RubyKaigi 2023でのセキュアなDNSリゾルバの運用

― DoT/DoHとDDR ―

Kasumi Hanazuki <hanazuki@kmc.gr.jp>

2023-11-21 DNSOPS.JP BoF

花月かすみ

- @京大マイコンクラブ(KMC)
- Rubyとインターネットがすき
- RubyKaigi NOC
  - 2017 広島
  - 2018 仙台
  - 2019 福岡
  - 2020 松本(中止)
  - 2022 津
  - 2023 松本
  - 2024 那覇(予定)

RubyKaigi

プログラミング言語Rubyと処理系の国際会議

- 地方巡業
- 参加者: 約1,200人
- 会場Wi-Fi
  - アクセスポイント: 約50台
  - 同時接続: 約1,300台(peak)
  - DNS: 530 qps(peak), 370 qps(mean)

(数字はRubyKaigi 2023実績)

京大マイコンクラブ(KMC) / AS59128

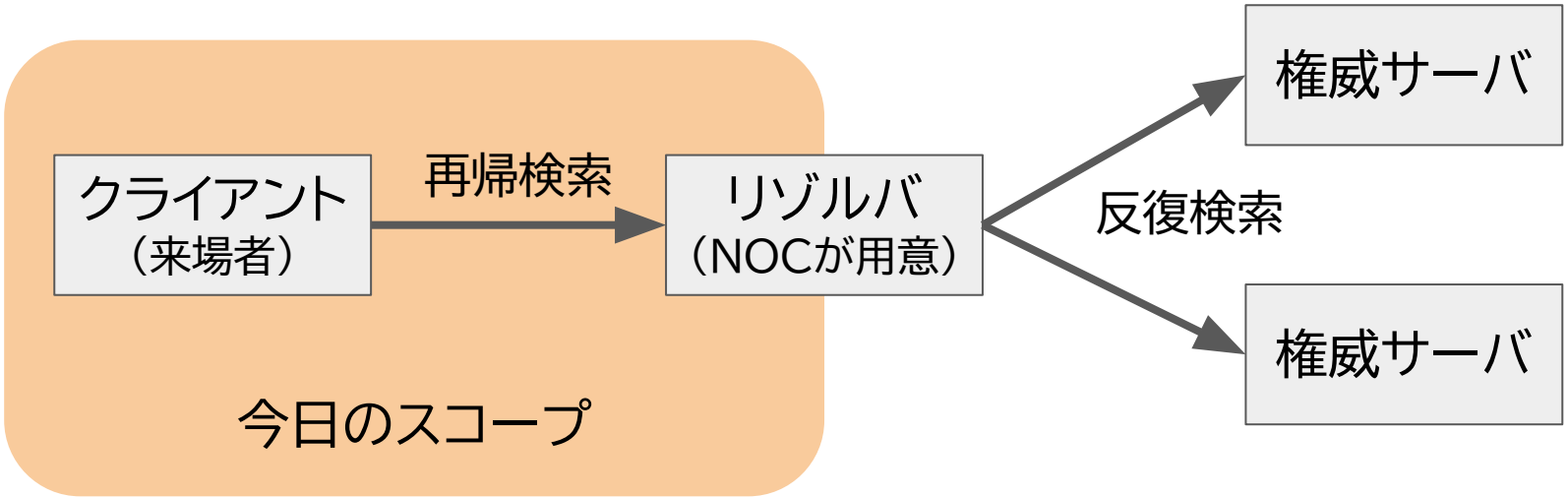
京都大学のマイコン(パソコン)なんでもサークル

- 1977: 設立
- 1991: PIアドレス割当(歴史的PI)
- 2016: AS運用開始
  - 上流: AS20473, AS59105, AS59103
- 2022–23:
  RubyKaigiにインターネット接続を提供

DNSと暗号化DNS

DNSのしくみ

クライアントはリゾルバを通してドメインを検索する



公衆Wi-Fiの盗聴・改竄可能性

- WPA2 Personalは事前共有鍵(PSK)が公知の場合，盗聴・改竄に対して脆弱
- 転がしてあるケーブルは抜ける

平文DNSが
流れている！

暗号化DNSプロトコル

主要OS・
ブラウザに
実装済み

- DNS over TLS（DoT）
  - TLSで暗号化
- DNS over HTTPS（DoH）
  - 通例, HTTP/2またはHTTP/3が使われる
    - どちらもマルチストリームを実現するプロトコルで, クエリに対してレスポンスを順不同に返せる
    - TLSで暗号化

DNSから暗号化DNSへ

DNSから暗号化DNSへ

クライアントが暗号化DNSを使うように
自動構成するしくみが必要

- 従来のDHCPやIPv6 RA (RDNSS)は
  リゾルバのIPアドレスのみクライアントに伝える

日和見暗号化（Opportunistic Encryption）

リゾルバが対応していそうなら，
クライアントが勝手に暗号化プロトコルにアップグレード

- 853/tcpにTLS接続してみて，
  - 接続できれば暗号化通信をする
  - 接続できなければ平文通信にフォールバック
- DoHへのアップグレードは難しい
  - HTTPのパスが分からないため

Android 9+
（2018-08）

systemd 239+
（2018-01）
Disabled by default

Adaptive DNS Discovery

クライアントを暗号化プロトコルに明示的に誘導する

- DNR (RFC 9462)
  - DHCPやIPv6 RAを拡張して
    クライアントに暗号化リゾルバを紹介する
- DDR (RFC 9463)
  - リゾルバとクライアントの間で
    暗号化プロトコルをネゴシエーションする

Windows Insider
25982
(先月出た)

macOS* 13+
iOS/iPadOS 16+
(2022-10)

* Mac ChromeはDDRに未対応

Discovery of Designated Resolvers（DDR）

- 初期状態: クライアントは「非暗号化リゾルバのIPアドレス」だけ知っている
- リゾルバは特殊用途ドメイン名“resolver.arpa.”で自身の対応プロトコルを公開する
  - “arpa.”の権威サーバが答えるわけではない
- クライアントはこの情報をもとに接続プロトコルを選ぶ

サービスバインディング・レコード

```
_dns.resolver.arpa.
   IN SVCB 1 resolver.rubykaigi.net. (
            alpn="h3,h2"
            dohpath="/dns-query{?dns}")
   IN SVCB 2 resolver.rubykaigi.net. (
            alpn="dot")
```

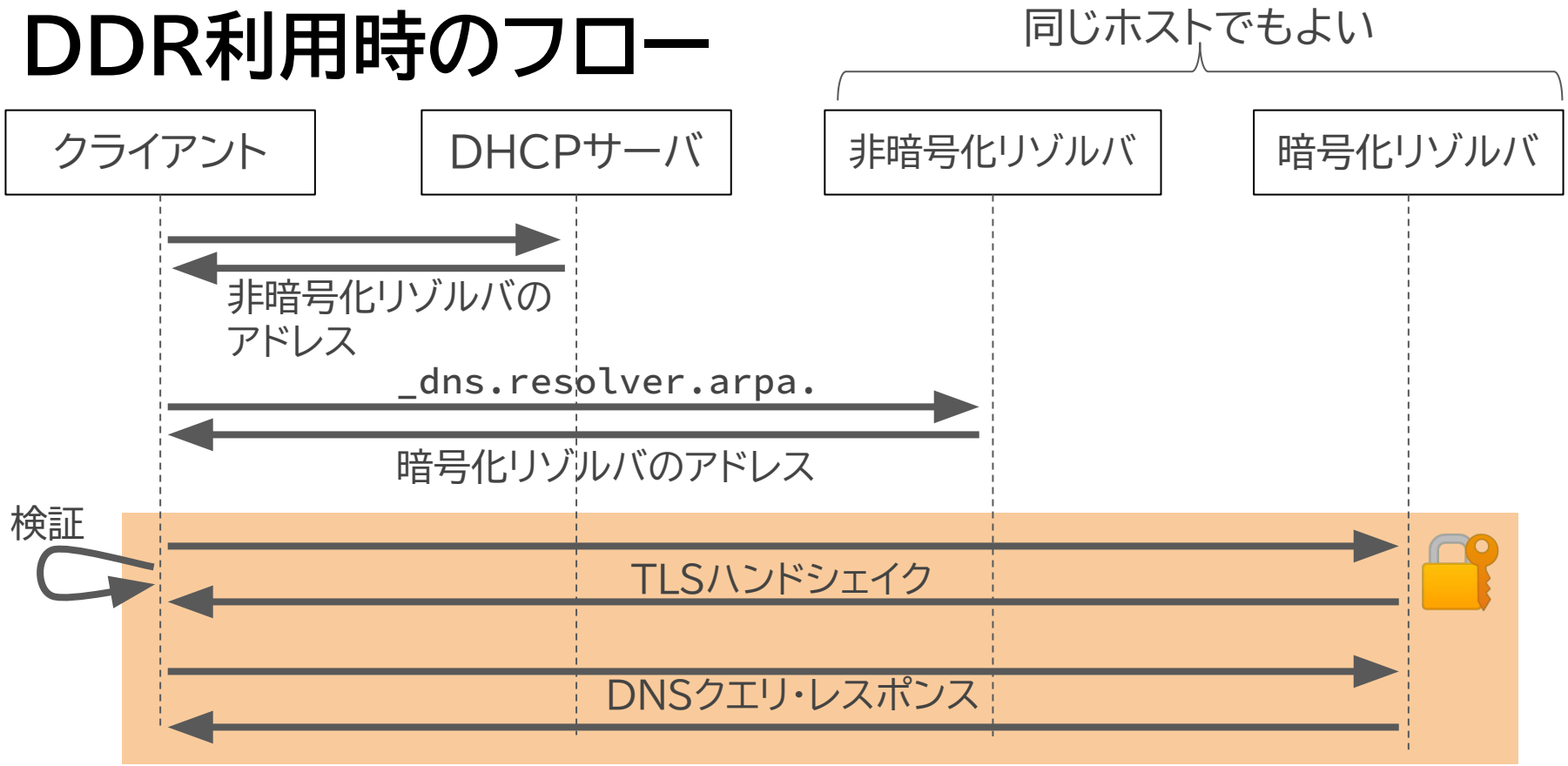
ターゲット
A/AAAAを引くと
暗号化リゾルバの
アドレスが分かる

優先度

対応プロトコル

追加オプションで
DoHのパスを指定

DDR利用時のフロー


同じホストでもよい
クライアント
DHCPサーバ
非暗号化リゾルバ
暗号化リゾルバ
非暗号化リゾルバの
アドレス
_dns.resolver.arpa.
暗号化リゾルバのアドレス
検証
TLSハンドシェイク
DNSクエリ・レスポンス

暗号化リゾルバの検証

SVCBで知った暗号化リゾルバを信頼して利用する条件

- Verified Discovery
  a. 証明書がトラストアンカーまで遡って検証可能
  b. 証明書のSANが「非暗号化リゾルバのアドレス」を含む
- Opportunistic Discovery
  a. 「非暗号化リゾルバのアドレス」がプライベートアドレス
  b. 「非暗号化リゾルバのアドレス」と「暗号化リゾルバのアドレス」が一致

Appleデバイスには実装されていない？追試おねがいします

中間にDNSフォワーダがある場合

- 非暗号化リゾルバのアドレス ∈ サーバ証明書のSAN
  → Verified Discoveryではアップグレードされない
- 非暗号化リゾルバのアドレス ≠ 暗号化リゾルバのアドレス
  → Opportunistic Discoveryでもアップグレードされない

DDRの限界

- 防げる攻撃
  - パッシブな盗聴
  - 正規のリゾルバへのなりすまし(Verified Discoveryの場合)
- 防げない攻撃
  - SVCBクエリを妨害して平文通信へダウングレード
  - 経路ハイジャックでCAを騙して証明書を不正取得
  - 野良DHCP
  - ハニーポットWi-Fi

多層防御が必要

RubyKaigi 2023での
暗号化DNSの実装

RubyKaigi 2023のリゾルバ

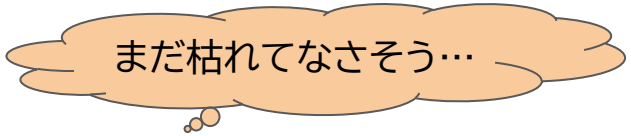
AppleデバイスにDDRが実装されたと知り[WWDC]
DNSを暗号化する実験を思いつく

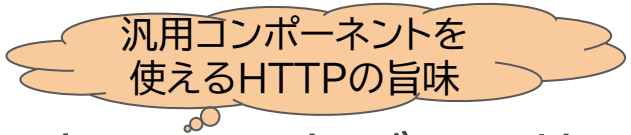
- DoT/DoH
- DDR(当時ドラフト)
- ~~DNR~~(当時まだオプション番号が未割り当て・クライアント実装がない)

[WWDC]: https://developer.apple.com/videos/play/wwdc2022/10079/

使用したサーバソフトウェア

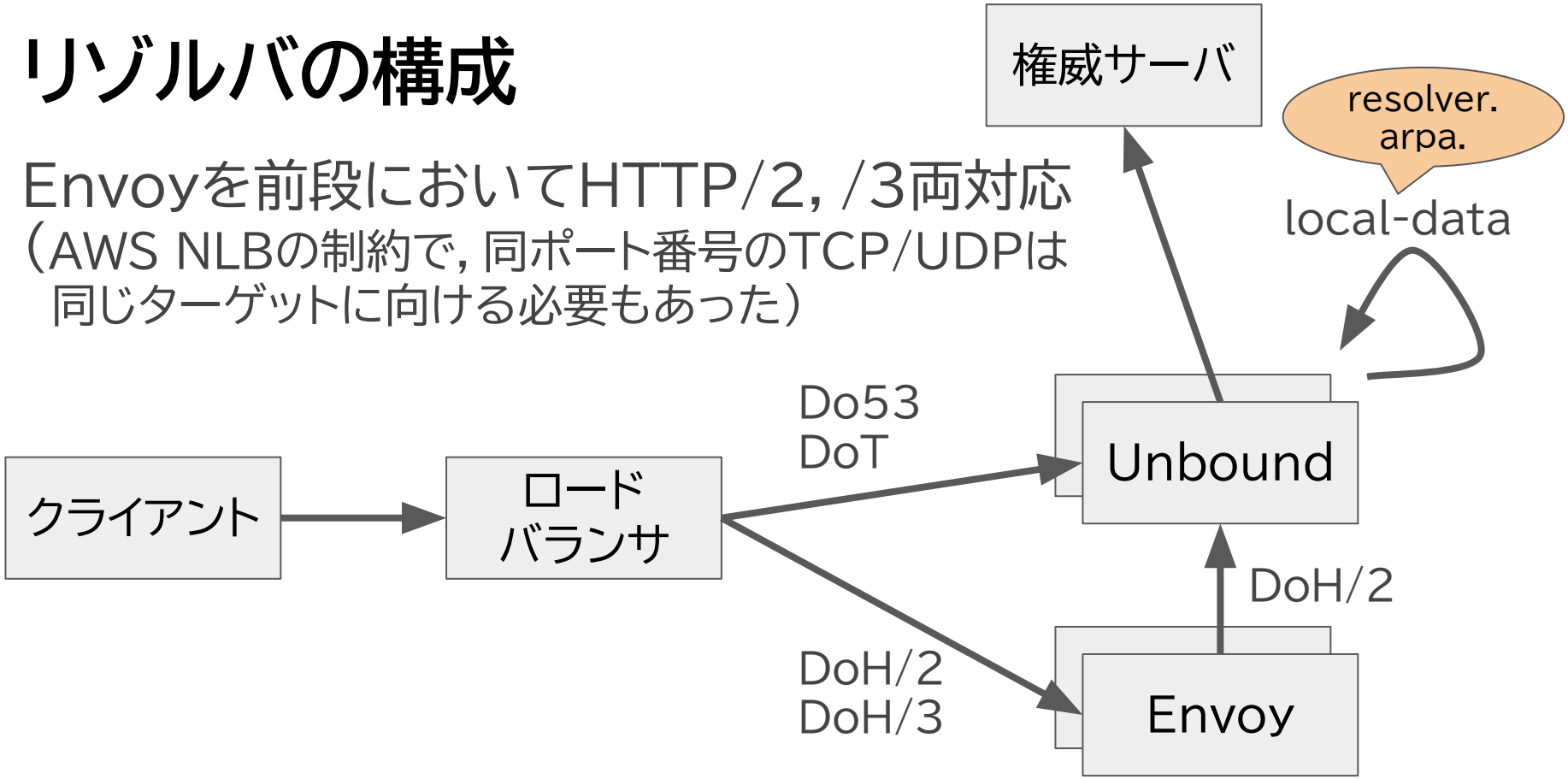
- Unbound
  - DoTとDoH/2に対応するDNSリゾルバ
  - DNSリゾルバとして折り紙付き
  - 一方, DoHは？
    - Ubuntu 22.04に含まれるv1.13.1では壊れていた
      （最新版では修正済）
- Envoy
  - HTTP/2と/3に対応するHTTPプロキシ・ロードバランサ
  - 巨大トラフィックを捌く実績あり





リゾルバの構成

Envoyを前段においてHTTP/2, /3両対応
（AWS NLBの制約で, 同ポート番号のTCP/UDPは
同じターゲットに向ける必要もあった）



リゾルバのTLSサーバ証明書

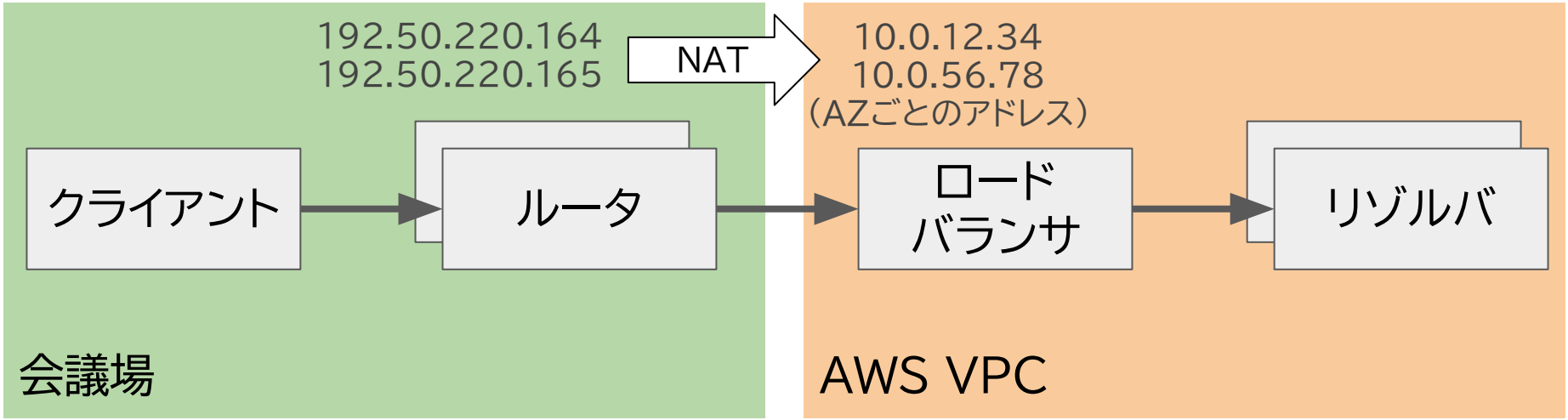
DDR対応には, SANにIPアドレスを含むサーバ証明書が必要
また, PKIで検証できる必要がある

subjectAltName

- パブリックCAはパブリックIPのSANしか証明しない
  → リゾルバはパブリックIPアドレスで運用する必要
  (リゾルバ自体はインターネットから到達可能でなくともよい)
- 社内環境等では, プライベートCAを使って
  プライベートIPアドレスで運用可能？(未検証)

パブリックIPアドレスでリゾルバを運用

会場ルータでパブリック→プライベートのNATをしていた



RubyKaigi 2023での実験結果

1/3から1/2のトランザクションを暗号化

30分ごとに集計した
プロトコル別のクエリ割合

Matzのキーノートを
PCで実況？

PCを閉じて
スマホを使っている？

プロトコル	講演中	昼休憩
平文	62%	43%
DoT	6%	9%
DoH/2	30%	46%
DoH/3	3%	3%
	Day1 10:30-11:00	Day1 12:30-13:00

Android

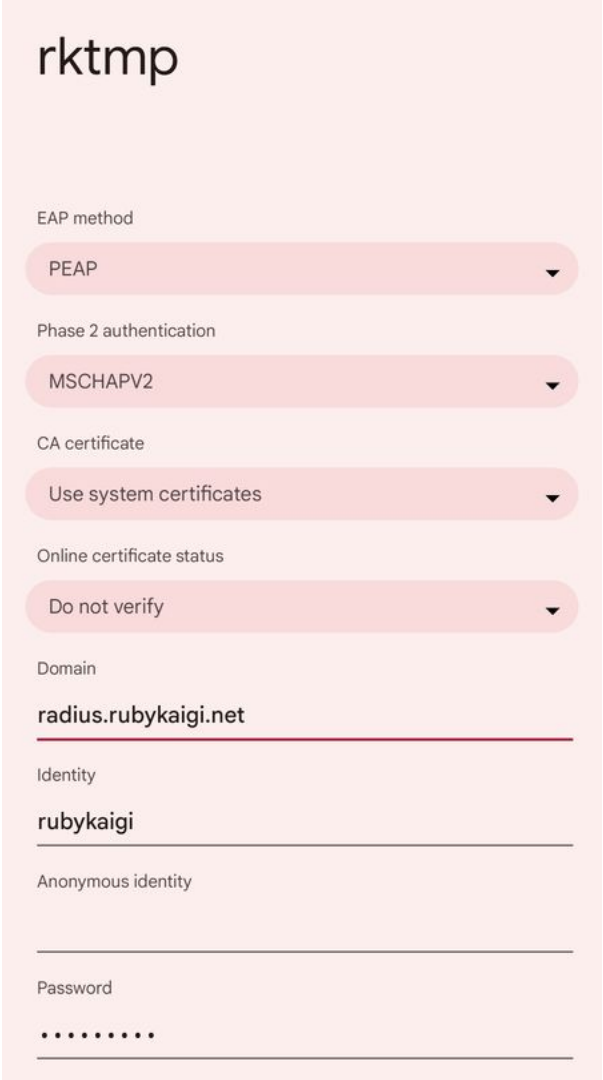
macOS/iOS

macOS/iOSが
たまにHTTP/3を
使う（詳細不明）

DoTが少ないような

同時に802.1X認証の実験もしていた

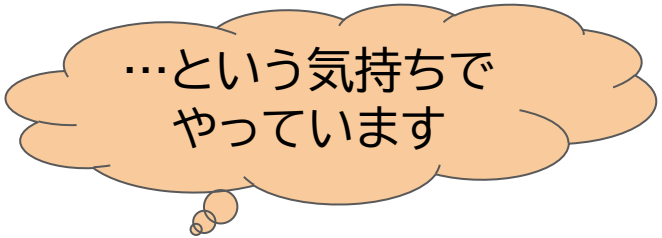
- Androidは選択肢の多い
  フォームの入力を要求
  → 難しかったのではないか(予想)
- Google製以外の端末でも
  初期設定でOE有効になっている？
  (未調査)



おわりに

それって意味あるの？

公衆Wi-Fiにおいて…



- （プライバシーを気にする）管理者:
  - 利用者を守るために暗号化リゾルバを提供したい
  - 特定の第三者（公衆DNS）に情報を横流ししたくない
- （プライバシーを気にする）利用者:
  - そもそも管理者は攻撃者と同じくらい信用できない
    → 大手の公衆DNSを使う

それって意味あるの？ ②

ご意見･ご感想
うかがいたいです

- オフィスLAN
  - 利用者と管理者の利害は一致しているはず？
- 商用ISP
  - リゾルバから見た直接のクライアントはルータ？
    → 対応はまだまだ先？
  - TLS化の計算負荷は大きい？

Acknowledgement

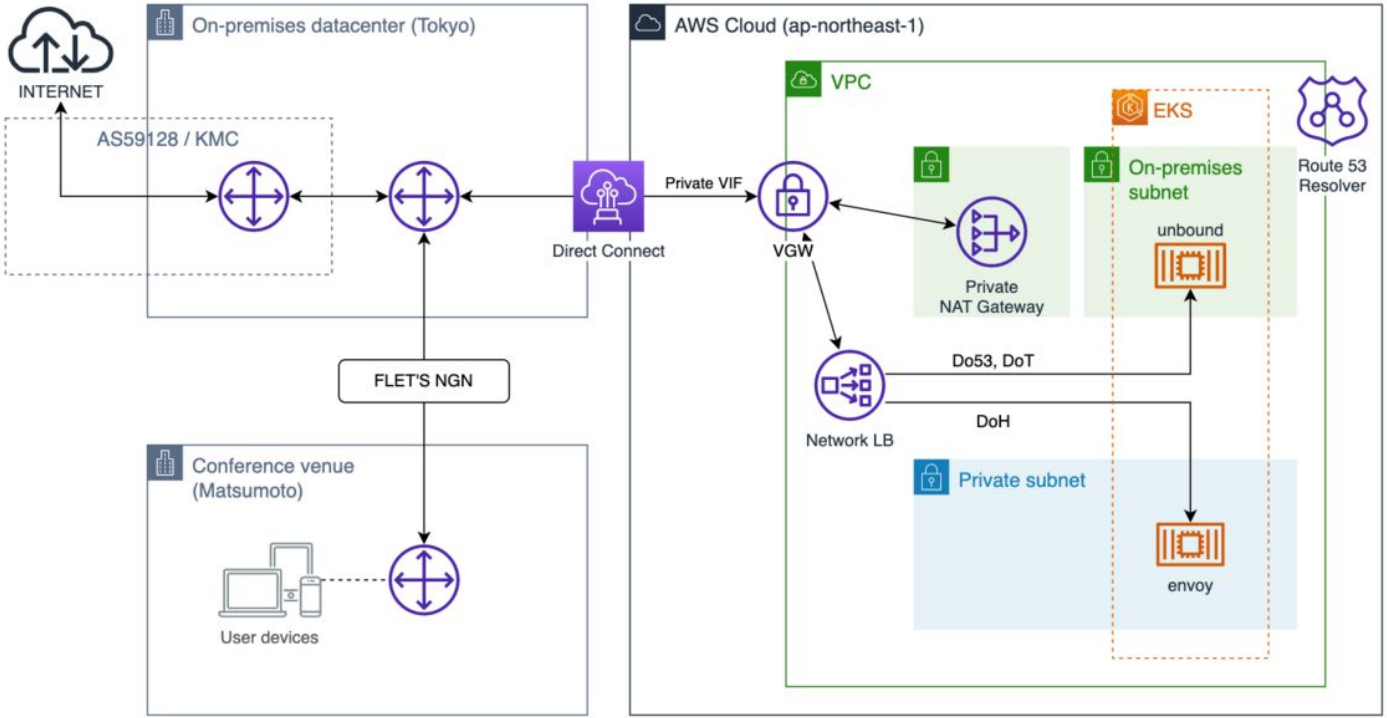
- @sorah, RubyKaigi Organizer & NOC Lead
  - L1-L4設計, L2-L4構築, その他すべて
- NOCチームメイトのみなさん
  - L1構築, ブログ記事・発表資料のレビュー
- RubyKaigiスポンサー各社

関連記事

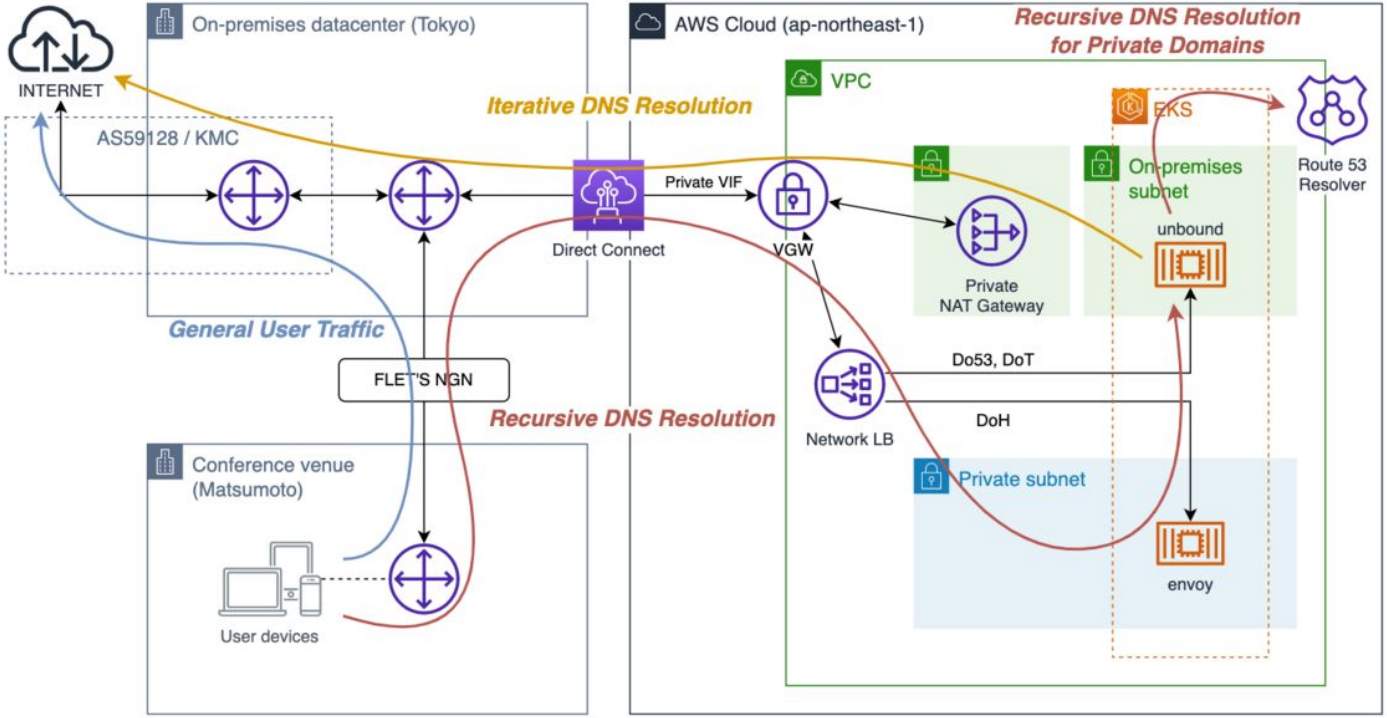
- RubyKaigi 2023でのセキュアなDNSリゾルバの運用 — DNS-over-HTTPSとDDR（@hanazuki）
  - https://blog.kmc.gr.jp/entry/2023/05/10/165300
- RubyKaigi 2023 Wi-Fi: 足回り徹底解説（@sorah）
  - https://techlife.cookpad.com/entry/2023/05/31/113000
- ソースコード
  - https://github.com/ruby-no-kai/rubykaigi-nw

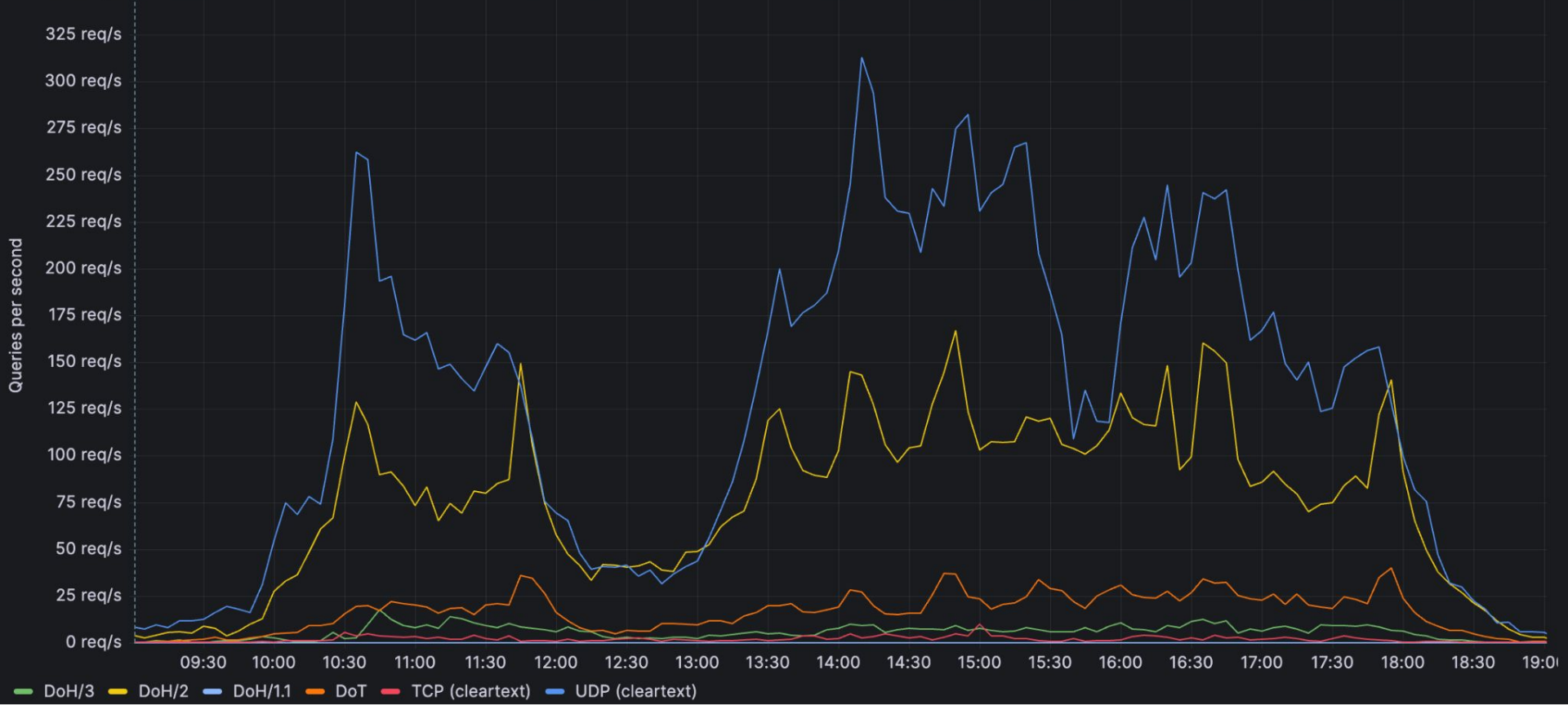
おまけ

RubyKaigi 2023ネットワークの概略



RubyKaigi 2023ネットワークの概略





クエリ数: 平文UDP(青) vs DoH/2(黄) vs DoT(橙)

Grafana