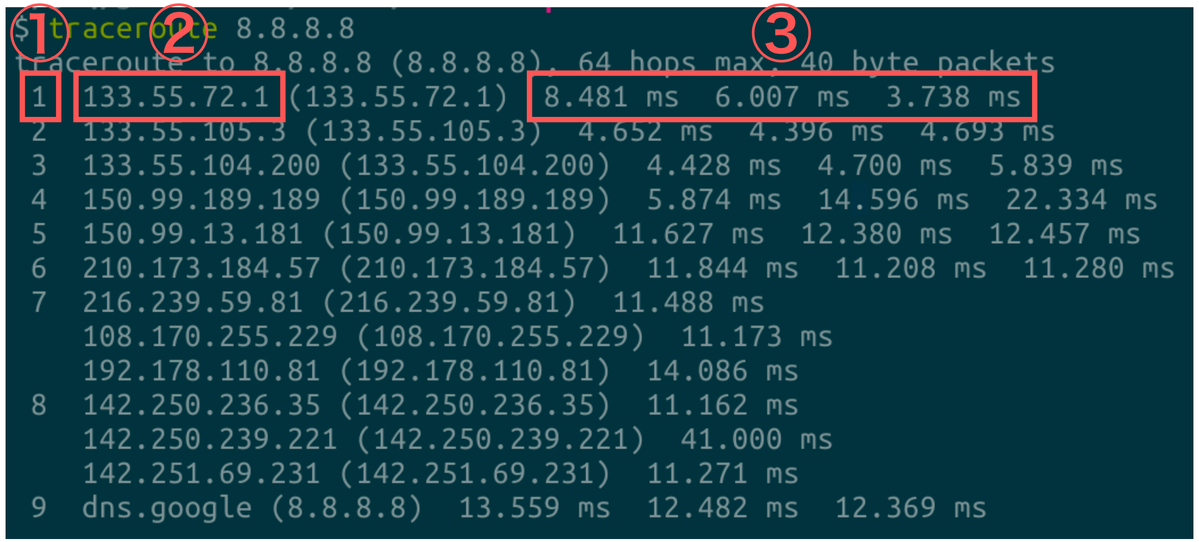
tracerouteの実装 2025-12-15

2455026 平野碧生

tracerouteで必要な情報



tracerouteの出力結果

ホップの設定ごとに 3 つのプローブを送信

① ホップ値（何ホップ目か）

② ゲートウェイのアドレス

→ アドレスが異なる場合は別行で出力

③ 正常なプローブごとの往復時間

tracerouteの実装

前回のping作成時に実装した機能を流用

- ICMP&IPv4パケットの自前作成

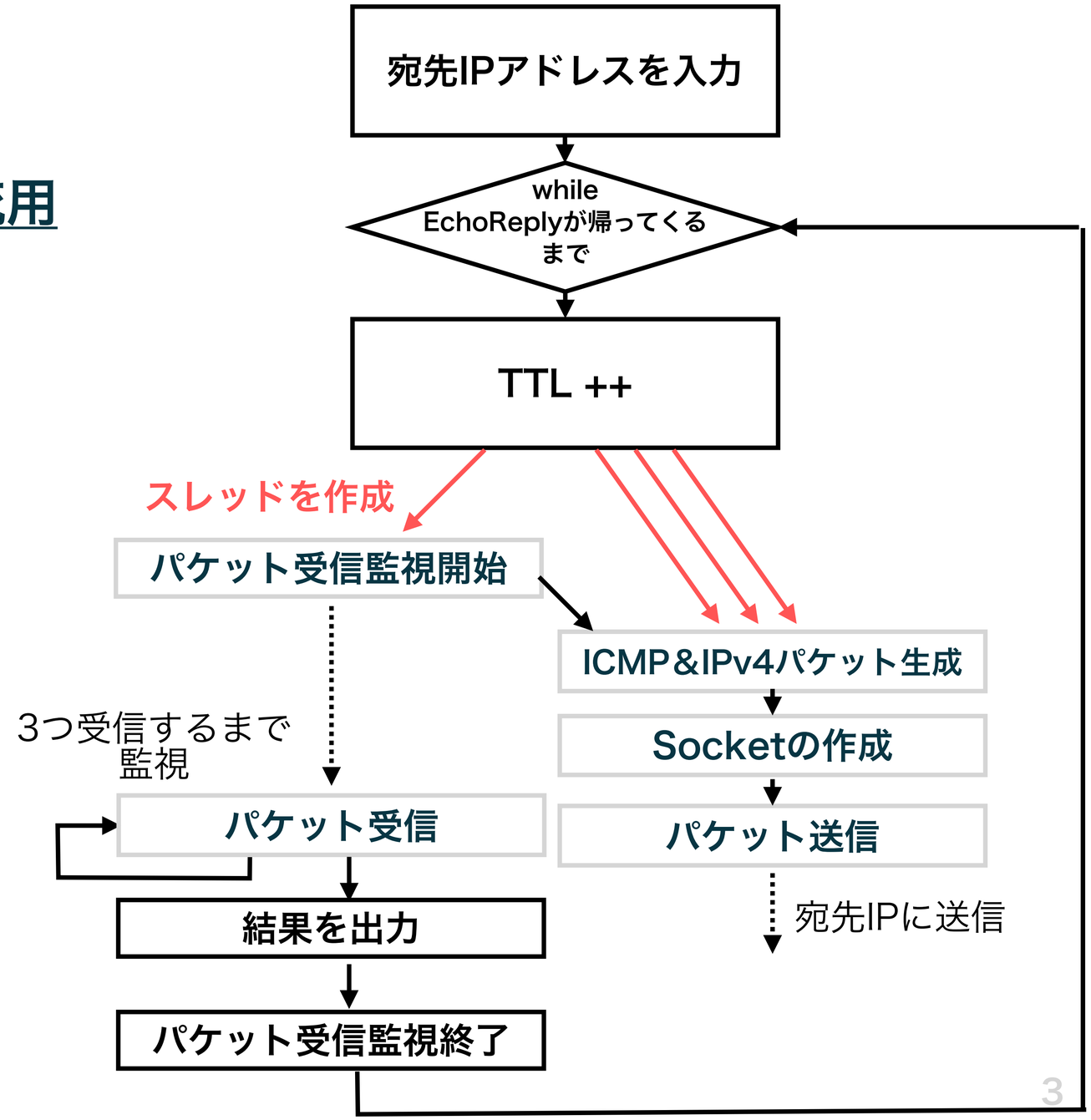
自前でパケット解析

- 生パケットを自分で解析

既存のtracerouteと異なる部分

- 並列処理での実行

OSはMacOS、言語はRustで実装



前回の問題調査

これまでに起こった問題点

- 識別子が合わない問題
- ICMPのチェックサム検証失敗問題（パケット長）
- ICMPのチェックサム検証失敗問題（DF）

↓

今回やったこと

- これまで使っていたpnetクレートではなくlibpcapを使ったパケット解析に差し替える
  - 生パケットから自分で解析

- 各TTLごとに受信用のスレッドを新規作成し、送信パケットの応答を監視
  - 動的なパケット受信となったので、ICMPペイロードにRTT計測開始時間を格納するよう変更

libpcap

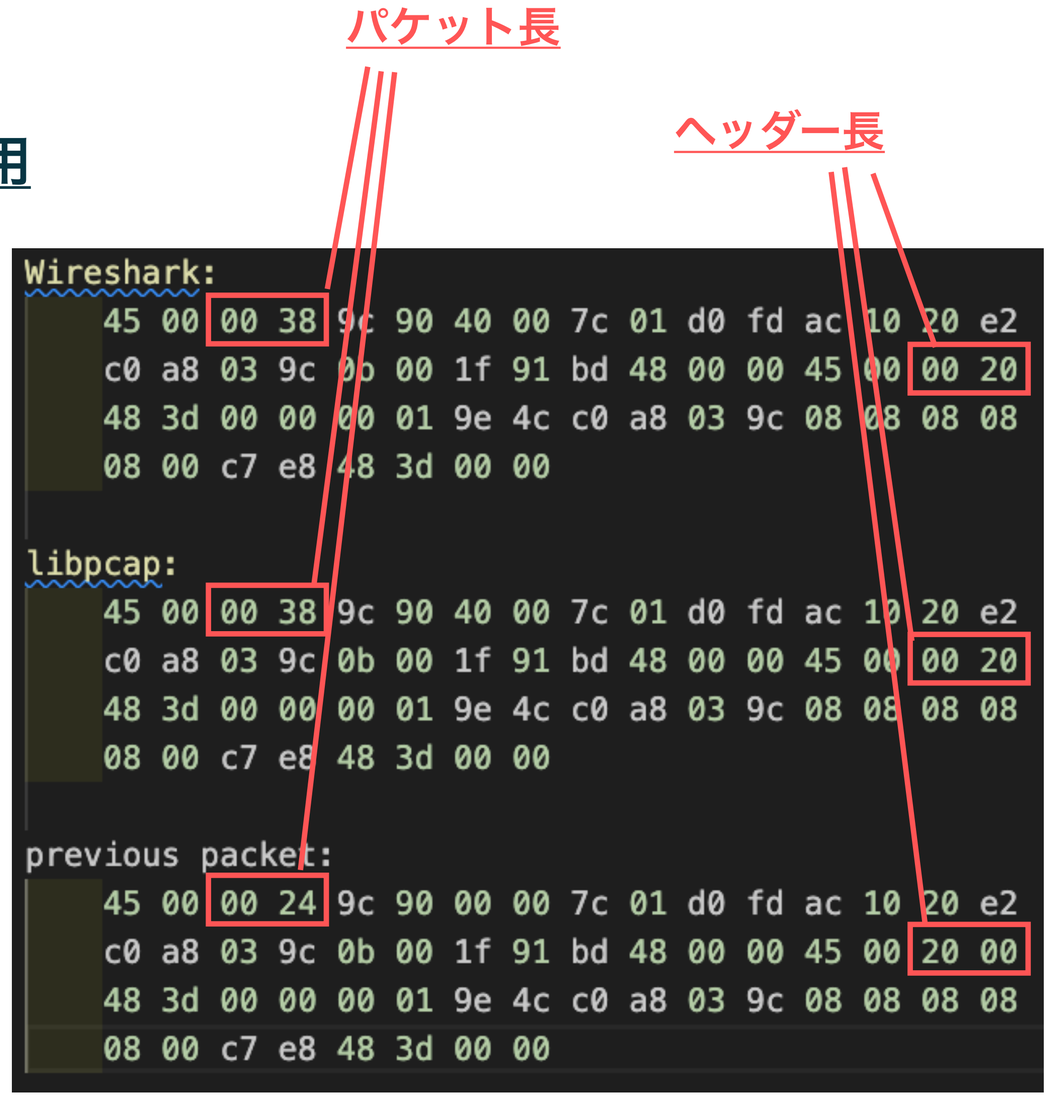
RustでlibpcapをたたくラッパーがあったのでそれをRust利用

Wiresharkと同じパケットを取得できたことを確認

→ pnetからlibpcapに変更

- チェックサム検証失敗問題1&2
- 識別子が合わない問題

の2つを解消



Wireshark/libpcap/pnetのパケット比較

My tracerouteの成果

ほとんど標準ライブラリしか使わずにtracerouteを実装

```rust
// --- 自作ライブラリ ---
use utility;
use utility::check_checksum;

// --- 外部ライブラリ ---
use rand::{rng, Rng};

// --- 標準ライブラリ ---      You, 1 秒前 • Uncomm
use std::time::{Duration, Instant};
use std::net::Ipv4Addr;
use std::thread;
use std::sync::{Arc, Mutex};
use std::collections::HashMap;
use std::sync::atomic::{AtomicBool, Ordering};
use std::io::Write;
```

```toml
[package]
name = "traceroute"
version = "0.1.0"
edition = "2024"

[dependencies]
libpcap = "0.1.7"
rand = "0.9.2"

[dependencies.utility]
path = "../utility"
```

外部のライブラリは、libpcapとrandのみ

- libpcap: パケット解析
- rand: 乱数生成

My tracerouteの実行結果

既存のtracerouteと同じような出力をするように実装

```
traceroute to 8.8.8.8 (8.8.8.8), 64 hops max
1 192.168.3.1 8.080 ms 8.226 ms 8.246 ms
* * *
3 172.16.128.130 37.623 ms 37.885 ms 37.918 ms
4 172.16.32.165 37.914 ms 37.898 ms 37.977 ms
5 172.16.32.226 40.075 ms 39.953 ms 51.312 ms
6 10.0.16.161 37.359 ms 37.587 ms 37.712 ms
7 10.216.21.65 39.574 ms 39.708 ms 39.653 ms
8 10.216.21.66 43.259 ms 43.411 ms 43.518 ms
9 10.9.203.6 60.672 ms 62.651 ms 61.590 ms
10 74.125.146.69 38.139 ms 37.266 ms 37.251 ms
11 209.85.245.105 40.173 ms 40.657 ms 41.026 ms
12 142.251.251.3 37.242 ms 37.307 ms 48.282 ms
13 8.8.8.8 36.911 ms 37.031 ms 36.983 ms
```

My traceroute

```
traceroute to 8.8.8.8 (8.8.8.8), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.3.1 (192.168.3.1)  6.155 ms  3.076 ms  4.129 ms
 2  * * *
 3  172.16.128.130 (172.16.128.130)  29.642 ms  30.007 ms  25.007 ms
 4  172.16.32.165 (172.16.32.165)  28.412 ms  32.392 ms  30.076 ms
 5  172.16.32.226 (172.16.32.226)  27.903 ms  27.511 ms  25.391 ms
 6  10.0.16.161 (10.0.16.161)  26.462 ms  34.875 ms  23.856 ms
 7  10.0.11.125 (10.0.11.125)  25.082 ms
    10.0.11.113 (10.0.11.113)  27.544 ms
    10.216.21.73 (10.216.21.73)  30.266 ms
 8  10.216.21.78 (10.216.21.78)  40.063 ms
    10.216.21.70 (10.216.21.70)  29.629 ms
    10.216.21.78 (10.216.21.78)  32.525 ms
 9  10.9.203.2 (10.9.203.2)  31.551 ms  32.279 ms  31.201 ms
10  74.125.146.69 (74.125.146.69)  33.623 ms  30.046 ms  33.802 ms
11  * * *
12  dns.google (8.8.8.8)  37.486 ms  23.979 ms  25.093 ms
```

既存のtraceroute

参考文献

- IBM Power10 tracerouteコマンド: https://www.ibm.com/docs/ja/power10/9028-21B?topic=commands-traceroute-command
- The Rust Programing Language(恐れるな！並行性): https://doc.rust-jp.rs/book-ja/ch16-00-concurrency.html
- rust mpsc: https://doc.rust-lang.org/std/sync/mpsc/index.html
- RFC 777: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc777
- rust libpcap: https://docs.rs/libpcap/latest/libpcap/index.html