其是 DHashFlow 的控制平面流负荷比应该会高于 AHashFlow 的控制平面流负荷比，说明在 DHashFlow 中不活跃大流占据了宝贵的内存空间，导致其它的流更频繁地被替换。

### 3.7 Exp84497

本实验的实验参数设置如下：

- 实验方案为 AHashFlow 和 DHashFlow
- 将内存容量设为 1MB
- 从 CAIDA 和 HGC 的 trace 中分别选取一个文件

- 仅进行 1 组实验，将重放的数据包的数目设为 500 万
- 将 heavy hitter 的阈值以 5 的步长从 5 增加到 50
- 测量的指标包括 heavy hitter 检测的平均相对误差以及 F1 Score

在此实验中我们的预期实验结果是随着阈值的增加，heavy hitter 检测的 F1 Score 和平均相对误差都有明显的改善，说明 AHashFlow 确实有得大流的测量，同时 AHashFlow 的性能总是优于 DHashFlow。