

Apple NAT64 環境下でのIPv6検証、 それもうIPv6検証にはなっていないかも？

株式会社コナミデジタルエンタテインメント

技術開発部 佐藤元彦

自己紹介

名前：佐藤 元彦

略歴：2008年 株式会社コナミデジタルエンタテインメント入社

仕事：オンラインゲームのネットワーク技術開発/サポート

> 研究：NAT越えアルゴリズム、IPv6、IPv4/IPv6共存技術、モバイルブロードバンド、クラウド技術

> 開発：NAT越え+IPv4/v6デュアルスタック P2P通信ライブラリ、WANエミュレータ

自己紹介

過去の講演資料

- [JANOG53] ついにIPv6向けUPnPが実運用フェーズに！～ ゲームのP2Pオンライン対戦での活用フィードバックを添えて～
 - <https://www.janog.gr.jp/meeting/janog53/upnp/>
- [CEDEC 2022] ゲームにおけるIPv6向けUPnPの活用可能性と実装検証
 - <https://cedec.cesa.or.jp/2022/session/detail/87.html>
- [CEDEC 2021] ゲームトラフィックの動向と課題、それに対する5G関連技術の可能性
 - <https://cedec.cesa.or.jp/2021/session/detail/s609c9048ac70c.html>
- [CEDEC 2020] 次世代機開発におけるIPv6実用のために必要な環境構築・検証・調査手法
 - <https://cedec.cesa.or.jp/2020/session/detail/s5e9be5c4270c9>
- [CEDEC 2019] [JANOG×CEDECコラボセッション] ネットワーク事業者と語るインターネットのゲーム通信
 - <https://cedec.cesa.or.jp/2019/session/detail/s5cd41730206fa.html>
- [Internet Week 2019] ゲームにおけるIPv4の品質変化と対策事例
 - <https://www.nic.ad.jp/iw2019/program/s02/>
- [JANOG43] IPv4/IPv6デュアルスタックなリアルタイムP2P通信を行うオンラインゲームにおける現在の国内/海外ネットワーク環境とそれに対する検証環境の構築手法
 - <https://www.janog.gr.jp/meeting/janog43/program/p2pv4v6>
- [CEDEC 2018] コンシューマー・モバイルタイトルでIPv4/IPv6デュアルスタックなP2P通信をサポートしてきた中でやった事
 - https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1820
- [CEDEC 2015] 多様なモバイルブロードバンド環境でリアルタイム通信を行なう上で考えるべき遅延特性
 - https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1377
- [CEDEC 2014] モバイルブロードバンド時代におけるP2P通信の落とし穴
 - https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1236
- [CEDEC 2013] Router & Network Report 2013 for P2P Online Game
 - https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1041
- [CEDEC 2012] IPv4-IPv6 移行期のP2Pゲームクライアントに求められる技術
 - https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/903

オープンソース活動

- EM-uNetPi (WANエミュレーター)
 - <https://github.com/KONAMI/EM-uNetPi>

！ 注意 ！

一般的なNAT64と同列に扱うには、仕様が

歪んでるので、macOSで構築する

NAT64+DNS64環境は「Apple-NAT64」と

今日は区別して呼びます

※ 一例：一般的なNAT64環境はNative IPv6でインターネットと通信が可能だが、Apple-NAT64環境はIPv6で直接インターネットと通信ができない。

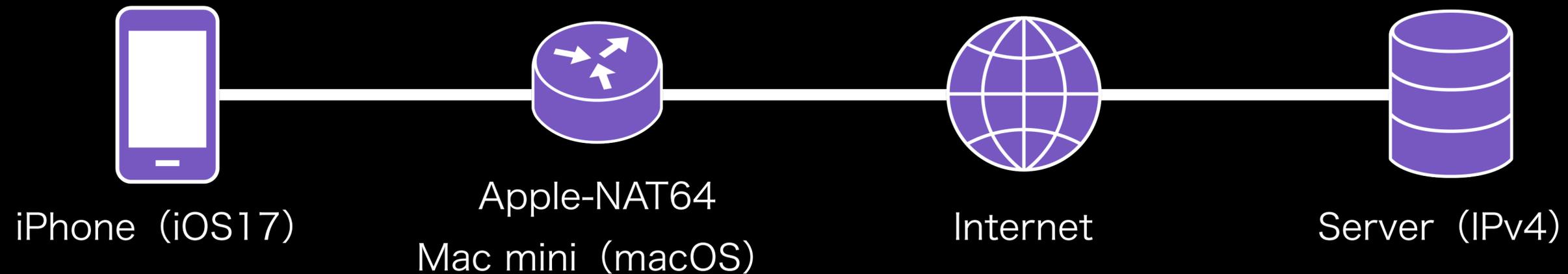
！ 注意 ！

**今日の内容は 2024/4 時点での調査に基づくもので
あり、今後のiOSやmacOSの仕様変更によって
結果が変わる可能性があります**

本題

iOS17での検証を

Apple-NAT64 (WiFi) 環境で試していたら…



IPV4 アドレス

IP を構成 自動 >

IP アドレス	192.0.0.2
サブネットマスク	255.255.255.255
ルーター	192.0.0.1

IPV6 アドレス

IP アドレス 2 アドレス >

ルーター	fe80::4c20:b8ff:fe4e:2064
------	---------------------------

モバイルキャリアに繋いだ時にみることがある、RFC7335で定義されたIPv4サービス継続性プレフィックスがついている！

IPV4 アドレス

IP を構成 自動 >

IP アドレス	192.0.0.2
サブネットマスク	255.255.255.255
ルーター	192.0.0.1

IPV6 アドレス

IP アドレス 2 アドレス >

ルーター	fe80::4c20:b8ff:fe4e:2064
------	---------------------------

モバイルキャリアに繋がった時にみることがある、RFC7335で定義されたIPv4サービス継続性プレフィックスがついている！

 CLATが動いている可能性が高い

IPV4 アドレス

IP を構成 自動 >

IP アドレス	192.0.0.2
サブネットマスク	255.255.255.255
ルーター	192.0.0.1

IPV6 アドレス

IP アドレス 2 アドレス >

ルーター	fe80::4c20:b8ff:fe4e:2064
------	---------------------------

モバイルキャリアに繋がった時にみることがある、RFC7335で定義されたIPv4サービス継続性プレフィックスがついている！

▶ **CLATが動いている可能性が高い**

※ CLAT = Customer-side translator
RFC6145に基づいて、クライアントのプライベートIPv4をグローバルIPv6に変換する技術

IPV4 アドレス

IP を構成 自動 >

IP アドレス	192.0.0.2
サブネットマスク	255.255.255.255
ルーター	192.0.0.1

IPV6 アドレス

IP アドレス	2 アドレス >
ルーター	fe80::4c20:b8ff:fe4e:2064

表示詐欺の可能性も考えましたが
実機で動作を確認できたので、間違いなさそう…

モバイルキャリアに繋いだ時にみるこ
とがある、RFC7335で定義されたIPv4サービス
継続性プレフィックスがついている！

CLATが動いているということは、464XLAT
(RFC6877) として終端装置と連携して動い
ている。ざっくりいうと、クライアントは
IPv4で普通に通信ができる。

▶ IPv4アドレスをBindして、リテラルのIPv4
にSendToみたいな通信が正常に行える

IPV4 アドレス	
IPを構成	自動 >
IPアドレス	192.0.0.2
サブネットマスク	255.255.255.255
ルーター	192.0.0.1

IPV6 アドレス	
IPアドレス	2 アドレス >
ルーター	fe80::4c20:b8ff:fe4e:2064

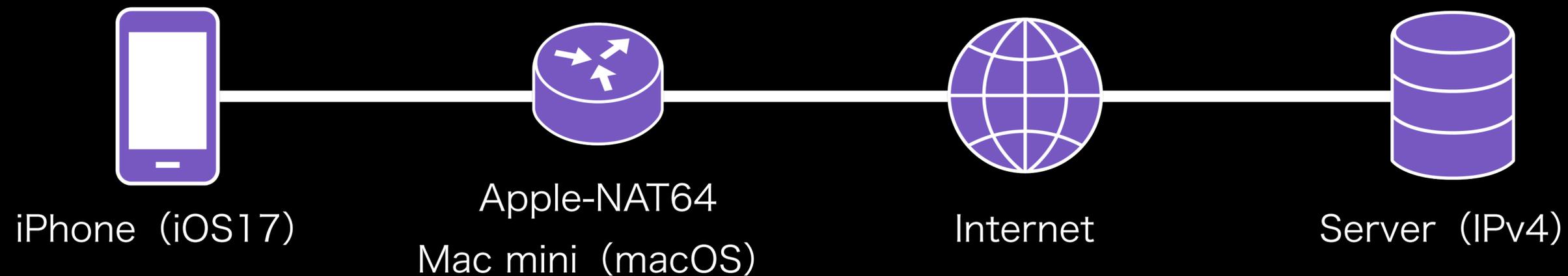
モバイルキャリアに繋がった時にみることがある、RFC7335で定義されたIPv4サービス継続性プレフィックスがついている！

ちなみに、iOSのCLAT機能自体はiOS12から搭載されている。冒頭で書いた通り、モバイル回線では有効になることが多々あった。

今日の問題はこのCLAT機能が

「WiFi環境でも有効になった」ということ

iOS16以前とiOS17での 挙動の違いを簡単に図解すると…



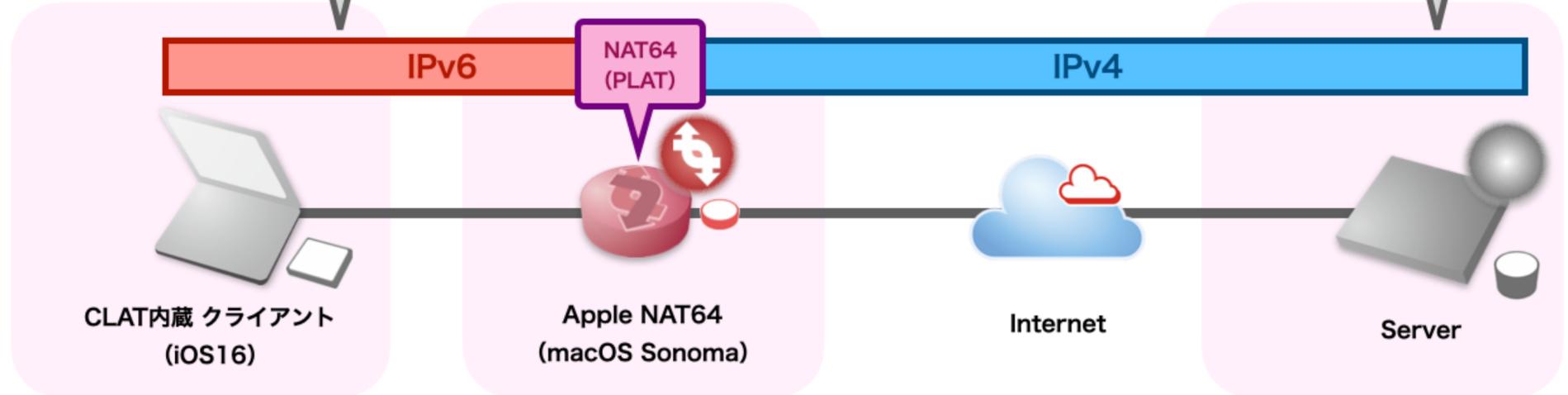
図解 - iOS16以前のApple-NAT64

Before

アプリケーションから見える自身のアドレス

2001.2.0.aab1::2/64

クライアント送信時：
DNS64経由で変換したIPv6アドレスを指定



IPV4 アドレス

IP を構成 自動 >

IP アドレス 192.0.0.1

サブネットマスク

ルーター 192.0.0.1

IPV6 アドレス

端末に通信可能なIPv4アドレスは付かず、アプリケーションからもインターフェース情報が拾えない。（設定画面では左のように見える）
そのため、IPv4でSocketを生成することがそもそもできなかった。
IPv4の通信先との通信には、Apple-NAT64+DNS64経由での通信が必要

図解 - iOS17でのApple-NAT64

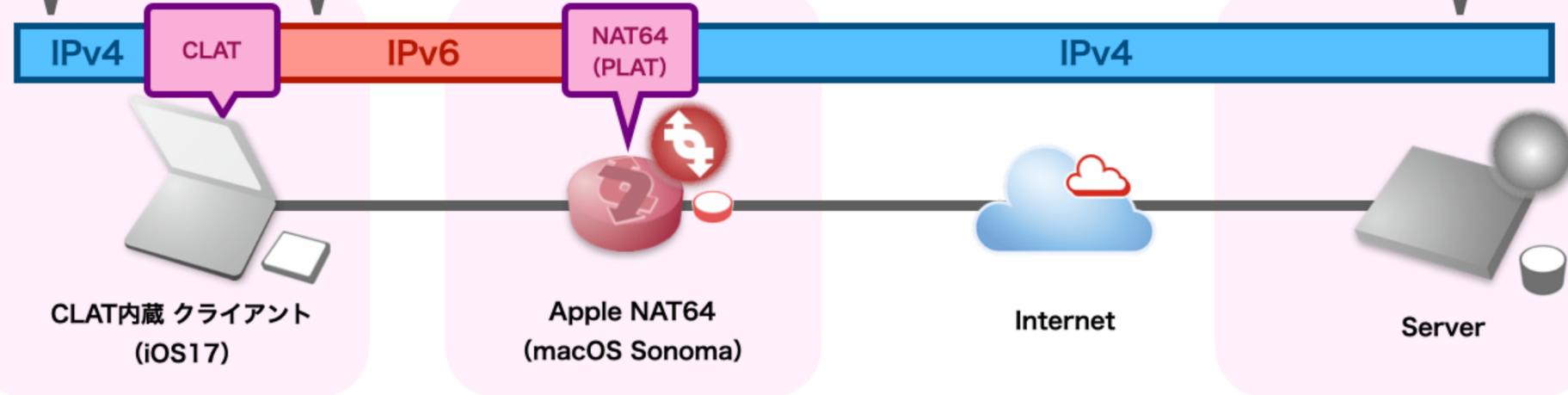
After

アプリケーションから見える自身のアドレス

192.0.0.2/32

2001.2.0.aab1::2/64

クライアント送信時：
IPv4アドレスをBindした場合は
そのままのアドレスを指定
IPv6アドレスをBindした場合は
DNS64経由で変換したIPv6アドレスを指定



IPV4 アドレス

IPを構成

自動 >

IPアドレス

192.0.0.2

サブネットマスク

255.255.255.255

ルーター

192.0.0.1

IPV6 アドレス

IPアドレス

2 アドレス >

ルーター

fe80::4c20:b8ff:fe4e:2064

アプリケーションからはデュアルスタックのように見え、IPv4とIPv6のインターフェース取得、及びSocketのBindが可能！
通信先はIPv4のアドレスをそのまま指定可能。IPv6はDNS64で変換されたIPv6アドレスのみ通信先として指定可能（IPv6 Native通信できない問題は依然として残るため）

IOS16以前では動かなかったIPv4通信が
IOS17で動くようになったのだから良いこと…

IOS16以前では動かなかったIPv4通信が
IOS17で動くようになったのだから良いこと…

とはならないですね！

そもそもゲーム業界で…

Apple-NAT64で検証するモチベーション

- Appleの審査要件を満たすため（リジェクト回避）
- IPv6 Only 環境への対応（上記の副産物）

そもそもゲーム業界で…

Apple-NAT64で検証するモチベーション

- Appleの審査要件を満たすため（リジェクト回避）
- IPv6 Only 環境への対応（上記の副産物）

主にゲーム業界外では、こちらを擦りまくった記事が一時期大量に生まれて一人歩きしていた

そもそもここで言ってるIPv6対応はNAT64対応でありIPv6ではないというツッコミもあるが…

そもそもゲーム業界で…

Apple-NAT64で検証するモチベーション

- Appleの審査要件を満たすため（リジェクト回避）
- IPv6 Only 環境への対応（上記の副産物）

iOS17ではIPv4でそのまま動くようになったので、IPv6 Onlyの検証環境として成立しなくなっています => 今日の要点1

(= Apple-NAT64を使ってIPv6検証しよう！は iOS17ではもう誤情報)

そもそもゲーム業界で…

Apple-NAT64で検証するモチベーション

- Appleの審査要件を満たすため（リジェクト回避）
- IPv6 Only 環境への対応（上記の副産物）

Apple審査要件が、この変化でどう変わるのか不明

WWDC行く人がいたらNetworkLabで聞いてきて欲しい！

Apple抜きに IPv6 Only 環境の検証を
行うには今後どうしたら良いのか？

IPv6 only 環境への対応を行う正攻法は？

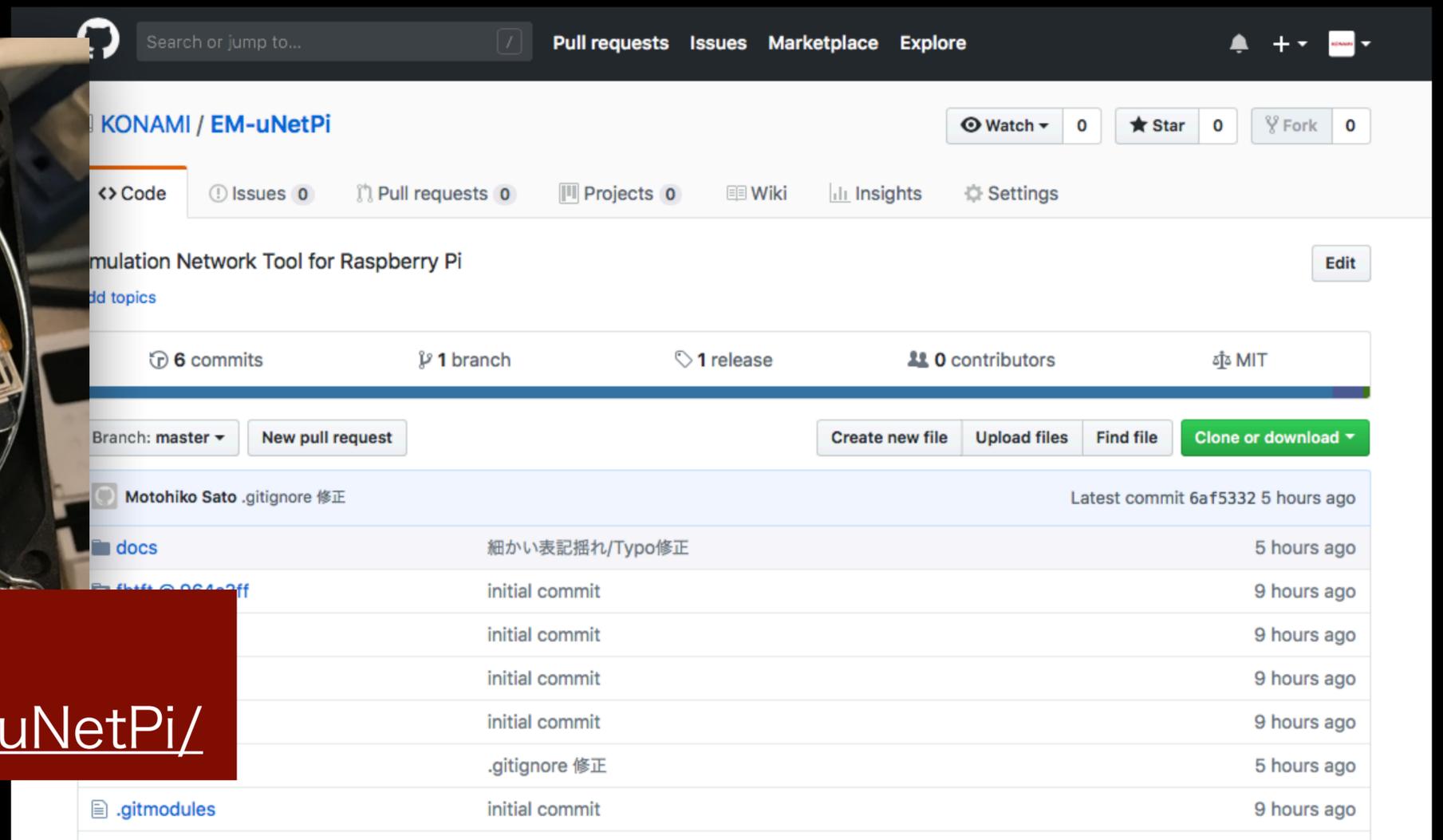
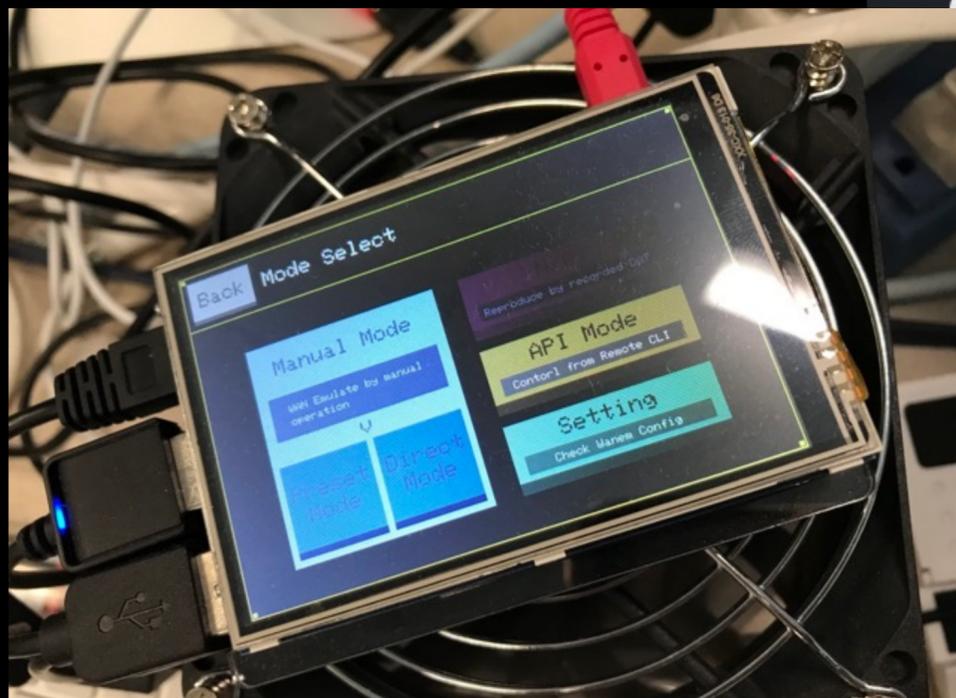
- 案1：IPv6 Single Stack な Pure IPv6 環境を構築
 - ➔ 問題点：コストが高いため多分無理
- 案2：既存のデュアルスタック環境にIPv6のみを通すブリッジ（もしくはNAT66）箱を配置する
 - ➔ 問題点：構築方法がメジャーではない

IPv6 only 環境への対応を行う正攻法は？

- 案1：IPv6 Single Stack な Pure IPv6 環境を構築
 - ➔ 問題点：コストが高いため多分無理
- 案2：既存のデュアルスタック環境にIPv6のみを通すブリッジ（もしくはNAT66）箱を配置する
 - ➔ 問題点：構築方法がメジャーではない

今年のCEDEC2024で公開予定の EM-uNetPi v2 で NAT66 & IPv6 only モードを搭載予定なのでそちらを使えば簡単に => 今日の要点2

以前、JANOG43やCEDEC2019で紹介していた
WANエミュレーターを今夏 Raspberry Pi5 対応させつつ
最新版にアップデートします！



Github Repository

<https://github.com/KONAMI/EM-uNetPi/>

まとめ

まとめ

1. Apple-NAT64で検証できることが変わりました

iOS16
以前

- Appleの審査要件の確認
- IPv6 Only 環境への対応（厳密にはNAT64環境への対応）



iOS17

- Appleの審査要件の確認（？）=> 要Appleに確認
- 464XLAT環境環境への対応

2. IPv6対応のための検証環境は別途考えましょう

- コスト的に既存のDualStack回線の一部セグメントをv6 only化するのが楽そう

iPhone (iOS17)

Apple-NAT64
Mac mini (macOS)

Internet

おまけ

パケットキャプチャー時の問題

RvictlコマンドでiPhoneのインターフェースを仮想インターフェースとして登録してキャプチャすることはよくあると思う。

なんと、CLAT動作時のIPv4通信をキャプチャしようと思っても変換後の部分がキャプチャポイントとなり、思ったようにキャプチャできない！

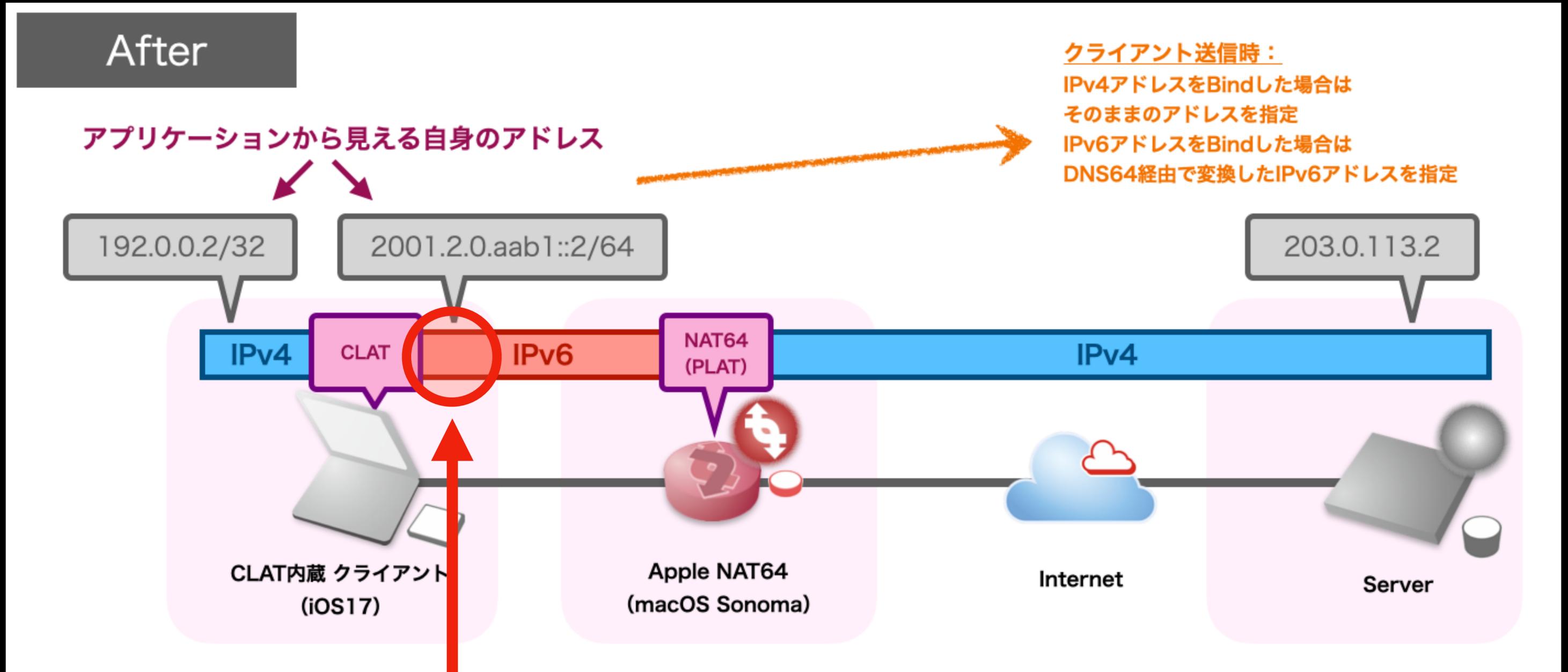
デバッグ時にはご注意を。

IPv4アドレスをBindして、IPv4リテラルを指定して通信した場合のパケットキャプチャ結果

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
6027	11.858531	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	2001:2:0:1baa::3696:7fb0	STUN	76	Binding Request
6028	11.858548	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	2001:2:0:1baa::34c4:4637	STUN	76	Binding Request
6029	11.858565	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	2001:2:0:1baa::34c4:4637	STUN	76	Binding Request
6283	12.877016	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	2001:2:0:1baa::3696:7fb0	STUN	68	Binding Request
6284	12.877032	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	2001:2:0:1baa::34c4:4637	STUN	68	Binding Request
6286	12.877065	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	2001:2:0:1baa::34c4:4637	STUN	68	Binding Request
6298	12.877337	2001:2:0:1baa::3696:7fb0	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	STUN	148	Binding Success Res
6299	12.877356	2001:2:0:1baa::34c4:4637	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	STUN	148	Binding Success Res
6300	12.877374	2001:2:0:1baa::34c4:4637	2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37	STUN	148	Binding Success Res

Frame 6298: 148 bytes on wire (1184 bits), 148 bytes captured (1184 bits) on interface rvi0, id 0
Raw packet data
> Internet Protocol Version 6, Src: 2001:2:0:1baa::3696:7fb0, Dst: 2001:2:0:aab1:801:a530:f7c0:bf37
User Datagram Protocol, Src Port: 3478, Dst Port: 51755
Source Port: 3478
Destination Port: 51755
Length: 108
Checksum: 0x3083 [unverified]
[Checksum Status: Unverified]
[Stream index: 18]
> [Timestamps]
UDP payload (100 bytes)
Session Traversal Utilities for NAT
[Request In: 6283]
[Time: 0.000321000 seconds]
Message Type: 0x0101 (Binding Success Response)
.... ..1 ...0 = Message Class: 0x10 Success Response (2)
..00 000. 000. 0001 = Message Method: 0x0001 Binding (0x001)
..0. = Message Method Assignment: IETF Review (0x0)
Message Length: 80
Message Cookie: 2112a442
Message Transaction ID: bf5217e7849504587b77d25b
[STUN Network Version: RFC-5380 (8480) (3)]

パケットキャプチャー時の問題



仮想インターフェースの場所 (キャプチャされるのはCLAT変換後の部分)

質問や議論は

懇親会でぜひしましょう！