

# 郵便を用いた超低速IP通信システムの検討

---

上羽 未栞<sup>†a)</sup> 信濃 眞伊<sup>†b)</sup> 佐伯 真紘<sup>†c)</sup> 一式 すみれ<sup>†d)</sup>

2025-11-07

<sup>†</sup> 東京広域電話網, <https://tkytel.github.io/>

a) a.k.a. KusaReMKN, [mkn@kusaremkn.com](mailto:mkn@kusaremkn.com)

b) [me@shinanomai.xyz](mailto:me@shinanomai.xyz)

c) a.k.a. Nejikugi, [me@scrwnl.eu.org](mailto:me@scrwnl.eu.org)

d) a.k.a. yude, [i@yude.jp](mailto:i@yude.jp)

# 今回のおはなし

インターネットを支える技術

鳥類キャリアによる IP 通信

郵便を用いた IP 通信

システムの実装

通信の実験

まとめ・検討事項

# 今回の発表に関係するひとびと



実装



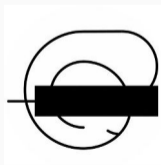
発案



命名



監修



被害者ら

# みかんちゃんについて

---

# 自称・大天才美少女プログラミング初心者

<sup>うわば</sup><sup>みかん</sup>  
「上羽 未栞」あるいは「<sup>く</sup><sup>され</sup><sup>み</sup><sup>かん</sup>KusaReMKN」  
**みかんちゃん**って呼んでね！

17<sub>(18)</sub>歳のJK（超重要）

実はプログラマでもエンジニアでもない  
普段はホラを吹いて生活している  
古い計算機っぽいものが大好き

Twitterで思想を垂れ流すことが得意

<https://kusaremkn.com/> も見てね



# インターネットを支える技術

---

# インターネットなしでは生きられない！

身の周りにある便利なもの

- Twitter や YouTube を支えている Web
- しゃべる洗濯機や冷蔵庫を支えている IoT
- 睡眠時間を奪い心身の健康を蝕む VRChat

全てネットワークを使った通信のおかげ

それなのに……

ネットワークがなぜ繋がるのかあまり考えていない  
ネットワークの通信にタダ乗りしているだけ

# インターネットのしくみ<sup>[1]</sup>



サービスや機能の提供  
HTTP, OSC, DNS, DHCP, ...

エンドツーエンドの接続  
TCP, UDP, QUIC, ...

ネットワークを超えた接続  
IPv4, IPv6, ARP, NDP, ...

物理的で直接的な接続  
Ethernet, Wi-Fi, ...

# 情報を伝える根幹のしくみ



電気や光



電波



音



ハト



リンク層

物理的で直接的な接続  
Ethernet, Wi-Fi, ...

# 鳥類キャリアによる IP 通信

---

# RFC 1149: 1990 年 4 月 1 日発のジョーク RFC

鳥類キャリアを用いた IP 通信の手法が検討されている<sup>[2]</sup>

QoS の提供<sup>[3]</sup> や IPv6 への対応<sup>[4]</sup> など改良・拡張されている

2001 年 ノルウェーで実装実験が行われた

- 6 羽のハトを使って ping パケットを伝送
- 道中、別のハトの群れと一緒に寄り道するなど
- 4 羽がパケットを持って戻ってきた (33% の損失)
- 往復通信時間は 3211 秒から 6389 秒までさまざま

# 鳥類キャリアを用いたIP通信の手順

0. IP データグラムが生成される
1. IP データグラムを小さな細長い紙に 16 進数で印刷する
2. 鳥の脚に紙を巻き付け、テープで止める
3. 鳥を目的の端に飛ばす
4. 飛んできた鳥の脚に巻き付けられた紙切れを剥がす
5. 紙に印刷されているデータグラムを読み取る
6. コンピュータはデータグラムを処理する

# 鳥類キャリアを用いたIP通信の特徴

- 通信の帯域幅は鳥の脚の長さによる（時間経過で変化）
- キャリアは喪失し得る（がIPとしては問題ない）
- MTU は鳥によって可変（典型的には 256 mg）
- 用いる鳥の種類によって QoS を設定できる
- ブロードキャスト・マルチキャストはむづかしい
- IPv4 と IPv6 とを区別するには IP ヘッダを見るしかない
- 位置（地域）によってはキャリアのホップが短い
- 盗聴（覗き見）によるセキュリティ上の懸念がある

# 郵便を用いたIP通信

---

# 郵便を用いたIP通信

キャリアとして鳥類のかわりに郵便を用いる  
→ 鳥類キャリア特有の制約を取り払える



ハト



郵便

# 郵便を用いたIP通信の手順

0. IP データグラムが生成される
1. IP データグラムを便箋などに印刷する
2. 便箋を封筒に入れ、必要な金額の切手を貼る
3. ポストに投函する
4. 家の郵便受けに届いた封筒から便箋を取り出す
5. 便箋に印刷されているデータグラムを読み取る
6. コンピュータはデータグラムを処理する

# 鳥類キャリア vs. 郵便

## パケット喪失率を低減できる

郵便は鳥類よりもリンクの信頼性が高い

## QoS を確実にコントロールできる

速達やレターパックなどさまざまなサービスを選択できる  
特定記録や簡易書留などでパケットの到達を保証できる

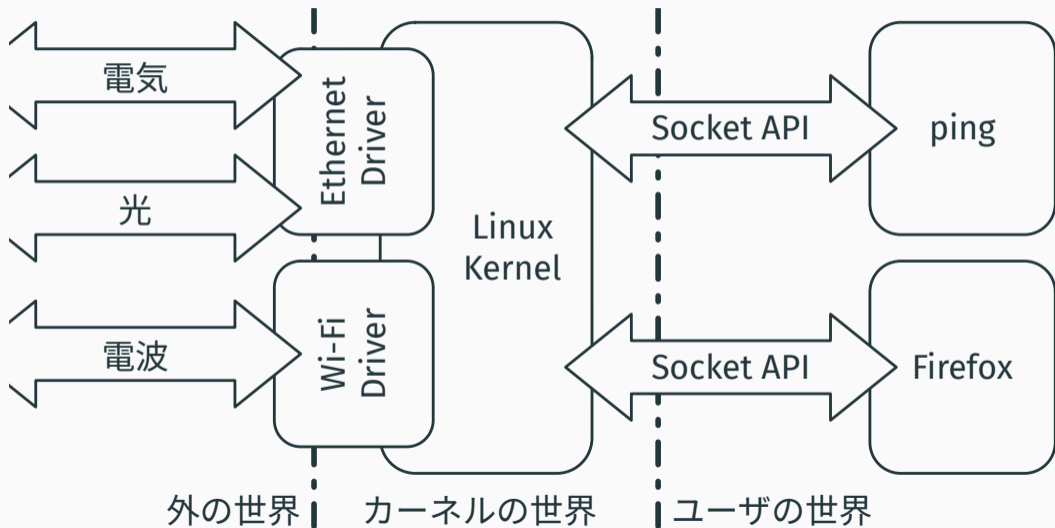
## 通信の大容量化を実現できる

重さによる制限が緩和される (256 mg → 50 g)  
一度に送信可能なデータ量は封筒の大きさで選択できる  
16 進数だけでなく、Base64 や QR コードなどにも対応できる

# システムの実装

---

## 前座: 通常の通信のシステム構成



# ダイヤルアップ通信に思いを馳せる

ダイヤルアップ通信は本質的に PPP

PPP ではシリアルデバイスによってネットワーク接続を実現

シリアルデバイスはユーザの世界に露出している

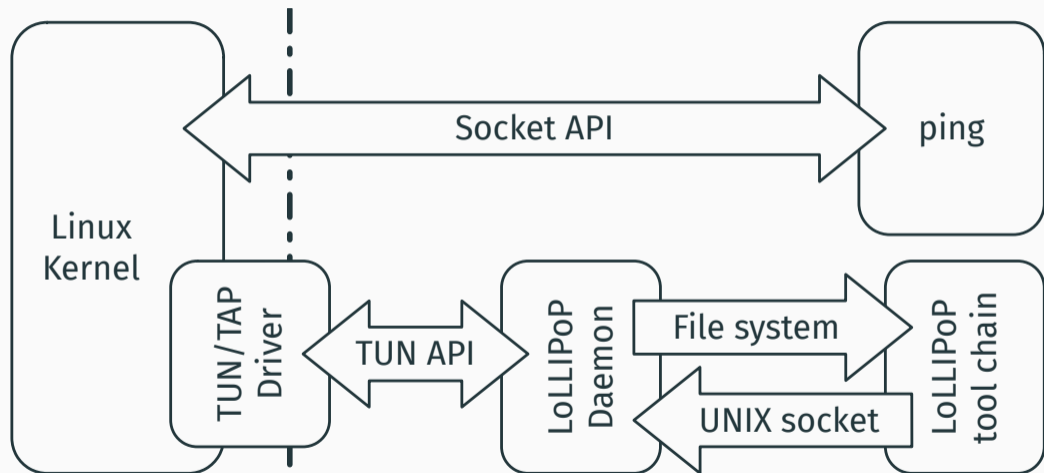
Unix の世界ではシリアルデバイスをファイルと同様に扱える

pppd のマネをすればユーザの世界から通信を吹き込める

pppd は TUN/TAP を用いることで仮想的な NIC を生やす

同様の手法で「普通のプログラム」でも通信を吹き込める

# LoLLIPoP: Lots of Latency Letter IP over Post



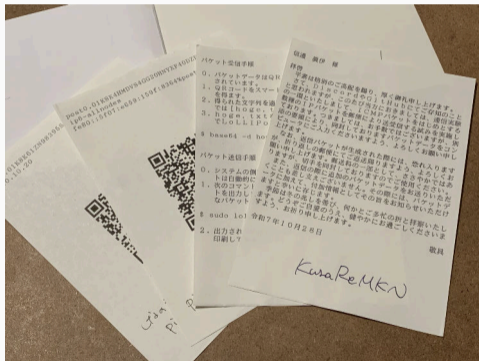
カーネルの世界 | ユーザの世界

# 通信の実験

---

# 10月28日: パケットの生成、送信

各方面への ping パケットを QR コードの形式で印刷、送信



# 10月30日: パケットの着信報告

各方面からパケットの着信報告が寄せられる



yude

346

2025/10/30, 20:15

受け取ったが、lollipopd から何も出力されなかった

ログ

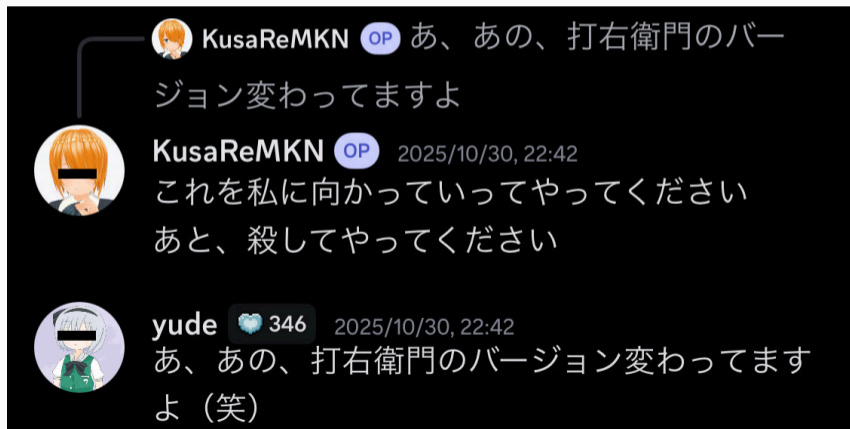
tcpdump

```
$ sudo tcpdump -i post0 -vvv
tcpdump: listening on post0, link-
type RAW (Raw IP), snapshot length
262144 bytes
```

```
20.13.30.143856 unknown ip 2
```

# 通信失敗の原因: パケット形式の不一致

送信側が古いバージョンのプログラムを利用していた  
パケットの先頭に疑似ヘッダのついていないものを送信した



# 10月31日: 速達でパケットを再送信

定型郵便（110 円）に速達（300 円）をつけると送料は 410 円  
→ 翌日以降、続々と着信報告があった

ねじくぎ (0782) 2025/10/31, 1:17  
DROPしました



KusaReMKN OP 2025/10/31, 8:32  
今朝付けでパケットが再送信されているはずで  
すから、同様の要領で再度のご対応をよろしく  
お願いします



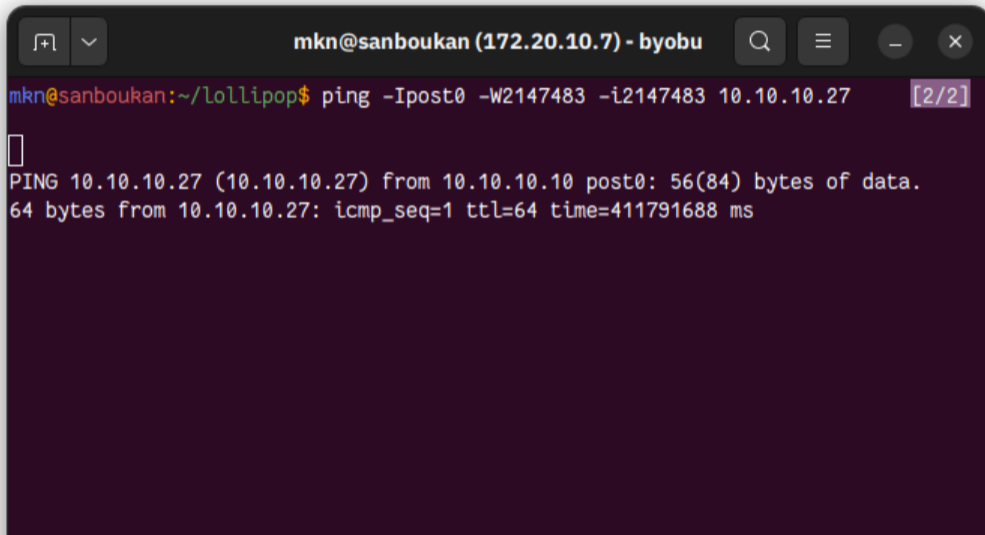
3



## 11月4日: 初めての返信パケットを受信



# ping 実行結果

A terminal window titled "mkn@sanboukan (172.20.10.7) - byobu" with standard window controls. The prompt is "mkn@sanboukan:~/lollipop\$". The command "ping -Ipost0 -W2147483 -i2147483 10.10.10.27" is entered, with "[2/2]" in a purple box at the end. The output shows a successful ping with details: "PING 10.10.10.27 (10.10.10.27) from 10.10.10.10 post0: 56(84) bytes of data. 64 bytes from 10.10.10.27: icmp\_seq=1 ttl=64 time=411791688 ms".

```
mkn@sanboukan (172.20.10.7) - byobu
mkn@sanboukan:~/lollipop$ ping -Ipost0 -W2147483 -i2147483 10.10.10.27 [2/2]
PING 10.10.10.27 (10.10.10.27) from 10.10.10.10 post0: 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.10.10.27: icmp_seq=1 ttl=64 time=411791688 ms
```

time = 411791688 ms

411 791 688 ms

||

**4.7661日**

# 往復通信の実験結果

全 5 件のうち 3 件が往復通信に成功  
残りの 2 件は返信処理中

- 411 791 688 ms (郵便書簡)
- 581 116 715 ms (宅急便)
- 668 453 815 ms (はがき)

平均往復時間: 553 787 406 ms (**6.4095 日**)

# 実際に送信されてきた往復パケット



## まとめ・検討事項

---

# 郵便を用いた超低速 IP 通信システムの検討

鳥類キャリアを用いた IP 通信に着想を得て

郵便を用いた IP 通信システムを検討した

人間によってよりコントロールしやすい通信を実現

Linux 上で動作する実装を試作した

通信実験ではパケットロス率 40% (現時点; 待てば届きそう)

平均往復時間 553 787 406 ms を記録した

# 今後の検討事項

## PING 以外の通信

- TCP の 3 way handshake の実現

- Wake on Letter などのアプリケーション開発

## ブロードキャスト・マルチキャストの問題

- 回覧板（トークンリング）方式による実装

- 定期刊行物（第三種郵便）による実装

## その他のリンクによる通信

- 電子メールによる e-LoLLIPoP の検討（MIME type の策定）

あなたたちも郵便で IP 通信をしない

# tkytel/lollipop

LoLLIPoP: Lots of Latency Letter IP over Post



3

Contributors



2

Issues



3

Stars



0

Forks



おわりです

# 參考資料

- [1] Braden, R.,  
**Requirements for Internet Hosts — Communication Layers,**  
RFC 1122, October 1989.
- [2] Waitzman, D.,  
**Standard for the transmission of IP datagrams on avian carriers,**  
RFC 1149, April 1990.
- [3] Waitzman, D.,  
**IP over Avian Carriers with Quality of Service,**  
RFC 2549, April 1999.
- [4] Carpenter B., Hinden R.,  
**Adaptation of RFC 1149 for IPv6,**  
RFC 6214, April 2011.

# このスライドについて

Written in November 2025.

Permanent ID of this document: 2976cf5d5f923407.

Copyright © 2025 KusaReMKN.

特記無き場合、プログラムやソースコードは MIT License で、  
それ以外のコンテンツは CC-BY 4.0 で利用可能です。  
一部の画像には別のライセンスが適用されるかもしれません。