

Ethernetインターフェイス でケーブルテスト

ENOG79 2023.8.25

創風システム 外山 文規

自己紹介

- 名前
外山 文規 (とやま ふみのり)
- 所属
株式会社 創風システム ITインフラ部
- おしごと
ISP事業などで使用するLinuxサーバーの構築運用
ごくたまにISP事業や企業向けのNW機器設定
- 趣味
バイク、登山、日本酒、温泉、ゴルフ(new)



(最近Linux)\$ ethtool --help ↴

```
(toyama@node1)$ ethtool -help
```

```
<snip>
```

```
ethtool [ FLAGS ] --cable-test DEVNAME Perform a cable test
```

```
ethtool [ FLAGS ] --cable-test-tdr DEVNAME Print cable test time domain  
reflectrometry data
```

```
    [ first N ]
```

```
    [ last N ]
```

```
    [ step N ]
```

```
    [ pair N ]
```

```
<snip>
```

今日の話

Ethernetカードやネットワークスイッチでケーブルテストできること最近知ったのでそれについてのお話です。

※ LANケーブルのケーブルテストの話です

Ethernetでケーブルテストの利点と欠点

- 利点

- 挿抜なしでケーブルテストができる
- リモートで実行できる

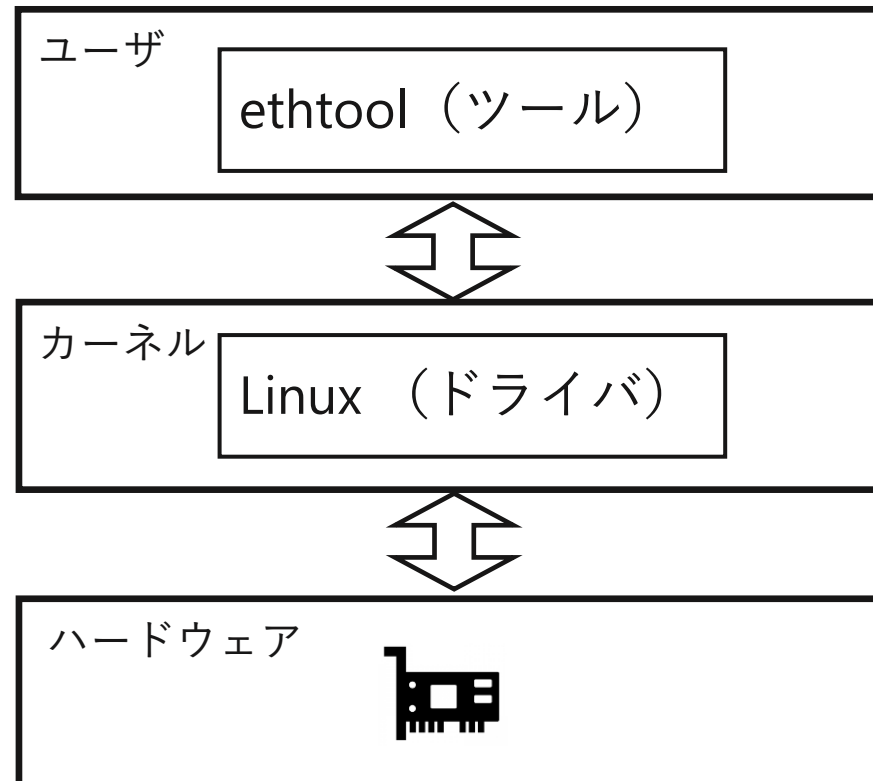
- 欠点

- **測定中は通信が数秒間途切れる（本番運用中のIFで実行ダメ絶対）**
- PoE給電している場合は接続機器の電源が落ちるかも

※簡易的な診断機能なので、精密な診断・計測は期待しない

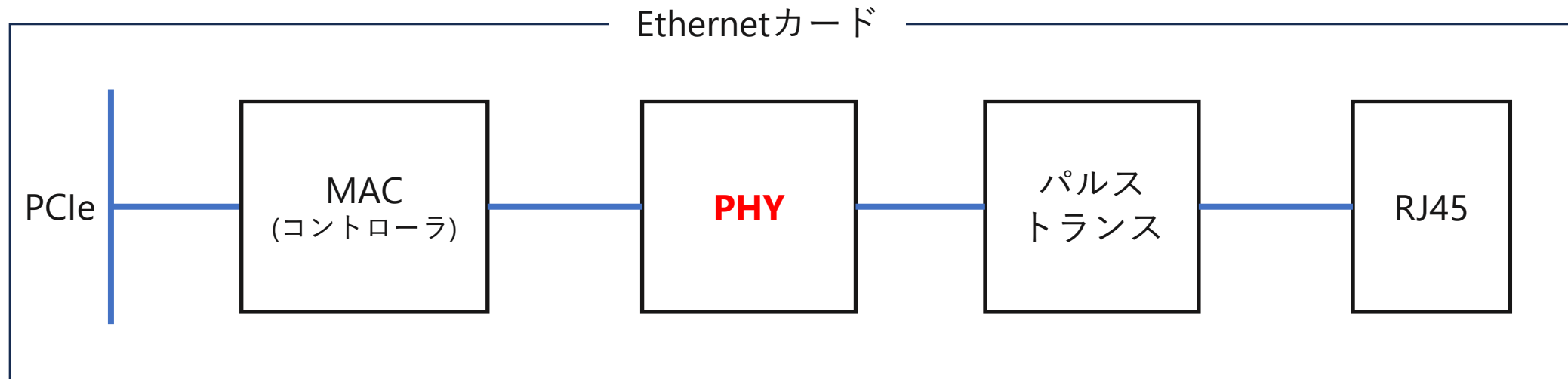
Ethernetカードでのケーブルテストの実装

- ケーブルテストの機能はハードウェア実装されている
- ツールがEthernetカードに指示を出して結果をもらう



Ethernetカード側の実装

- ケーブルテストの機能はPHYに実装されている
- 実装自体はかなり前からある



参考 Intel i350 Datasheet

3.7.8.6 Advanced Diagnostics

The I350 Integrated PHY incorporates hardware support for advanced diagnostics.

The hardware support enables output of internal PHY data to host memory for post processing by the software device driver.

The current diagnostics supported are:

3.7.8.6.1 TDR - Time Domain Reflectometry

By sending a pulse onto the twisted pair and observing the returned signal, the following can be deduced:

1. Is there a short?
2. Is there an open?
3. Is there an impedance mismatch?
4. What is the length to any of these faults?

<https://www.intel.com/content/www/us/en/content-details/333171/intel-ethernet-controller-i350-datasheet.html>

参考 Intel i350 Datasheet

8.26.3.26 Diagnostics Status Register (Linking Disabled) - PHDSTAT (31d; RO)

)

Field	Bit(s)	Description	Mode	Default
Pair Indication ¹	1:0	00b = Results are for pair A. 01b = Results are for pair B. 10b = Results are for pair C. 11b = Results are for pair D.	RO	00b
Distance to Fault ^{2,3}	9:2	Distance to first open, short, or SIM fault on pair X.	RO	0x0
Short Between Pairs X and A ⁴	10	1b = Short between pairs X and A. 0b = No short between pairs X and A.	RO	0b
Short Between Pairs X and B ⁴	11	1b = Short between pairs X and B. 0b = No short between pairs X and B.	RO	0b
Short Between Pairs X and C ⁴	12	1b = Short between pairs X and C. 0b = No short between pairs X and C.	RO	0b
Short Between Pairs X and D ⁴	13	1b = Short between pairs X and D. 0b = No short between pairs X and D.	RO	0b
TDR Fault Type Pair X ^{5,6,7}	15:14	11b = Result invalid. 10b = Open or short found on pair X. 01b = Strong impedance mismatch found on pair X. 00b = Good termination found on pair X.	RO	11b

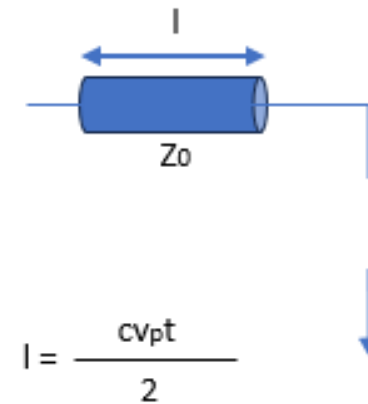
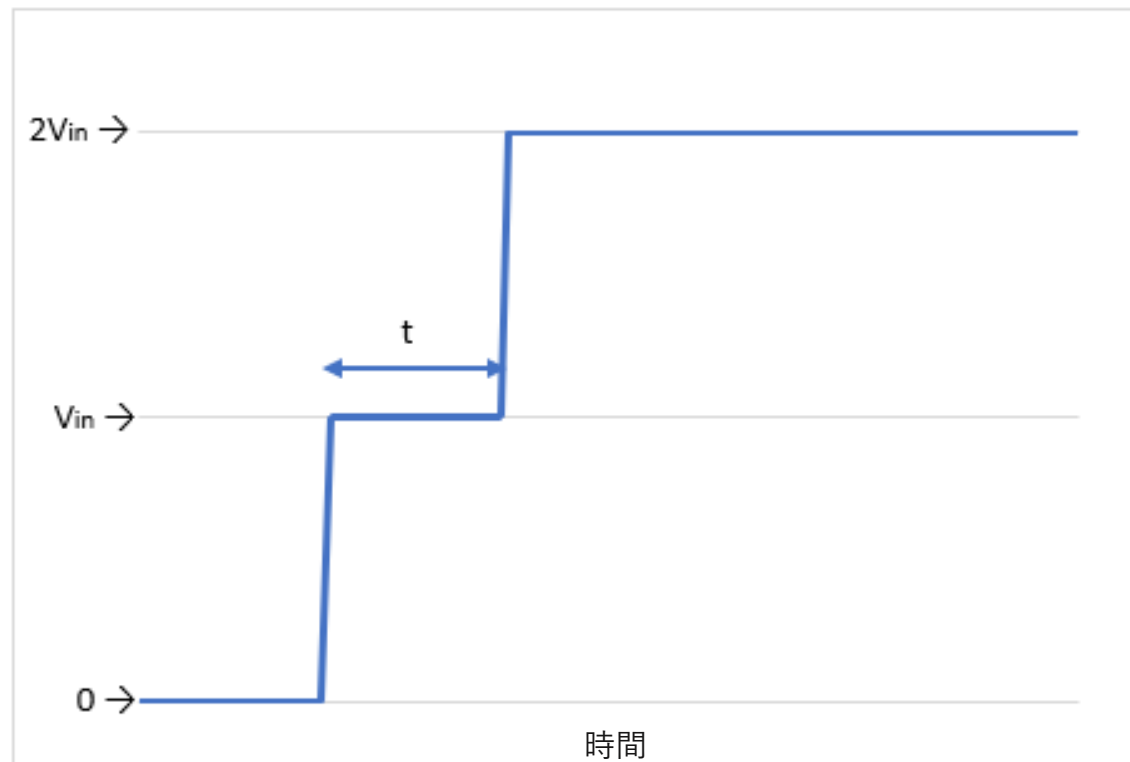
Time Domain Reflectometry(TDR)

- 電気信号をケーブルに照射してその反射するまでの時間を測定することで、断線や接触不良などの障害箇所を特定する手法
- 銅ケーブルで電気信号を用いて反射を見て試験=TDR
- 光ファイバーで光信号を用いて反射を見て試験=OTDR

EthernetのTDRで得られる情報

- LANケーブルの断線、ショート、インピーダンスミスマッチ
- LANケーブルの配線4組のうちどれに問題があるか
- 障害点までの距離（メートル単位で誤差あり）

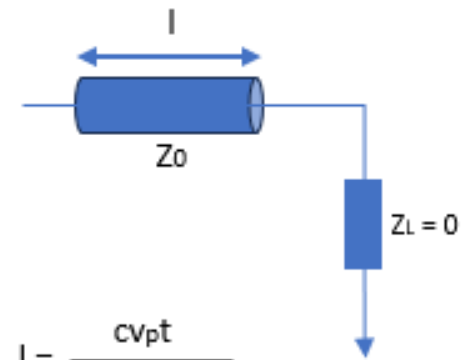
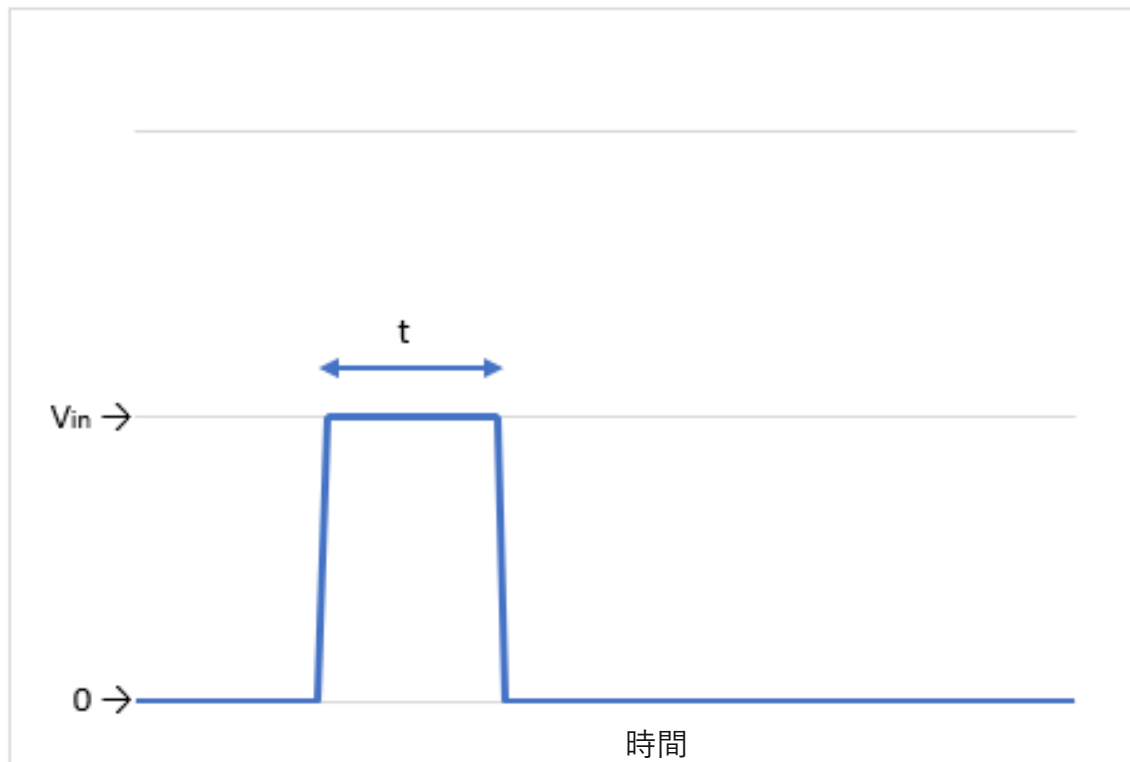
オープン（断線）の時の反射



$$I = \frac{cV_p t}{2}$$

- l = ケーブル長
- c = 電波の速さ
- V_p = 波長短縮率
- t = 往復時間
- Z_0 = ケーブルインピーダンス

ショートの際の反射



$$l = \frac{cvpt}{2}$$

l = ケーブル長

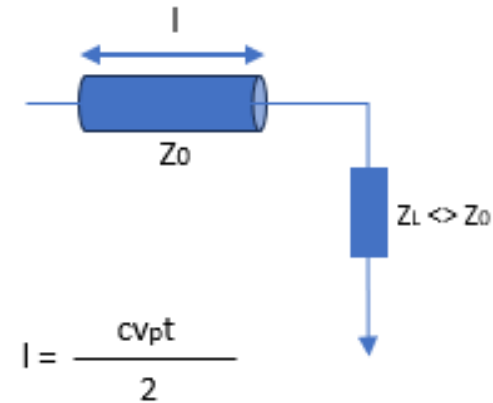
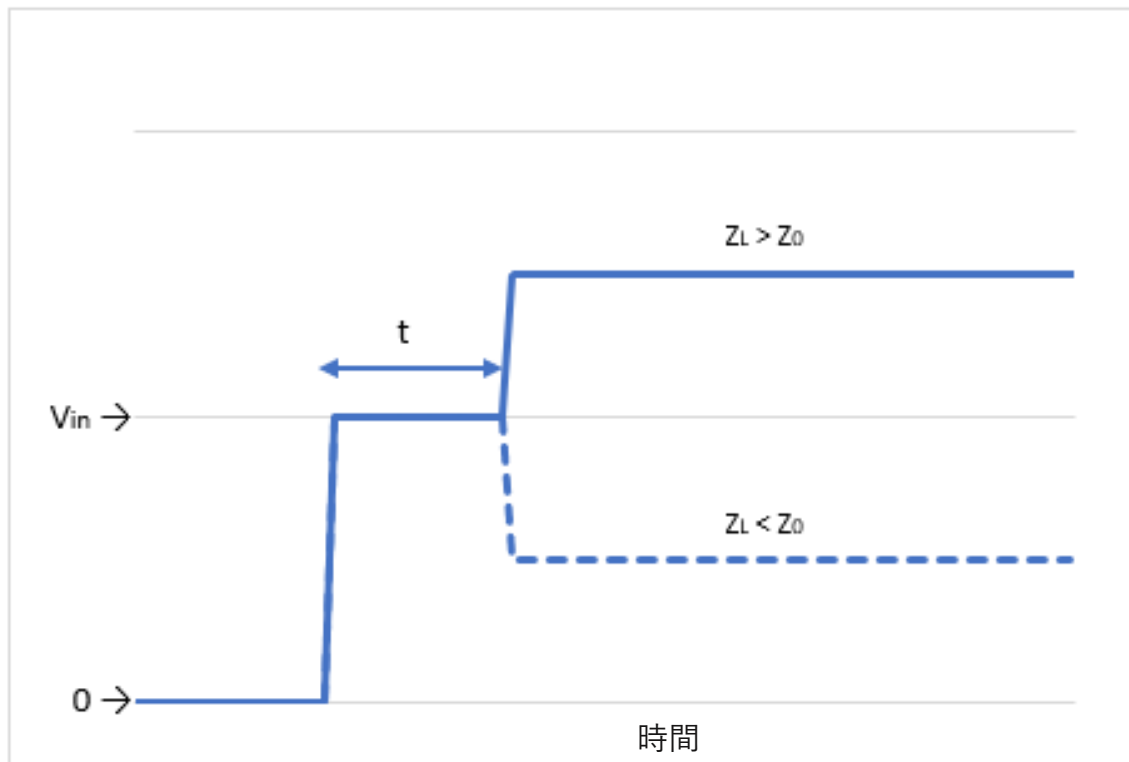
c = 電波の速さ

V_p = 波長短縮率

t = 往復時間

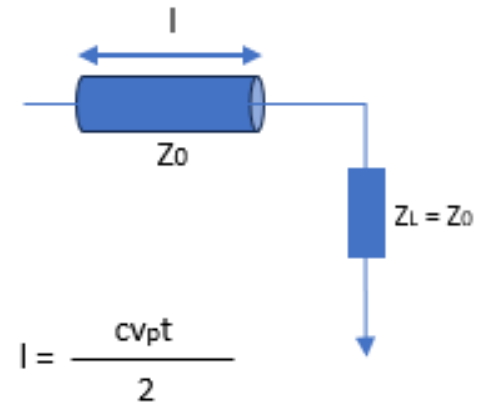
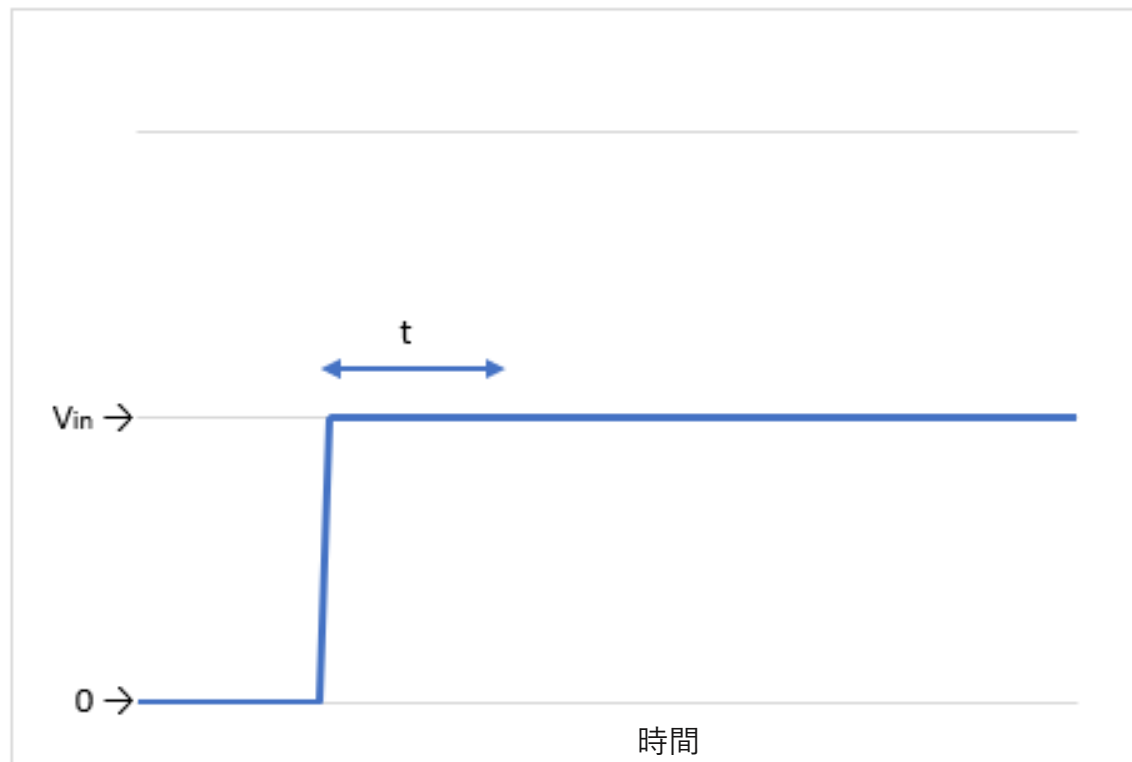
Z_0 = ケーブルインピーダンス

インピーダンスミスマッチの時の反射



- l = ケーブル長
- c = 電波の速さ
- Vp = 波長短縮率
- t = 往復時間
- Z_0 = ケーブルインピーダンス

正常な時の電気信号の反射



$$l = \frac{cvpt}{2}$$

l = ケーブル長

c = 電波の速さ

v_p = 波長短縮率

t = 往復時間

Z_0 = ケーブルインピーダンス

Linuxでケーブルテストを行うには

- ケーブルテスト実行ツール

👉 ethtool 5.8以上

- ケーブルテストのレジスタを叩けるドライバ(+OS)

👉 Kernel 5.8以上

- ケーブルテストが実装されているEthernetカード(PHY)

👉 上記のサポートがあるEthernetカード

???

対応しているPHY (Linux v6.4 調べ)

- ADI ADIN1200 / ADIN1300
- Qualcomm Atheros AR8035 / AR8031 / AR8033 / AR8032
- Qualcomm Atheros AR9331 built-in PHY / QCA9561 built-in PHY
- Broadcom BCM54140
- Marvell 88E1510 / 88E1540 / 88E1545
- Marvell 88E6341 Family / 88E6390 Family / 88E6393 Family
- Micrel KSZ8081 / KSZ8091
- Micrel KSZ9031 Gigabit PHY / INDY Gigabit Quad PHY / LAN8841 Gigabit PHY
- Microchip KSZ9131 Gigabit PHY / KSZ8851 Ethernet MAC or KSZ886X Switch / LAN87xx T1 / LAN937x T1
- NXP C45 TJA1103 / TJA1102

サポートしているPHY (Linux v6.4 調べ)

- ADI ADIN1200 / ADIN1300
 - Qualcomm Atheros AR8035 / AR8031 / AR8033 / AR8032
 - Qualcomm Atheros AR9331 built-in PHY / QCA9561 built-in PHY
 - Broadcom BCM54140
 - Marvell
 - Marvell
 - Micrel
- 産業用PHY、アプライアンス系(NAS、無線AP)で使用されるPHYが多い
- Micrel KSZ9031 Gigabit PHY / INDY Gigabit Quad PHY / LAN8841 Gigabit PHY
 - Microchip KSZ9131 Gigabit PHY / KSZ8851 Ethernet MAC or KSZ886X Switch / LAN87xx T1 / LAN937x T1
 - NXP C45 TJA1103 / TJA1102

一応動かしてみる

- LinkStation LS410D(PHY Marvell 88E1518)
- Debian Bookwormをインストール
- Bookworm -> Kernel6.1 / ethtool6.1

ethtool --cable-testを実行

- ケーブル正常時

```
(debian)# ethtool --cable-test eth0  
Cable test started for device eth0.  
Cable test completed for device eth0.  
Pair A code OK  
Pair B code OK  
Pair C code OK  
Pair D code OK
```

ethtool --cable-testを実行

- ケーブル未接続

```
(debian)# ethtool --cable-test eth0
Cable test started for device eth0.
Cable test completed for device eth0.
Pair A code Open Circuit
Pair B code Open Circuit
Pair C code Open Circuit
Pair D code Open Circuit
Pair A, fault length: 0.80m
Pair B, fault length: 0.80m
Pair C, fault length: 0.80m
Pair D, fault length: 0.80m
```

ethtool --cable-testを実行

- ケーブルショート

```
(debian)# ethtool --cable-test eth0
Cable test started for device eth0.
Cable test completed for device eth0.
Pair A code OK
Pair B code OK
Pair C code Short within Pair
Pair D code Short within Pair
Pair C, fault length: 1.60m
Pair D, fault length: 2.40m
```

ethtool --cable-test-tdrを実行

- 結果が返ってこない...

```
(debian)# ethtool --cable-test-tdr eth0  
Cable test TDR started for device eth0.  
Cable test TDR completed for device eth0.  
TDR Pulse 1000mV  
Step configuration: 0.80-149.73 meters in 0.80m steps  
※ 本来であればこの後にTDRのRAWデータとして各Pairに対する  
振幅(mV)出力がされるはず
```

Windowsでケーブルテストを行うには

- ケーブルテスト実行ツール
 - ☞ Intel PROSet Adapter Configuration Utility(Win10まで)
 - ☞ Realtek Ethernet Diagnostic Utility
- ケーブルテストのレジスタを叩けるドライバ(+OS)
 - ☞ メーカー提供 or Windows提供
- ケーブルテストが実装されているEthernetカード(PHY)
 - ☞ 上記のサポートのあるEthernetカード
確認した範囲ではIntel I21x、Realtek RTL8111など

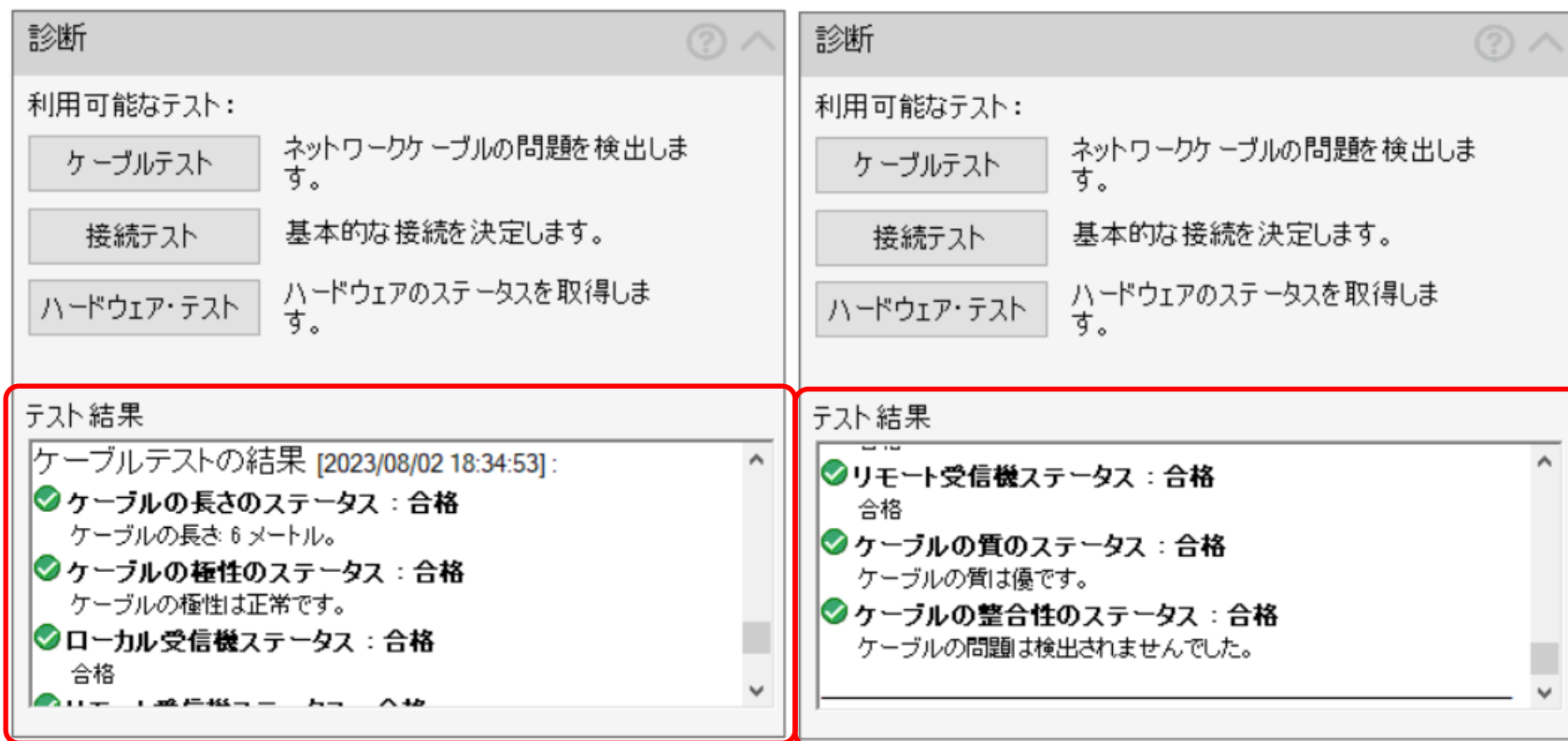
Intel PROSet Adapter Configuration Utility

The screenshot displays the Intel PROSet Adapter Configuration Utility window for an Intel(R) Ethernet Connection (4) I219-V. The interface is divided into several sections:

- アダプター情報 (Adapter Information):** A table showing details such as ETrackID (0x00000000), Driver Version (12.18.8.4), Driver Name (e1dexpress), and Port (PCI Express).
- アダプターの設定 (Adapter Settings):** A list of settings with a dropdown menu for 'IPv4 チェックサムのオフロード' (IPv4 Checksum Offload) currently set to '受信/送信 有効' (Receive/Transmit Enabled).
- 診断 (Diagnosis):** A section with '利用可能なテスト' (Available Tests) including 'ケーブルテスト' (Cable Test), '接続テスト' (Connectivity Test), and 'ハードウェア・テスト' (Hardware Test). The 'ケーブルテスト' option is highlighted with a red box. Below it, the 'テスト結果' (Test Results) section shows 'テストは実行されていません。' (Test is not executed).

At the bottom, there are buttons for '変更の適用' (Apply Changes), '変更の破棄' (Discard Changes), and 'アダプターの識別' (Identify Adapter). A footer bar shows the version 'バージョン: 28.0.0.2' and a link to the 'ユーザーガイド' (User Guide).

Intel PROSet Adapter Configuration Utility



RealTek Ethernet Diagnostic Utility

- こんな

Realtek - Ethernet Diagnostic Utility

Realtek PCIe GBE F
Realtek Virtual
Realtek Virtual

全般
VLAN
統計
ケーブル
クリーンイーサネット
EEE Status
About

ケーブル

* ケーブルステータスの説明:
通常 - ケーブルは接続されています。
オープン - ケーブルは切断されています。
ショート - ケーブルはショートしています。

Link Speed: 1000

ペア	長さ (m)	ステータス
1-2	0	通常
3-6	0	通常
4-5	0	通常
7-8	0	通常

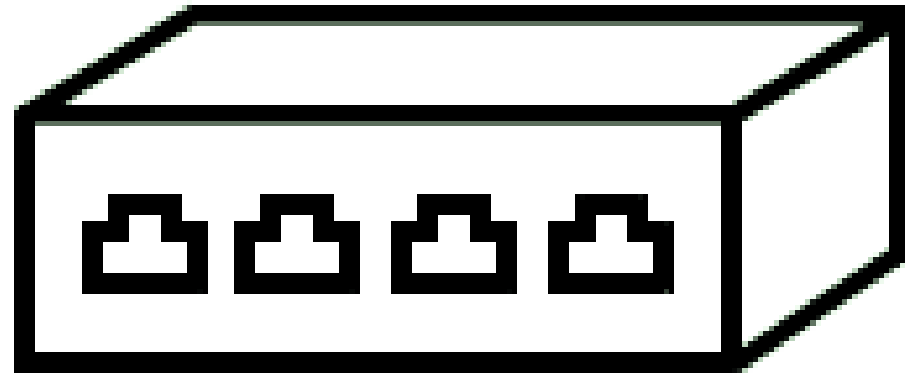
更新

ケーブルテストが実装されているNW機器

- 各メーカーのL2/L3SW、無線APあたりで実装されている
Cisco, Juniper, YAMAHA, Aruba, Ruckus etc...
- コマンドにtdrという文字が含まれていることがあるので、
TDRで測定をしていると思われる

Ciscoの場合

- サンプル
 - WS-C2960CG-8TC-L
 - IOS 15.2(2)E



測定コマンド

- # test cable-diagnostics tdr interface インタフェース名

```
Switch#test cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1
```

```
Link state may be affected during TDR test
```

```
TDR test started on interface Gi0/1
```

```
A TDR test can take a few seconds to run on an interface
```

```
Use 'show cable-diagnostics tdr' to read the TDR results.
```

※interface が shutdown している場合は実行できません

測定結果表示コマンド

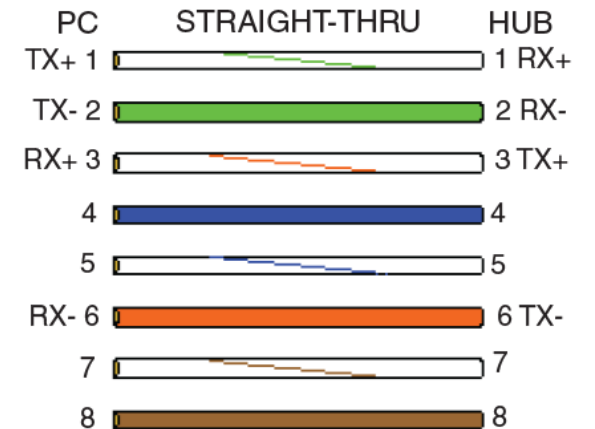
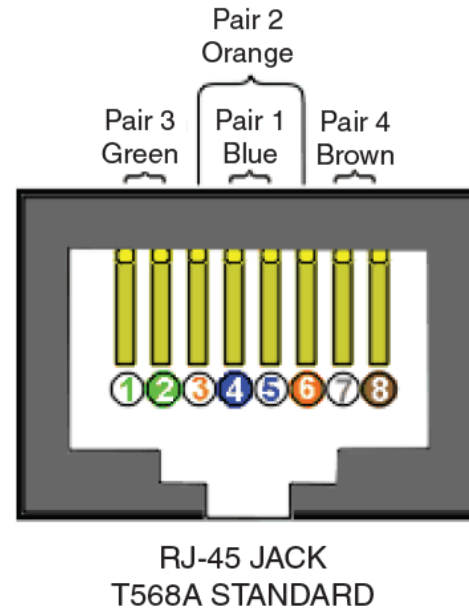
- # show cable-diagnostics tdr interface インタフェース名

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Gi0/1	1000M	Pair A	0 +/- 10 meters	Pair B	Normal
		Pair B	0 +/- 10 meters	Pair A	Normal
		Pair C	0 +/- 10 meters	Pair D	Normal
		Pair D	0 +/- 10 meters	Pair C	Normal

Pair A – Dが示す配線

- Pair A -> Pair 3 (白緑/緑)
- Pair B -> Pair 2 (白橙/橙)
- Pair C -> Pair 1 (白青/青)
- Pair D -> Pair 4 (白茶/茶)



いくつかのケースを試してみる

- WS-C2960CG-8TC-Lでケーブルテストを実施
 - 正常なケーブル
 - ケーブル断またはケーブル抜け
 - 一部損傷したケーブル
 - 接続先が100M HUB

サンプル: 正常な時

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Gi0/1	1000M	Pair A	0 +/- 10 meters	Pair B	Normal
		Pair B	0 +/- 10 meters	Pair A	Normal
		Pair C	0 +/- 10 meters	Pair D	Normal
		Pair D	0 +/- 10 meters	Pair C	Normal

サンプル: LANケーブルが未接続

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface GigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
Gi0/1	auto	Pair A	0 +/- 10 meters	N/A	Open
		Pair B	0 +/- 10 meters	N/A	Open
		Pair C	0 +/- 10 meters	N/A	Open
		Pair D	0 +/- 10 meters	N/A	Open

サンプル: LANケーブルの対向が未接続

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface GigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
Gi0/1	auto	Pair A	2 +/- 10 meters	N/A	Open
		Pair B	2 +/- 10 meters	N/A	Open
		Pair C	1 +/- 10 meters	N/A	Open
		Pair D	2 +/- 10 meters	N/A	Open

サンプル: 8極4芯のLANケーブル

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Gi0/1	100M	Pair A	N/A	Pair B	Normal
		Pair B	N/A	Pair A	Normal
		Pair C	N/A	Pair D	Normal
		Pair D	N/A	Pair C	Normal

別の機種では C,DはOpenとなるらしい、機種やIOSによって違う？

サンプル: 8極4芯のLANケーブル

- Gi0/1 を speed 1000にして再実行

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
Gi0/1	1000M	Pair A	N/A	N/A	Normal
		Pair B	N/A	N/A	Normal
		Pair C	0 +/- 10 meters	N/A	Open
		Pair D	0 +/- 10 meters	N/A	Open

サンプル: PairC,Dに問題のあるケーブル

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Gi0/1	100M	Pair A	N/A	Pair B	Normal
		Pair B	N/A	Pair A	Normal
		Pair C	N/A	Pair D	Normal
		Pair D	N/A	Pair C	Normal

参考サイトによるとC,DはOpenやShortとなるらしい、機種やIOSによって違う？

サンプル: PairC,Dに問題のあるケーブル

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Gi0/1	1000M	Pair A	N/A	N/A	Normal
		Pair B	N/A	N/A	Normal
		Pair C	3 +/- 10 meters	N/A	Short
		Pair D	2 +/- 10 meters	N/A	Open

サンプル: 対向が100M HUB

- 正常なCat5eケーブル + 100M HUB

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
Gi0/1	100M	Pair A	N/A	Pair A	Normal
		Pair B	N/A	Pair B	Normal
		Pair C	N/A	Pair C	Normal
		Pair D	N/A	Pair D	Normal

サンプル: 対向が100M HUB

- Gi0/1 を speed 1000にして再実行

```
Switch#show cable-diagnostics tdr interface gigabitEthernet 0/1  
TDR test last run on: April 01 23:59:59
```

Interface	Speed	Local pair	Pair length	Remote pair	Pair status
Gi0/1	1000M	Pair A	N/A	N/A	Normal
		Pair B	N/A	N/A	Normal
		Pair C	1 +/- 10 meters	N/A	Short
		Pair D	2 +/- 10 meters	N/A	Short

まとめ

- PHYから先の障害切り分けの役には立ちそうではありますが、診断結果は、物理的な機器構成など前提情報がないと分析が難しい場合があると感じました。
- 通信断を起こすコマンドなので、本番運用中の環境では今このタイミングで実行してもよいかを慎重に検討してから実行しましょう。