

TR-1082
シングル・ペア・イーサネット通信及び
直流給電方式についての
実装ガイドライン

Single Pair Ethernet communication and
DC power supply system Implementation guideline

第2版

2021年5月11日 制定

一般社団法人

情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、
転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

〈参考〉	4
1. はじめに.....	5
1.1 背景.....	5
1.2 本技術レポートの目的.....	6
1.3 IEEE802.3 SPE 関連規格(bw.bp.bu.cg).....	7
1.4 用語の定義と略号.....	8
2. 実装ガイドライン.....	9
2.1 適応範囲.....	9
2.2 実装要件.....	10
2.3 通信・給電仕様.....	11
2.4 ケーブル及びコネクタ接続要件.....	12
2.5 ネットワーク構成について.....	14
2.6 環境対策について.....	15

〈参考〉

1. 国際勧告等との関連

本技術レポートに関する国際勧告は本文中に記載している。

2. 改版履歴

版数	制定日	改版内容
第 1.0 版	2019 年 12 月 3 日	制定
第 2.0 版	2021 年 5 月 11 日	改定：仕様 4 追加、IEC ケーブル・コネクタ規格対応

3. 参照文献

IEE802.3 2018 年度版

4. 技術レポート作成部門

IoT エリアネットワーク専門委員会 (WG3600) 通信インタフェース (SWG3604)

5. 本技術レポートの制作体制

本技術レポートは、DC アライアンス：丹康雄 [JAIST/NICT] 議長、NTT 宇宙環境エネルギー研究所 事務局、WG1 幹事 NEC マグナスコミュニケーションズ㈱にて原案を作成し、その後 IoT エリアネットワーク専門委員会 (WG3600 委員長：西川嘉樹 [NTT])、通信インタフェース SWG での審議を経て TTC 技術レポートとしてとして公開するものである。

1. はじめに

本技術レポートでは、IEEE802.3に基づくシングル・ペア・イーサネット通信と直流給電方式を利用するにあたり、各機器へ実装する機能要件を述べたものである。

1.1 背景

ICTの発展が著しい環境の中で、さまざま機器がネットワークに繋がり、各種サービスが提供されている。そのため、ICTサービスに対する重要性が高まり、各ネットワークの確実性・安定性・信頼性への要望が増大している。

また、センサー・アクチュエータ等、従来のICT機器以外においても、さまざまなIoT機器をネットワークへ接続することがこれまで以上に求められている。そのため、多くの機器メーカーが、新たにネットワーク機能の実装を必要としている。

このような状況でIoT機器をネットワークに接続し利用するにあたり、通信ネットワークの提供と共に電源供給についても大きな課題となっている。

そのため、これら各種IoT機器をネットワークに接続し、確実性・信頼性・安定性を確保する為には、通信と電源の両方を提供することが必要である。

各種通信媒体の中でメタリックケーブルを用いることで通信と給電の同時提供が可能であるが、メタリックケーブルを用いた通信・給電方式は業界毎に多岐にわたる。また、過去十数年以前に規定した方式も多く、必ずしも現在のIoTネットワークに適した環境を提供できないため、新たな方式の規定が求められている状況である。



IoTエリアネットワーク

1.2 本技術レポートの目的

現在 IEEE802.3 委員会において、いくつかのシングル・ペア・ケーブルを用いた標準化が完了、または進行中である。これらの規格はイーサネット通信方式・直流給電方式について規定するものである。しかし、その多くは、利用シーンとして自動車の車載ネットワーク、ファクトリーオートメーションを中心とした、同一メーカーでの最終実装を前提とすることを想定するものであり、各メーカーの対応機器への実装方法によっては、相互接続ができないことも予想される。

そのため、相互接続の確実性・信頼性・安定性が危ぶまれることとなり、結果その利用に影響が生じる恐れがある。したがって、ICT サービスとして安心して利用できる環境の構築が目指される必要がある。そのための方策として、シングル・ペア・イーサネットに関する実装要件を明確化し、通信・給電・ケーブル・コネクタの各仕様を合わせガイドラインとして示すことが本技術レポートの目的である。

本ガイドラインは、ポイント・ツー・ポイント（1対1）で構成される高速通信と小電力を必要とする機器を対象とし、最大 1Gbps の通信速度で最大 DC60V（50W）の給電能力と接続機器の消費電力に制限が設けられていることで、環境負荷の低減を考慮したスマートネットワークの実現を目的としている。

また、現在標準化が進行中の高速化（10Gbps）と、ポイント・ツー・マルチポイント（1対多接続）への対応を将来予定している。

今後を担う IoT エリアネットワークの1つとして、ネットワーク機器メーカー、端末機器メーカー、ケーブルメーカー、コネクタ等のアクセサリメーカーが、均一な性能を実現し、相互接続を実現するための実装要件を、ガイドラインとして記載したものである。

1.3 IEEE802.3 SPE 関連規格 (bw、bp、bu、cg)

今回の実装ガイドラインの元となる IEEE802.3、IEC61156、IEC63171 規格内のシングル・ペア・ケーブルを用いた通信・給電規格を以下に記載する。

通信方式・給電方式：IEEE802.3 (IEEE Standard for Ethernet 2018)

- IEEE802.3bw :
Physical Layer Specifications and Management Parameters for 100 Mb/s Operation over a Single Balanced Twisted Pair Cable
 - IEEE802.3bp :
Physical Layer Specifications and Management Parameters for 1 Gb/s Operation over a Single Twisted-Pair Copper Cable.
 - IEEE802.3bu :
Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet PoDL (Power over Data Line)
 - IEEE802.3cg :
Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors 10BASE-T1 (L) (10Mbps Single Pair Ethernet)
 - IEEE P802.3ch :
Physical Layer Specifications and Management Parameters for 2.5 Gb/s, 5 Gb/s, and 10 Gb/s Automotive Electrical Ethernet
 - IEEE802.3 規格策定中 (IEEE Standard for Ethernet Task Force)
 - IEEE P802.3da :
10 Mb/s Single Pair Multi-drop Segments Enhancement Task Force
- 本ガイドラインに関連する及び参照するその他の IEEE802.3 規格を以下に記載する。
- IEEE802.3af (Power over Ethernet)
 - IEEE802.3at (Power over Ethernet+)
 - IEEE802.1ab (Local Link Discovery Protocol)
 - IEEE802.1ah (Ethernet OAM)

ケーブル・コネクタ規格：IEC

IEEE61156-11：

Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications Part 11: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 600 MHz – Horizontal floor wiring – Sectional specification.

IEC 61156-13:

Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications Part 13: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 20 MHz horizontal floor wiring - Sectional specification

1.4 用語の定義と略号

本ガイドラインで用いる用語と定義を以下に示す。

- IoT エリアネットワーク：同一セグメント群を1つにしたネットワーク
- セグメント：1つの論理的な固まりで電氣的に等価であり、通信においては全てのフレームがセグメント内の相手に到達する。
- SPE (Single Pair Ethernet)：シングル・ペア・イーサネット
1 ペアのバランスド・メタリックケーブルを用いた Ethernet
- LVDC：60V 以下の直流電圧を用いた低電圧直流給電システム
- P-P：ポイント・ツー・ポイント（1対1）接続方式
- P-MP：ポイント・ツー・マルチポイント（1対多）接続方式
- NT：(Network Terminal)ネットワーク端末装置
- PS：(Power Source) DC 電源装置
- CO：SPE センタ装置を示し通信と給電を提供する装置で配下に AN を構成する。
- CPE：SPE 端末装置を示し AN 内で CO に接続される各種装置
- GW：異なる方式のネットワーク間を接続する装置
- IoT 端末：IoT エリアネットワークに接続する端末装置
- IoT サーバ：IoT 端末の情報を収集・蓄積・制御するサーバ装置
- イーサネット (Ethernet)
コンピュータネットワーク規格の 1 つ。世界中のオフィスや家庭で一般的に使用されている有線の LAN (Local Area Network) で最も使用されている技術規格で、OSI 参照モデルの下位 2 つの層である物理層とデータリンク層に関して規定している。

2. 実装ガイドライン

2.1 適応範囲

適応範囲は、以下の図1に示すように、NT、PS に接続する、または独立する CO と CPE で構成された同一セグメント内の通信と給電ネットワークとする。

同一セグメントは個々の SPE ケーブルで接続され、電氣的に等価である。通信においては全てのデータフレームが相手側に到達する範囲とし、給電についても直接電位が到達することが前提となる。またイーサネットと同様に OSI 参照モデルの物理層とデータリンク層が対象である。

ただし、CO 装置および CPE 装置の上位側、下位側には、同じまたは他の方式の通信ネットワーク及び電源ネットワークを構成することができ、各ネットワークを組み合わせることで多段なネットワークとして構成することも可能である。

適応範囲の中核となる SPE ケーブルは 1 対のバランスドケーブルを用いることを前提としており、1 対 1 の P-P 構成で接続する形態を適応範囲とする。1 対多接続構成 (P-MP) での接続については今後の IEEE802.3 標準化の動向を踏まえ、将来検討することとする。

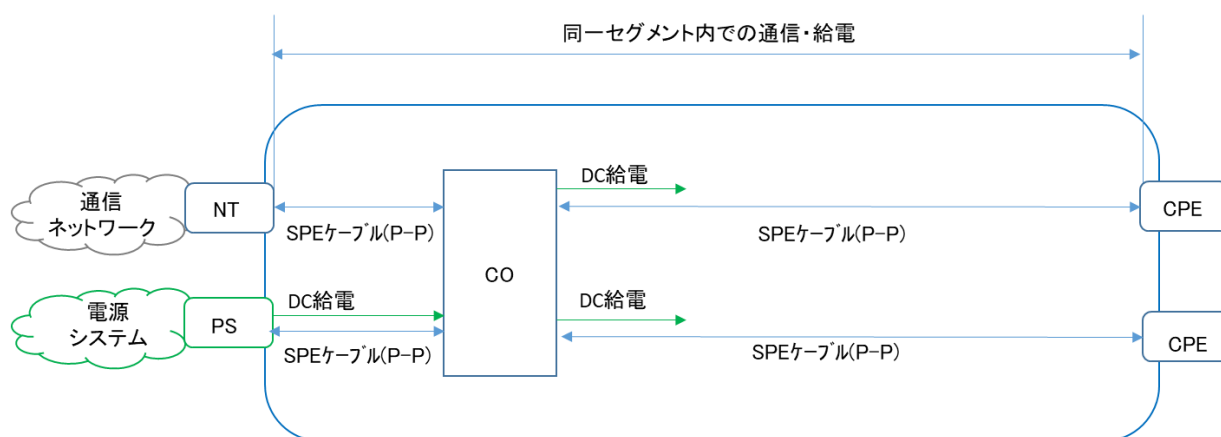


図 1.SPE&DC 給電システム適応範囲

2.2 実装要件

本ガイドラインの実装要件について以下に記載する。

- CO 装置、CPE 装置は通信方式として IEEE802.3bw、bp、cg(L)に準じた規格を用いるものとする。
通信速度としては、10Mbps、100Mbps、1Gbps の各速度または全ての速度に対応する事とし、既存のイーサネットと同様に全二重通信を実現できるものとする。
- 同通信方式に対応するパラメータに関しては、速度設定、マスター・スレーブ等については自動検出、自動設定及び手動設定等を用いて設定及び変更を実現できるものとする。

これらの要件は、既存のイーサネットが提供する環境と同一の環境を提供できることを第一の目的としており、同 SPE を利用した装置の開発を行う場合にも、各種装置の物理レイヤ以上については既存のイーサネット対応の装置資産を共通に利用することが可能となる様、各機器への実装を求めるものである。

- CO 装置、CPE 装置は給電方式として、IEEE802.3bu、cg に準拠した規格を用いるものとする。
本ガイドラインでは給電電圧は、48V 系と 12V 系の 2 つの電圧を定義しており、同規格にある 24V 系については適応範囲外とする。給電電力については最大 50W としており各種給電電圧、電流について規定する。
- 給電制御については、IEEE802.3 に規定されている給電仕様に基づき、CO 装置は CPE 装置の検出に基づいた給電動作への移行機能の実装と、CO 装置は給電の ON/OFF 制御を実現できるものとする。また、CO 装置にて PD の電力 Class の検出を元に電源供給を行い給電電圧値、電流値のモニタ機能を有することを要件とする。
これらの要件は P-P 構成における給電制御による電力量の見える化、省エネルギー制御等によるメリットを最大限に活かすことが実現できる様に規定したものである。
- ケーブルは、IEC61156 にて規定された AWG18-26 の STP/UTP ケーブルから、AWG24 と AWG18 の 2 つのケーブルに限定して規定をする。
IEEE61156-11 ケーブルは 10/100/1000BASE-T1 に対応し、IEC61156-13 ケーブルは 10BASE-T1 のみに対応する。
- コネクタは、IEC63171 にて規定され、IEC63171-1、IEC63171-6 の 2 種類コネクタに対応する。
- CO 装置、CPE 装置は、イーサネット方式に対応した通信方式にて同一セグメント内に閉じてデータ通信を行うデータリンク層のプロトコル (LLDP、E-OAM、HTIP 等) があり、これらを利用した機器情報、通信状態、給電状態を利用した接続状態の確認機能を実装することを推奨する。
これらを実装することにより、単に通信、給電を提供するだけでなく、その状態を常に確認することで、通信・給電サービスとして、確実性・信頼性・安定性を提供するものである。

2.3 通信・給電仕様

本実装ガイドラインは、IEEE802.3 においてシングル・ペア・ケーブルを用いた規格の中でポイント・ツー・ポイント（以下 P-P）型の配線形態にて提供される、高速・省電力に適した AGW24 ケーブルを元に通信・給電仕様を以下に規定したものである。

- ・仕様1：10/100/1100Mbps DC12V 給電（AWG24 ケーブル時）
- ・仕様2：10/100/100Mbps DC48V 給電（AWG24 ケーブル時）
- ・仕様3：10Mbps DC48V 給電（AWG24 ケーブル時）
- ・仕様4：10Mbps DC48V 給電（AWG18 ケーブル時）

表 1：通信・給電仕様一覧表

		仕様1	仕様2	仕様3	仕様4
通信速度		10/100/1000Mbps		10Mbps	
供給電圧(max)		DC+18V	DC+60V		
供給電圧(min)		DC+6V	DC+48V		
供給電力	0~5W	最大471mA	最大1360mA	最大400mA	最大400mA
	5~14.24W	No		No	No
	14.24~30W				
	30~50W				
受電電圧(min)		DC+4.41V	DC+36.7V		
Class	PSE	3	9	15	15
	PD	1、2、3	8、9	13.14	13.14
伝送距離 注1)	unshilded	15m		300m	1000m
	shilded	40m		300m	1000m
コネクタ仕様 注2)		IEC 63171-1、6			
ケーブル仕様 注3)		IEC61156-11(AWG24)		IEC61156-13 (AWG24)	IEC61156-13 (AWG18)

注1、2、3については、後段の2-4、2-5項参照

2.4 ケーブル及びコネクタ要件

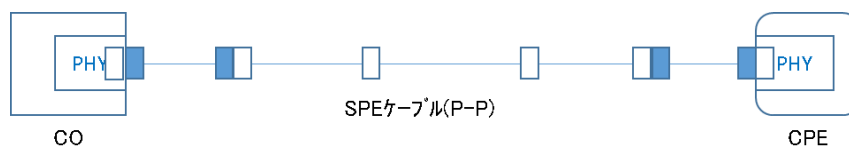
本実装ガイドラインに適合するための、ケーブル・コネクタに関する接続要件を以下に示す。

シングル・ペア・イーサネット&DC 給電技術は、シングル・ペア・ケーブルを用いて通信・給電を実現することが可能である。

本項では、2.3 項に示した4つの通信・給電仕様について IEEE802.3 にて規定された接続要件をもとに、考慮すべき CO 装置と CPE 装置間を接続する際の接続要件を示す。また、IEC にて規定された同 SPE 向けのケーブルシステムを構成するケーブル・コネクタ規格に基づき仕様を規定するものである。

1) 接続構成 (リンクセグメント)

本仕様 1. 2. 3. 4 を用いた接続について IEEE802.3 にて規定された最大4つのコネクタで接続をすること推奨する。

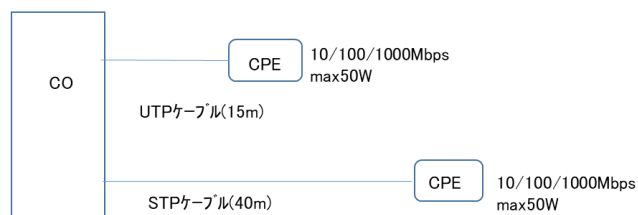


2) ケーブル

IEC61156-11 は、表1の仕様1、2に示す STP 及び UTP の AWG24 のツイスト・ペアケーブルを元に通信仕様 (10/100/1000Mbps) と給電仕様を規定する。

IEC61156-13 は、表1の仕様3、4に示す STP 及び UTP の AWG24 と AWG18 のツイスト・ペアケーブルを元に通信速度 10Mbps と給電仕様を規定する。

IEC 61156-11 AWG24 UTP/STPケーブル使用時



IEC 61156-13 AWG24/18 UTP/STPケーブル使用時



同一セグメント内での通信・給電距離

3) コネクタ&ジャック

装置に接続されるコネクタ及び装置に搭載されるジャックは以下の製品を使用する。

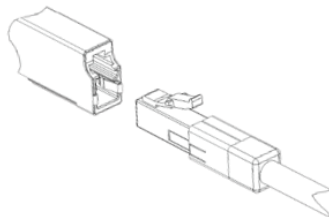
また UTP ケーブル、STP ケーブル共に対応するコネクタがより望ましい。

3-1. IEC 63171 規格準拠品 (1000BASE-T1、100BASE-T1、10BASE-T1 利用時)

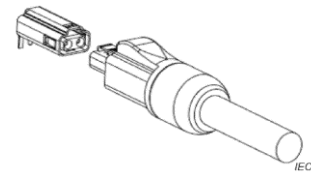
IEC 63171 (Shielded or unshielded free and fixed connectors for balanced single-pair data 80 transmission with current carrying capacity - General requirements and tests) の規定を満足する製品を適用し、下記 IEC 63171 の個別規格に準じた製品の使用を推奨する。

IEC 63171-1 Detail specification for two-way, shielded or unshielded, free and fixed connectors - Mechanical mating information, pin assignment and additional requirements for Type 1 copper LC style

IEC 63171-6 Detail specification for 2-way and 4-way (data/power), shielded, free and fixed connectors for power and data transmission with frequencies up to 600 MHz



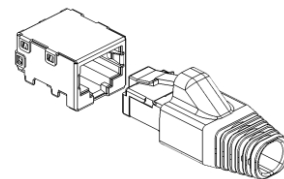
IEC63171-1 コネクタ



IEC63171-6 コネクタ

3-2. IEC 60603-7 規格準拠品(100BASE-T1、10BASE-T1 利用時)

既存の RJ45 コネクタ IEC 60603-7 (Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors) の規定を満足する製品を活用し、個別規格 IEC 63171-7-※ に準じた製品としての使用を可能とする。



IEC60603-7 コネクタ

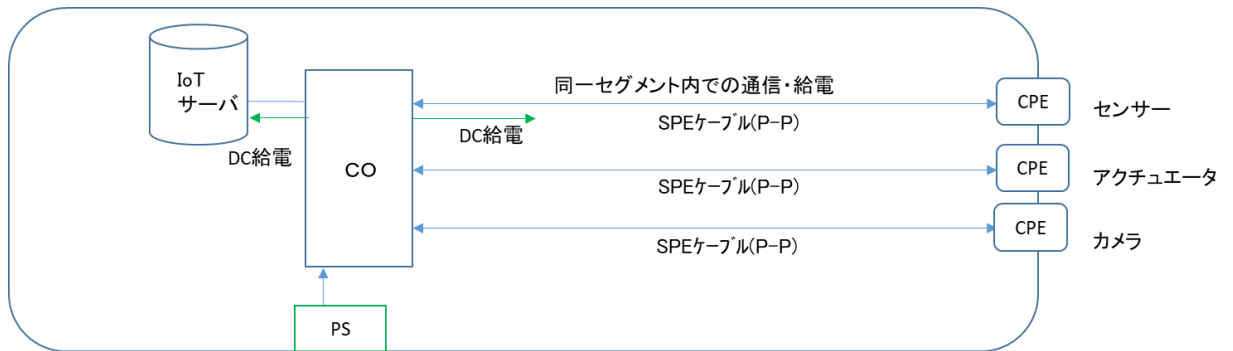
3-3. その他の製品 (10BASE-T1 利用時)

上記以外のコネクタ (ISDN・電話通信用 RJ11 コネクタ等) を用いる場合には、スクリーニング等による利用判断が必要である。

2.5 ネットワーク構成について

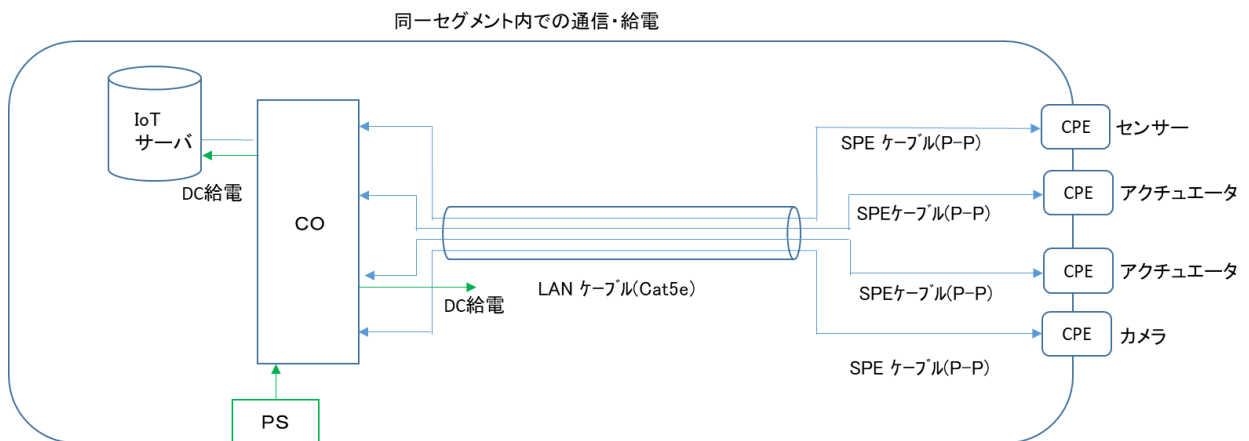
本実装ガイドラインで想定するネットワーク構成について以下に示す。

- ・ 1対1シングル・ペア・ケーブルを用いたIoTエリアネットワーク接続構成



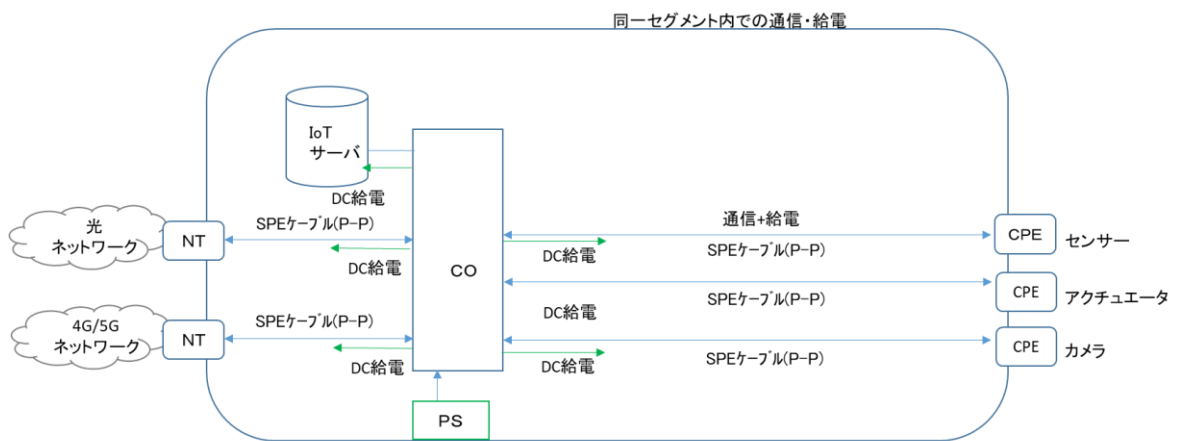
SPE&DC給電システム適応範囲

- ・ 既存 LAN ケーブルを活用した IoT エリアネットワーク接続構成 (IEC-SC25 にて協議中)



SPE&DC給電システム適応範囲

- ・ 上位のネットワークを多段に接続した接続構成



SPE&DC給電システム適応範囲

2.6 環境対策について

本ガイドラインでは以下に示す EMC 規格・技術基準に適合する事とする。

EMC 規格、技術基準（遵守）

- ・ VCCI 技術基準 VCCI CISPR 32: 2016
- ・ TTC JT-K48 (08/2015) 電気通信装置毎の EMC 要求（第 3 版）
- ・ TTC JT-K43 (11/2004) 通信装置のイミュニティ要求（第 2 版）
- ・ TTC JS-CISPR-35 (05/2020) マルチメディア機器の電磁両立性 –イミュニティ要求事項–
- ・ NTT-TR TR189001 号 3.1 版 通信装置の過電圧耐力に関するテクニカルリクワイヤメント

EMC 規格、技術基準（参照）

- ・ NTT-TR TR550004 号 5.1 版 通信装置から発生する妨害波に関するテクニカルリクワイヤメント
- ・ NTT-TR TR549001 号 3.2 版 通信装置の電磁妨害波耐力(イミュニティ)に関するテクニカルリクワイヤメント
- ・ NTT-TR TR177001 号 3 版 宅内情報通信装置用外部電源の電気安全に関するテクニカルリクワイヤメント
- ・ IEC CISPR 32 Edition 2.1 2019-10 Electromagnetic compatibility of multimedia equipment –Emission requirements
- ・ IEC CISPR 35 Edition 1.0 2016-08 Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Immunity requirements
- ・ ITU-T K.48 (09/06) EMC requirements for telecommunication equipment - Product family Recommendation
- ・ ITU-T K.43 (07/09) Immunity requirements for telecommunication network equipment
- ・ ITU-T K.21 (06/20) Resistibility of telecommunication equipment installed in customer premises to over voltages and over currents
- ・ ITU-T K.44 (10/19) Resistibility tests for telecommunication equipment exposed to over voltages and over currents - Basic Recommendation
- ・ TTC JT-K66 (6/2006) 顧客建物設備の過電圧防護（第 1 版）