

郵便を用いた超低速IP通信システムの検討

上羽 未栄^{†a)} 信濃 真伊^{†b)} 佐伯 真紘^{†c)} 一式 すみれ^{†d)}

2025-11-07

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

a) a.k.a. KusaReMKN, mkn@kusaremkn.com

b) me@shinanomai.xyz

c) a.k.a. Nejikugi, me@scrwnl.eu.org

d) a.k.a. yude, 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



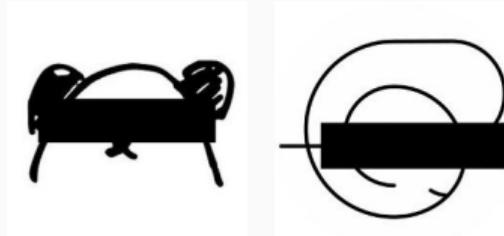
発案



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

うわばみかん
「上羽 未栞」あるいは「KusaReMKN」
みかんちゃんって呼んでね！

17₍₁₈₎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^[1]



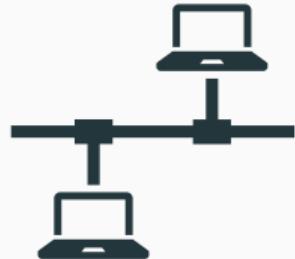
サービスや機能の提供
HTTP, OSC, DNS, DHCP, ...

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



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^[2]

QoS の提供^[3] や IPv6 への対応^[4] 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つかしい
- ・ 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扱える



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

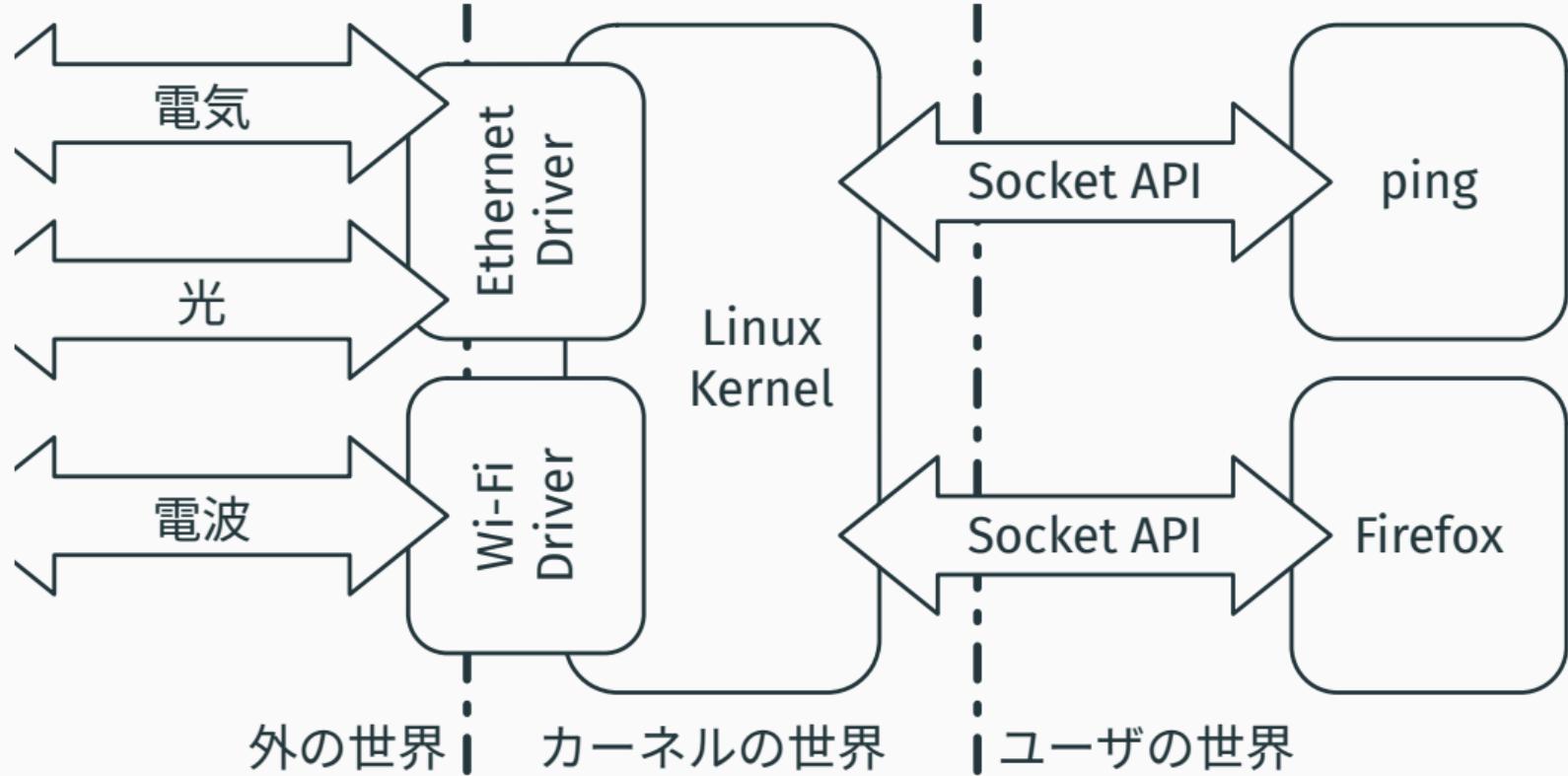
重さによる制限が緩和される ($256\text{ mg} \rightarrow 50\text{ g}$)

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

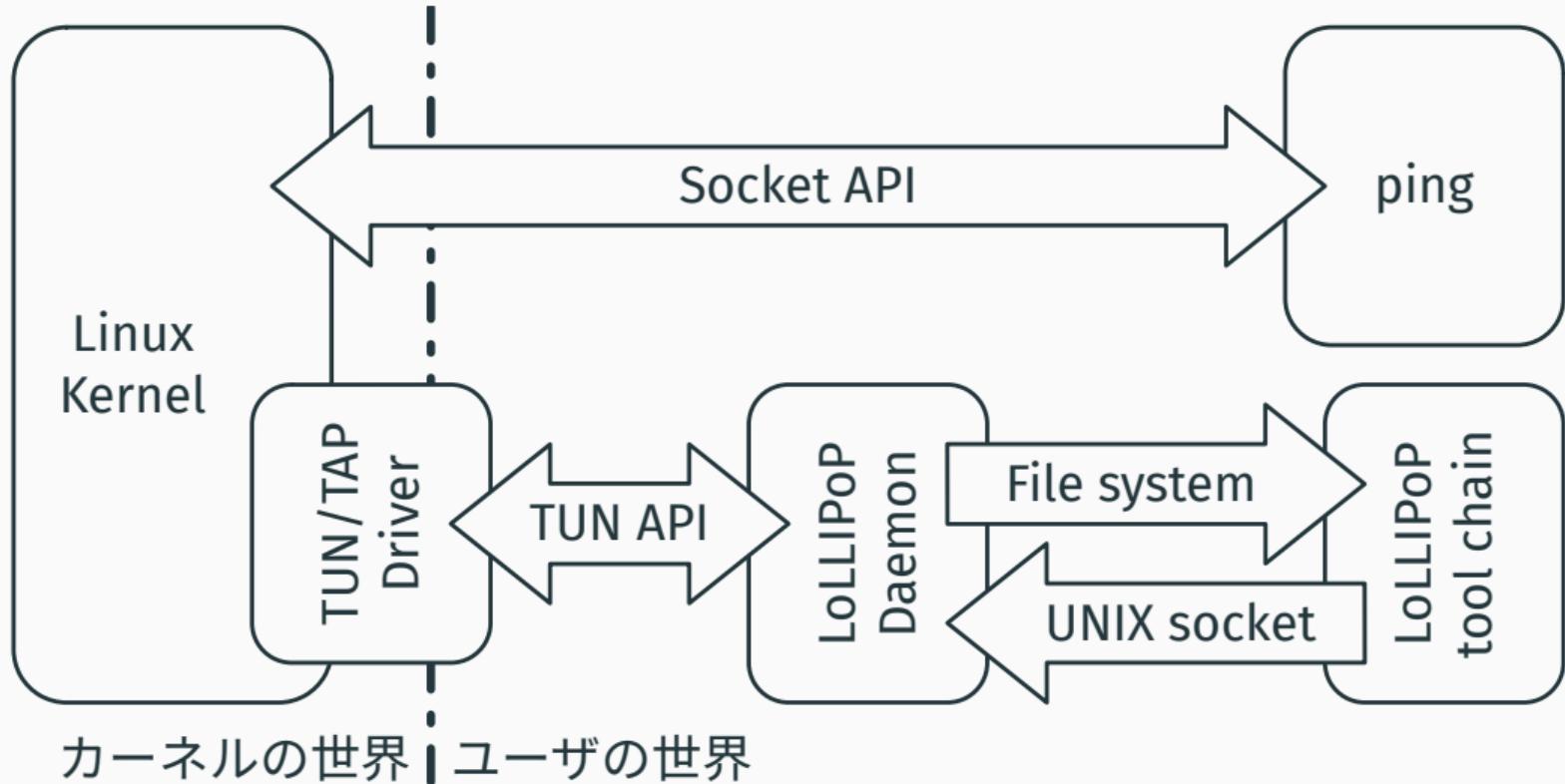
Unixの世界ではシリアルデバイスをファイルと同様に扱える

pppd のマネをすればユーザの世界から通信を吹き込む

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」でも通信を吹き込む

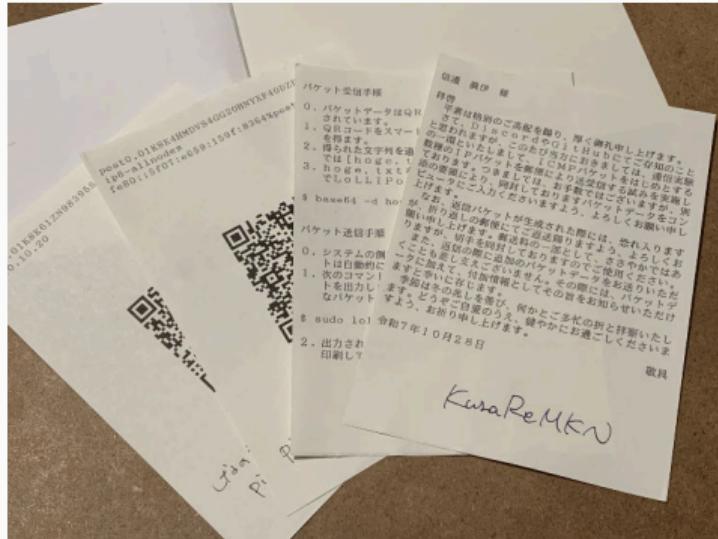
LoLLIPoP: Lots of Latency Letter IP over Post



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
20:13:39.143856 unknown_ip[3]
```

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

KusaReMKN (OP) あ、あの、打右衛門のバージョン変わってますよ

KusaReMKN (OP) 2025/10/30, 22:42
これを私に向かっていってやってください
あと、殺してやってください

yude 346 2025/10/30, 22:42
あ、あの、打右衛門のバージョン変わってます
よ (笑)

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

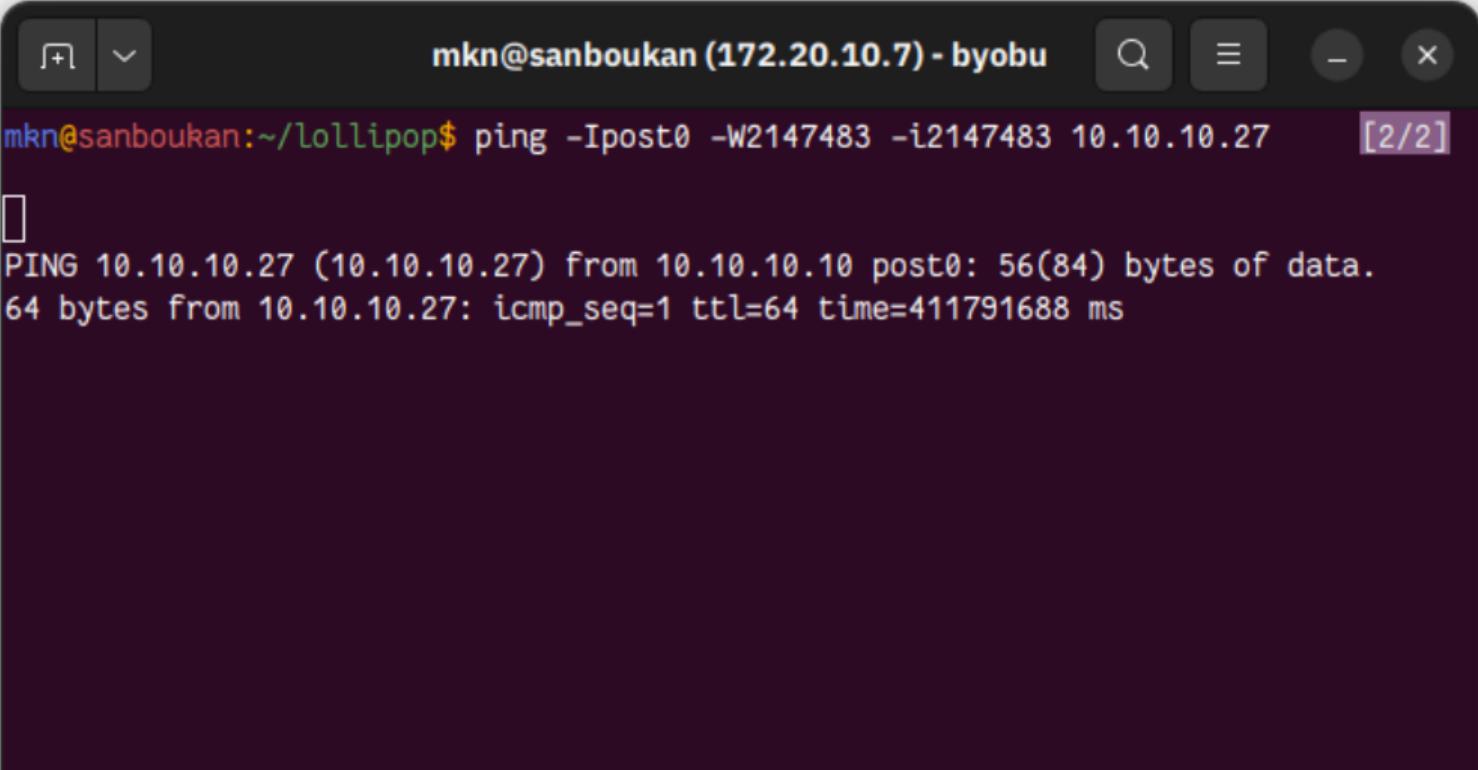
KusaReMKN OP 2025/10/31, 8:32
今朝付けてパケットが再送信されているはずで
すから、同様の要領で再度のご対応をよろしく
お願いします

3

11月4日: 初めての返信パケットを受信



ping 実行結果



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通信をしなさい

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。