

次世代EV充電規格における通信方式(イーサネット)と その評価の概要について

中元 敦彦

2021.03.19

キーサイト・テクノロジーインターナショナル合同会社



キーサイト・テクノロジーの紹介



**1939–1998:
Hewlett-Packard**



**1999–2013:
Agilent**



**2014–2021:
Keysight**

REVENUE IN FY19 **\$4.3 billion**
(~63% from outside U.S)

EMPLOYEES ~13,600

PRESIDENT and CEO **Ron Nersesian**

GLOBAL HEADQUARTERS **Santa Rosa, California**

CUSTOMER LOCATIONS **100+ countries**

MANUFACTURING AND R&D LOCATIONS **U.S., Europe, Asia Pacific**

NYSE KEYS S&P500

Accelerating Automotive Innovation

Enabling a Complete Automotive and Energy Ecosystem



Electronics

- ECU Test
- In-Circuit Test & Function Test
- Manufacturing Digital Transformation



E-Mobility

- Batteries
- EV & HEV
- Clean Energy



Connectivity

- TCU & eCall
- C-V2X & DSRC
- 5G NR
- ITS Stack test



Autonomy

- Radar, Lidar, Camera
- Sensor Fusion
- EDGE computing



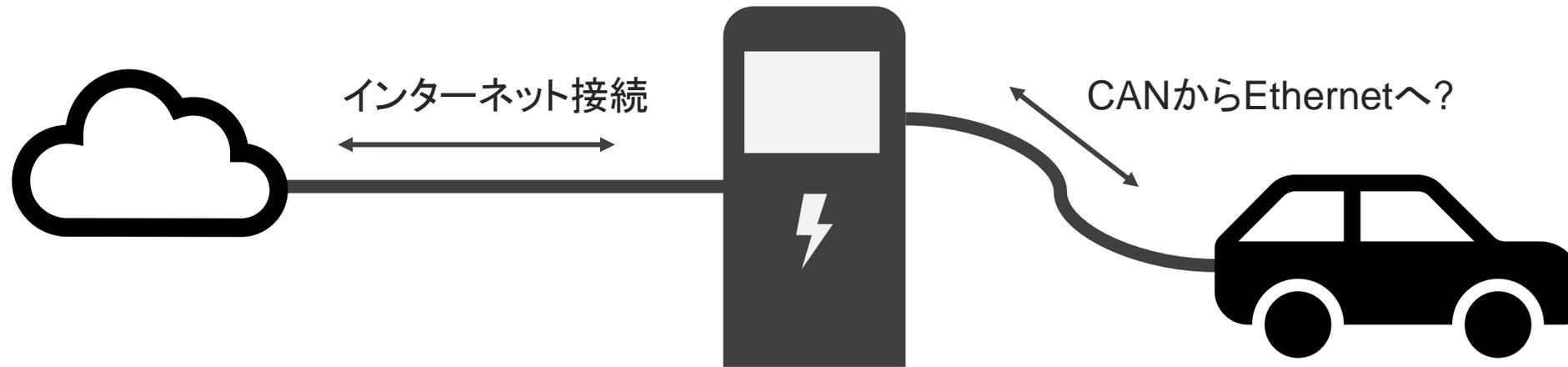
LEADER IN AUTOMOTIVE & ENERGY

Customer Centers

in Detroit, Shanghai, Nagoya/Tokyo, and Stuttgart

Over **100 Solutions** launched over past 3 years

はじめに



1. CHAdeMO, GB/T → ChaoJI 1/2 → Unified ChaoJI というロードマップの中で、将来の Communication Protocolの物理層に、Ethernetが候補
2. 車載Ethernetは、CANを一部置換える形で既に車両への搭載が開始
3. CANとは違った評価・デバッグが必要となるため、その評価・デバッグに必要なアイデアの紹介

イーサネット



802.3b(100Base-TX)

車載イーサネット

- ADASのデータ転送速度と帯域幅の実現
- 車載EMC(電磁両立性)と環境条件
- 重量
- コスト
- 供給能力 (マルチベンダー)



OPEN Allianceが「BroadR-Reach」という車載イーサネットプロトコルを発表

BroadR-Reach
OABR



- 802.3bw, 100BASE-T1, 1TPCE** (1 twisted pair century ethernet)
- 802.3bp, 1000BASE-T1, RTPGE** (reduced twisted pair gigabit ethernet)
- 802.3bv, 1000BASE-RH, GEPOF (gigabit ethernet over plastic optical fiber)
- 802.3cg, 10BASE-T1S**
- 802.3ch, Multi-Gig automotive ethernet (2.5G, 5G, 10G)**
- 802.3cy, Greater than 10 Gb/s Electrical Automotive Ethernet(25G,50G,100G)

IEEEはBroadR-Reachをもとに100Base-T1の車載イーサネット規格を発表しました。IEEEはその後、1Gbps対応の1000BASE-T1を策定

車載ネットワーク

CANと他のネットワークの比較

車載ネット	速度	標準化	ケーブル	通信距離	暗号化 (セキュリティ)	トポロジー	主な用途 (現時点での)
CAN	1 Mbps	ISO 11898	UTP	40 m	厳しい	バス型	ECU通信全般
CAN-FD	8 Mbps	ISO 11898	UTP	40 m (?)	あり?	バス型	
FlexRay	20 Mbps	FlexRay コンソーシアム	UTP	24 m	あり?	バス型、スター型	PowerTrain, Chassisなどの制御
MOST	150 Mbps	MOST社 (OPEN)	光	1280 m	あり?	リング型、スター型	インフォテインメント系
Ethernet	1000 Mbps (規格による)	IEEE 802.3	UTP	15 m (リンク毎)	あり	スター型、ツリー型	インフォテインメント、ADAS

車載イーサネット vs 民生イーサネット

Ethernet種類	用途	速度	規格	ケーブル	コネクタ	通信距離
10BASE-T	民生	10 Mbps	IEEE 802.3i	UTP Cat 3 (2対4線)	RJ45	100 m
100BASE-T	民生	100 Mbps	IEEE 802.3.u	UTP Cat 5 (2対4線)	RJ45	100 m
1000BASE-T	民生	1000 Mbps	IEEE 802.3ab	UTP Cat 6 (4対8線)	RJ45	100 m
10GBASE-T	民生	10 Gbps	IEEE 802.3an	UTP Cat6a/7	(RJ45?)	100 m
10BASE-T1S	車載	10 Mbps	IEEE 802.3cg	UTP/STP (1対2線)	指定なし	15 m (リンク毎)
100BASE-T1, 1TPCE	車載	100 Mbps	IEEE 802.3bw	UTP/STP (1対2線)	指定なし	15 m
1000BASE-T1, RTPGE	車載	1000 Mbps	IEEE 802.3bp	UTP/STP (1対2線)	指定なし	15 m
Multi-Gig automotive ethernet	車載	2.5 G, 5 G, 10 Gbps	IEEE 802.3ch	策定中		

互換性: 下位互換性はなし(要求試験内容に違いがある)、ただし、通信デバイス(PHY)が複数規格対応しているものがある

車載 vs. イーサネット どちらを選ぶか？

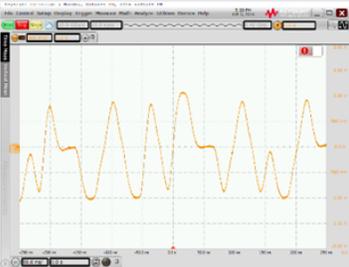
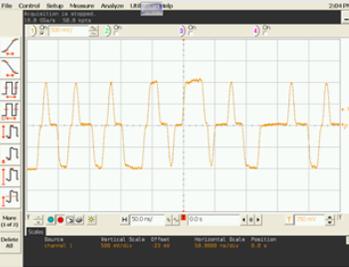
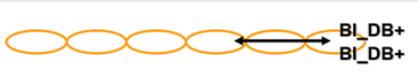
□ 車載 vs. 民生

比較項目	民生	車載	補足
重量 (& コスト)	4線または8線	2線	車載向けの方が軽く・安い
環境・温度条件	? -10°C~+60°Cくらい までの物が多い	車載向け認証 (AEC-Q200等)	車載:-40°C~+125°C (AEC-Q200) 民生用の特殊(産業用)途向けは温度範囲 は広いものがある
EMC (電磁両立性)	民生向け認証	車載向け認証	AM/FM周波数帯のノイズ放射軽減 (インジェクタ等からのノイズ耐性)

民生向けの規格では、車載に求められる環境条件や電磁両立性を満たせない可能性がある
「**車載イーサネット**」に定義されている物の中から**選択するのがベター**では？

車載イーサネット vs 民生イーサネット

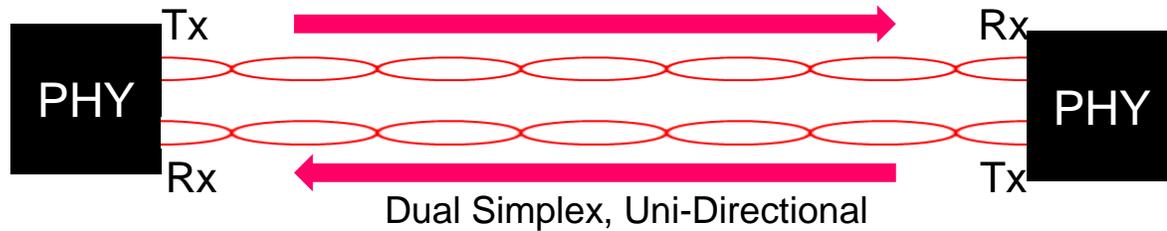
物理層比較

	車載Ethernet 100Base-T1 (IEEE802.3bw)	民生Ethernet 100Base-TX (IEEE802.3)
伝送レート	100Mbps (66.67Mbps)	100Mbps (125Mbps)
通信信号	PAM3 	MLT3 
変調方式	4B3B	4B5B
ケーブル	15m	100m
コネクタ	多種 OEMおよび車種毎に異なる	RJ45
信号伝送	1本のTwisted Pair Cableで双方向通信 	2本のTwisted Pair Cableで片方向通信 

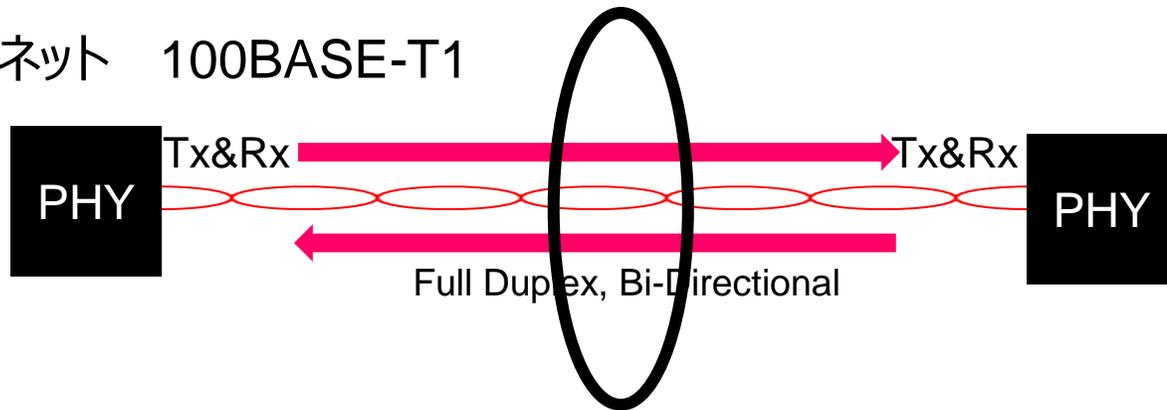
車載イーサネット vs 民生イーサネット

信号伝送方式の比較

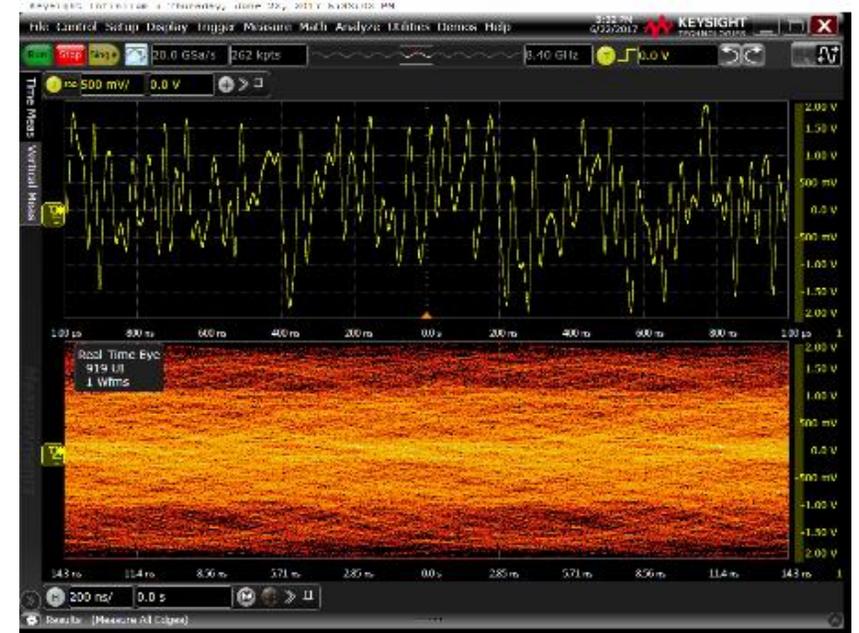
民生イーサネット 100BASE-TX



車載イーサネット 100BASE-T1

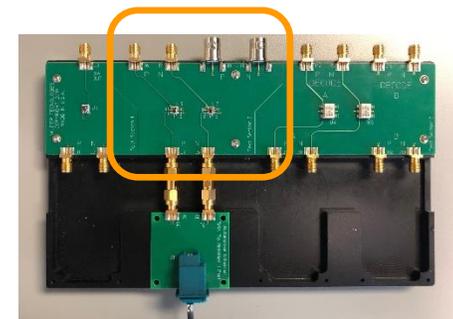
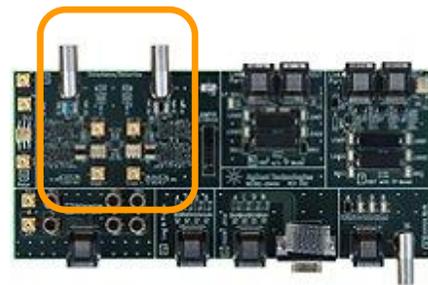
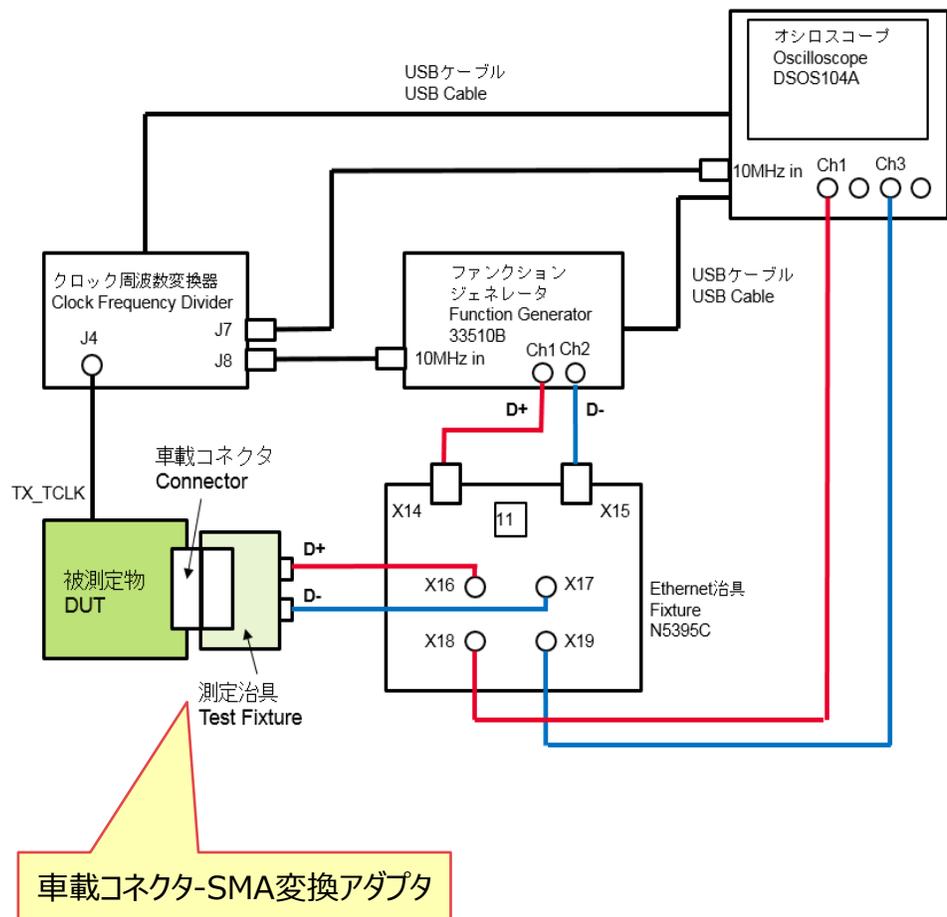


単純に信号を評価しようとする



→ 同一線上を双方向の波形が行きかうのでオシロで観測する波形はぐちゃぐちゃ

車載Ethernet測定系 一例① デバイス送信波形測定



Test Modeの波形が理想からどれくらいずれているかを規格で定められている Matlab scriptを用いて計算する。

- 被測定物と測定器との同期
 - ✓ TX_TCLKをクロック周波数変換器へ入力
 - ✓ クロック周波数変換器から10MHzクロックをオシロとFGへ出力
- 妨害信号重畳
 - ✓ 被測定物のTest Mode 4信号と、FGから出力される妨害信号をイーサネット治具N5395C、あるいは車載イーサネット治具AE6941Aを使って重畳。

車載Ethernet測定系 一例② ケーブル測定

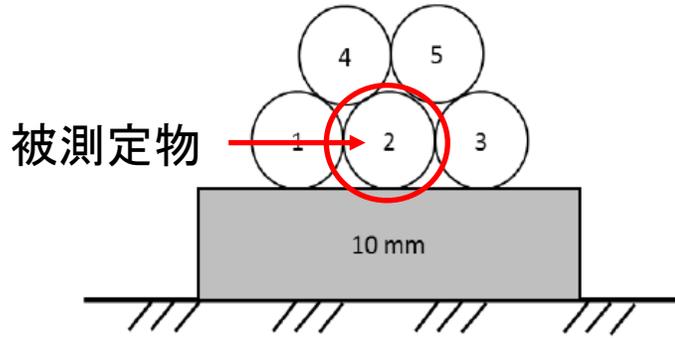
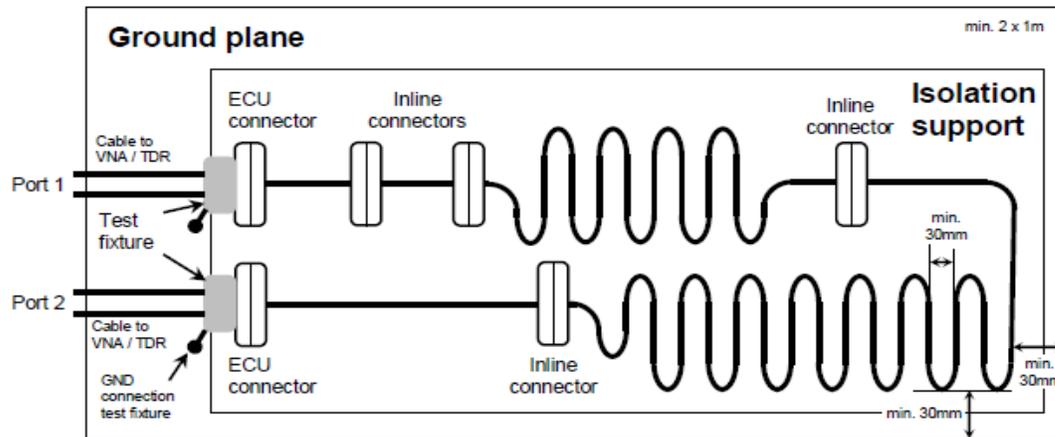


Figure C-2: Cross section of cable bundle

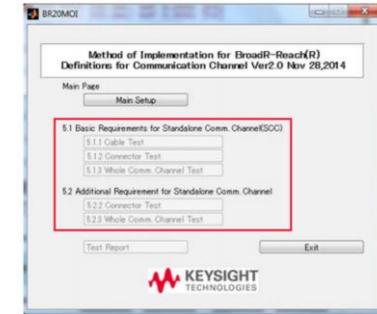
4 around 1 配置



Whole Communication Channel測定セットアップ



E5080B
ネットワークアナライザ
TDR測定機能



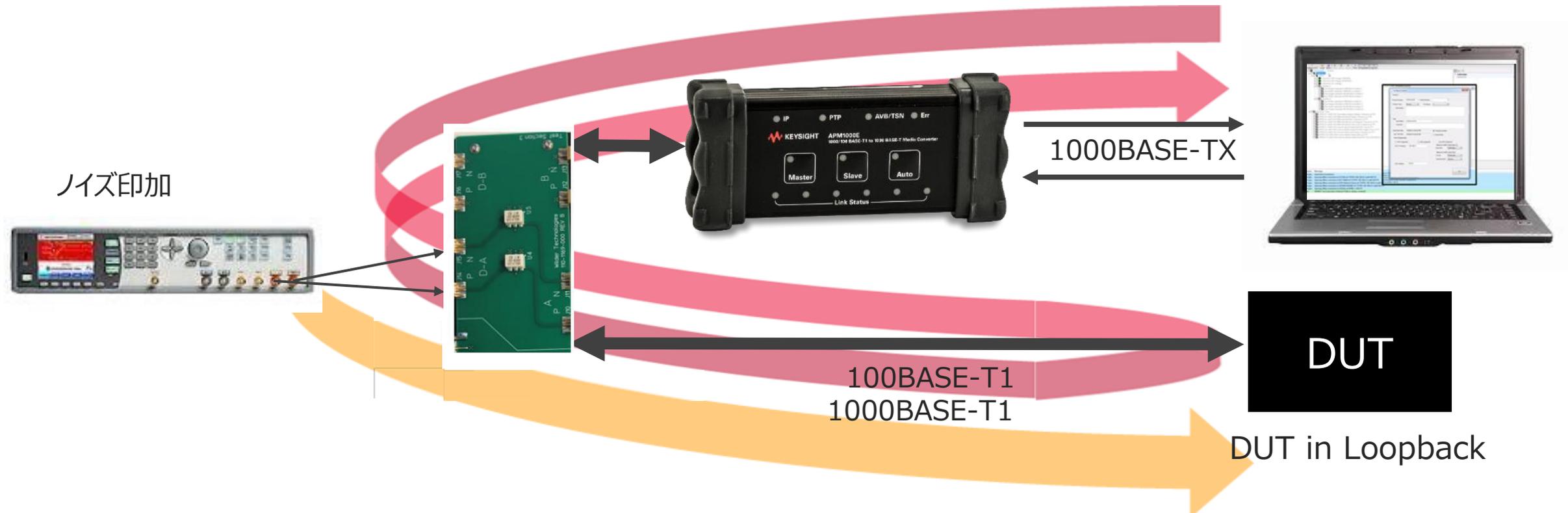
E6963A
Link Segment Solution



PXI VNA M9374A を使った20port VNA

車載Ethernet測定系 一例③ ノイズ印加試験

- パルジェネからホワイトノイズを出し、波形分離治具を使ってDUTに印加
- ノイズ印加状態でも $BER < 10^{-10}$ を保つことができるか？



コンプライアンス・テスト項目一覧 100Base-T1

Open Alliance	IEEE 802.3bw	OABR TC8	UNH-IOL	評価項目	試験信号	主要測定器	治具
Test 5.1.1	96.5.4.1	OABR_PMA_TX_01	Test 96.1.1	Maximum Transmitter Output Droop	Test Mode 1	オシロ	車載コネクタ変換治具
Test 5.1.2	96.5.4.2	OABR_PMA_TX_08	Test 96.1.2	Transmitter Distortion	Test Mode 4	オシロとFG	車載コネクタ変換治具
Test 5.1.3	96.5.4.3	OABR_PMA_TX_02	Test 96.1.3	Transmitter Timing Jitter	Test Mode 2	オシロ	車載コネクタ変換治具
Test 5.1.4	96.5.4.4	OABR_PMA_TX_04	Test 96.1.4	Transmitter Power Spectral Density	Test Mode 5	オシロまたはスペアナ	車載コネクタ変換治具
Test 5.1.5	96.5.4.5	OABR_PMA_TX_03	Test 96.1.5	Transmit Clock Frequency	Test Mode 2	オシロ	車載コネクタ変換治具
Test 5.1.6	96.8.2.1	OABR_PMA_TX_05	Test 96.1.6	MDI Return Loss	N/A	ネットワークアナライザ	車載コネクタ変換治具
Test 5.1.7	96.8.2.2	OABR_PMA_TX_06	Test 96.1.7	MDI Mode Conversion Loss	N/A	ネットワークアナライザ	車載コネクタ変換治具
Test 5.1.8	96.5.6	N/A	N/A	Transmitter Peak Differential Output	Test Mode 5	オシロ	車載コネクタ変換治具
N/A	N/A	OABR_PMA_TX_07	N/A	MDI Common mode Emission	Test Mode 5	オシロまたはスペアナ	コモンモードエミッション評価治具

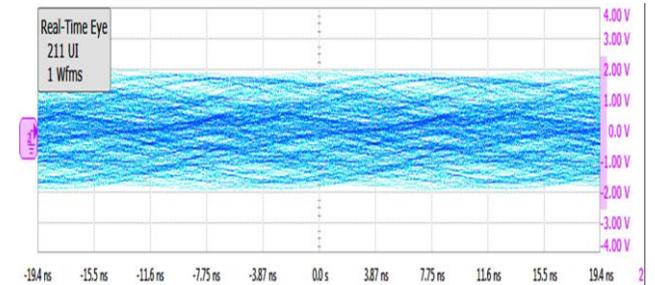
評価項目			ケーブル	コネクタ	WCC*	測定器
CIDM	Characteristic Impedance Differential Mode	Z_{RF}	○ (5.1.1)	○ (5.1.2)	○ (5.1.3)	ネットワークアナライザ
IL	Insertion Loss	Sdd21	○ (5.1.1)	○ (5.1.2)	○ (5.1.3)	
RL	Return Loss	Sdd11, Sdd22	○ (5.1.1)	○ (5.1.2)	○ (5.1.3)	
LCL	Longitudinal Conversion Loss	Sdc11, Sdc22	○ (5.1.1)	○ (5.1.2)	○ (5.1.3)	
LCTL	Longitudinal Conversion Transmission Loss	Sdc21, Sdc12	○ (5.1.1)	○ (5.1.2)	○ (5.1.3)	
	Intra Pair Skew	tintra_pair_x	-	○ (5.1.2)	-	
ANEXT	Alien Near End Crosstalk loss	Sdd31, Sddx1	-	○ (5.2.2)	-	
AFEXT	Alien Far End Crosstalk loss	Sdd32, Sddx2	-	○ (5.2.2)	-	
ANEXTDC	Alien Near End Cross conversion loss Common to Differential	Sdc31, Sdcx1	-	○ (5.2.2)	○ (5.2.3)	
ANEXTDS	Alien Near End Cross conversion loss Single ended to Differential	Sds31, Sdsx1	-	○ (5.2.2)	○ (5.2.3)	
AFEXTDC	Alien Far End Cross conversion loss Common to Differential	Sdc32, Sdcx2	-	○ (5.2.2)	○ (5.2.3)	
AFEXTDS	Alien Far End Cross conversion loss Single ended to Differential	Sds32, Sdsx2	-	○ (5.2.2)	○ (5.2.3)	
PSANEXT	Power Sum Alien Near End Crosstalk loss		-	-	○ (5.2.3)	
PSAACRF	Power Sum Attenuation to Alien Crosstalk Ration Far End				○ (5.2.3)	

Interoperability Test Suite	IEEE802.3bw	評価項目	主要測定器	治具
5.1.1/5.1.2		Indicated Signal Quality	パケットモニター	N/A
	96.5.5.1	Bit Error Rate	パケットモニター	N/A
	96.5.5.3	Alien Crosstalk Noise Rejection	パケットモニターとFG	波形分離治具

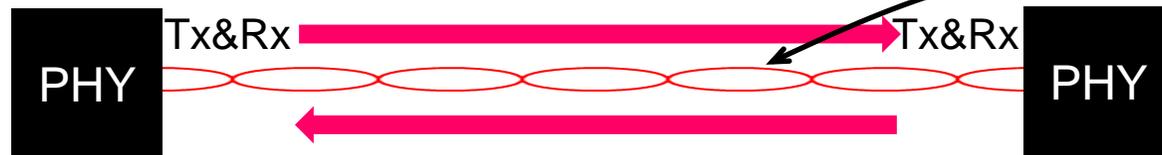
まとめ

- 今後検討されるユースケースへの拡張性としてEthernetは期待される
- 試作を行い既存規格の適用の検証を進めていく必要性がある
- 既に規格があるため、デバイスや評価手法の流用が可能である

波形分離治具、評価方法などは、
測定器メーカーにお問い合わせください



車載イーサネット 100BASE-T1



問い合わせ先

- フリーダイヤル: 0120-421-345
- ファックス: 0120-421-678
- 営業時間: 9:00-12:00、13:00-17:00(土日祭日を除く)
- 所在地: キーサイト・テクノロジー株式会社 192-8550 東京都八王子市高倉町9-1
- email: contact_japan@keysight.com