

DIN EN IEC 62980

ICS 33.040.40; 35.110

Einsprüche bis 2021-11-17

Entwurf

**Parasitäres Kommunikationsprotokoll für drahtlose
Hochfrequenz-Leistungsübertragung
(IEC 100/3533/CDV:2021);
Englische Fassung prEN IEC 62980:2021**

Parasitic communication protocol for radio-frequency wireless power transmission
(IEC 100/3533/CDV:2021);
English version prEN IEC 62980:2021

Protocole de communication parasite pour le transfert d'énergie sans fil par rayonnement
radiofréquence
(IEC 100/3533/CDV:2021);
Version anglaise prEN IEC 62980:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-09-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE oder Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 49 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Englische Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 62980:2021-01 „Parasitäres Kommunikationsprotokoll für drahtlose Hochfrequenz-Leistungsübertragung“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 100/3533/CDV:2021-01 „Parasitic communication protocol for radio-frequency wireless power transmission“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 62980:2021-01 übernommen worden.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur "JA/NEIN"-Entscheidungen möglich, wobei "NEIN"-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 742 „Audio-, Video- und Multimedia-systeme, -geräte und -komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Das Präsidium des DIN hat mit Präsidialbeschluss 1/2004 festgelegt, dass DIN-Normen, deren Inhalt sich auf internationale Arbeitsergebnisse der Informationsverarbeitung gründet, unter bestimmten Bedingungen allein in englischer Sprache veröffentlicht werden dürfen. Diese Bedingungen sind für den vorliegenden Norm-Entwurf erfüllt.

Da sich die Benutzer des vorliegenden Norm-Entwurfs der englischen Sprache als Fachsprache bedienen, wird die Englische Fassung der IEC 100/3533/CDV veröffentlicht. Zu deren Einleitung, Abschnitt 1, der den Anwendungsbereich festlegt, und Abschnitt 3, der die Begriffe und Abkürzungen festlegt, wurde eine Übersetzung angefertigt und als informativer Nationaler Anhang NA des vorliegenden Norm-Entwurfs hinzugefügt. Für einige der verwendeten Begriffe existieren keine gebräuchlichen deutschen Benennungen, da sich die deutschen Anwender in der Regel ebenfalls der englischen Benennungen bedienen. Dieser Norm-Entwurf steht nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit Rechtsvorschriften und ist nicht als Sicherheitsnorm anzusehen.

Es ist vorgesehen, auch bei der entsprechenden zukünftigen Deutschen Norm auf die deutsche Sprachfassung zu verzichten und diese in der englischsprachigen Fassung zu veröffentlichen.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Die Englische Fassung wurde in Abschnitt 3 an die aktuellen Standardtexte angepasst.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Auszugsweise Übersetzung

Reihenfolge und Inhalt der folgenden Abschnitte sind identisch mit denen in den jeweiligen Abschnitten der Englischen Fassung.

Einleitung

Die Norm IEC 62980 (Parasitäres Kommunikationsprotokoll für drahtlose Hochfrequenz-Leistungsübertragung) liefert ein parasitäres Rückstreu-kommunikationsprotokoll für batterie-lose Internet-der-Dinge(IoT)-Geräte und Sensoren für die drahtlose Leistungsübertragung (WPT) mit Hochfrequenz (RF) ohne zusätzliche Infrastruktur.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm definiert Verfahren für die Übertragung von Leistung an IoT-Geräte ohne Stromversorgung unter Verwendung der vorhandenen ISM-Band-Kommunikationsinfrastruktur und RF-WPT sowie ein Protokoll für ein drahtloses Zweigege-Langstreckennetzwerk, in dem IoT-Geräte und APs unter Verwendung der Rückstreu-modulation von ISM-Band-Signalen kommunizieren. Für die drahtlose Kommunikation in einem Zweigege-Langstreckennetzwerk unter Verwendung der Rückstreu-modulation von ISM-Band-Signalen sind drei Komponenten erforderlich: eine STA, die drahtlos Leistung und Datenpakete an SSNs überträgt, indem sie ISM-Band-Signalkanäle zwischen HIE-APs aufbaut, ein batterie-loser SSN, der mittels Rückstreu-modulation die Empfindlichkeit der von der STA empfangenen Kanalsignale ändert, und ein HIE-AP, der die Kanalsignale, deren Empfindlichkeit durch den SSN geändert wurde, praktisch dekodiert. In dieser Norm werden die Verfahren für CW-RF-WPT mittels Kommunikation zwischen diesen drei Komponenten auf Grundlage der Anwendung des CSI- oder RSSI-Erkennungsverfahrens der ISM-Band-Kommunikation festgelegt.

Diese Norm schlägt ein auf Konvergenz ausgerichtetes Kommunikationsprotokoll vor, mit dem Sensoren eingesetzt werden können, die bei geringem Leistungsbedarf (Dutzende Mikrowatt oder weniger) ohne Batterien betrieben, Energie aufnehmen und kommunizieren können, um mittels RF-WPT auf Grundlage parasitärer Kommunikation Leistung an SSNs zu übertragen. Dieses Verfahren kann zukünftig in Anwendungs-gebieten wie IoT in Wohngebäuden, der Mikrosensorindustrie und Branchen, die sich mit Umweltüberwachung beschäftigen, eingesetzt werden.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe und Abkürzungen.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Anwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1 Begriffe

3.1.1

Rückstreu-kommunikationseinheit

BCU

en **Backscatter Communication Unit**

Gerät, das auf einen Befehl einer STA mit Rückstreuung mittels Lastmodulation antwortet und stromlose Kommunikation ermöglicht

3.1.2

Batterieeinheit

BU

en **Battery Unit**

Batterien und Schaltkreise, die drahtlos Leistung für den Betrieb von Geräten und Sensoren empfangen können

3.1.3

hybrider Zugriffspunkt für Informationen und Energie

HIE-AP

en **Hybrid Information and Energy Access Point**

Ein HIE-AP übernimmt die praktische Dekodierung der Kanalsignale, deren Empfindlichkeit von dem SSN in digitale Signale in Form von 0 oder 1 geändert wurde. Er baut eine STA und ISM-Band-Kanäle für die Kommunikation auf, erkennt den CSI- oder RSSI-Pegel der Antwort mittels Rückstreuung vom SSN und überträgt die Antwortdaten vom SSN an die STA. Außerdem überträgt er CW-Leistung für RF-WPT an den SSN

3.1.4

Impedanzmodulation

en **Impedance modulation**

Verfahren zur Änderung der Empfindlichkeit des empfangenen Signals aus dem Kanal zwischen der STA und dem HIE-AP mittels Rückstreumodulation im SSN entsprechend den Daten

3.1.5

intelligenter Sensorknoten

SSN

en **Smart Sensor Node**

Gerät, das die Empfindlichkeit der empfangenen Kanalsignale mittels Rückstreumodulation ändert. SSNs umfassen IoT-Geräte, tragbare Geräte und Mikrosensoren. Ein SSN besteht aus einer Rückstreukommunikationseinheit (BCU), die stromlose Kommunikation unterstützt, einer intelligenten Sensoreinheit (SSU), die mehrere Sensoren identifiziert, und einer Batterieeinheit (BU), die WPT empfängt

3.1.6

intelligente Sensoreinheit

SSU

en **Smart Sensor Unit**

mehrere Sensoren, die an SSNs angeschlossen werden können. Jeder Sensor hat einen anderen Leistungsbedarf

3.1.7

Station

STA

en **Station**

Gerät, das Kommunikation mittels Belegung eines ISB-Band-Kanals ausführen kann. Es überträgt drahtlos Leistung und Datenpakete an SSNs, indem es einen Kanal aufbaut und das Verfahren der Impulsintervallkodierung (PIE) anwendet

3.2 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen:

3.2.1

ASK

en **amplitude shift keying**

Amplitudenumtastung

3.2.2

BCU

en **backscatter communication unit**

Rückstreukommunikationseinheit

E DIN EN IEC 62980:2021-10

3.2.3

BU

en **battery unit**
Batterieeinheit

3.2.4

CRC

en **cyclic redundancy check**
zyklische Redundanzprüfung

3.2.5

CSI

en **channel state information**
Kanalzustandsinformationen

3.2.6

CW

en **continuous wave**
Dauerstrich

3.2.7

FCS

en **frame check sequence**
Blockprüfzeichenfolge

3.2.8

HIE-AP

en **hybrid information and energy access point**
hybrider Zugriffspunkt für Informationen und Energie

3.2.9

ISM

en **industrial, scientific and medical equipment**
industrielle, wissenschaftliche und medizinische Einrichtungen

3.2.10

PIE

en **pulse interval encoding**
Impulsintervallkodierung

3.2.11

RFID

en **radio-frequency identification**
Hochfrequenz-Identifizierung

3.2.12

RFU

en **reserved for future use**
reserviert für die zukünftige Nutzung

3.2.13

RSSI

en **received signal strength indicator**
Empfangssignalstärke-Indikator

3.2.14

RWP

en **response waiting packet**
Warten-auf-Antwort-Paket

3.2.15

SSN

en **smart sensor node**
intelligenter Sensorknoten

3.2.16

SSU

en **smart sensor unit**
intelligente Sensoreinheit

3.2.17

STA

en **Station**
Station

CONTENTS

INTRODUCTION	11
1 Scope	12
2 Normative references	12
3 Definitions and terminology	12
3.1 Definitions	12
3.2 Abbreviations	13
4 Overview	15
5 Communication procedures for RF WPT	17
5.1 General	17
5.2 Communication procedures for parasitic downlink communication	17
5.3 Communication procedures for parasitic uplink communication	18
5.4 Backscatter downlink/uplink data flow	19
5.5 WPT process	20
6 Physical Layer	22
6.1 Modulation/coding method	22
6.1.1 Downlink modulation method	22
6.2 Frame structure	24
7 Datalink Layer	27
7.1 Message definition	27
7.1.1 Select step	30
7.2 Data encoding	37
7.2.1 FM0 encoding	37
8 RF WPT control protocol	40
8.1 Wireless charging architecture	40
8.2 RF WPT process	42
Bibliography	49

Figures

Figure 1 — Example/Application Usage of RF-WPT	15
Figure 2 — RF-WPT structure of using parasitic Wi-Fi communication technology	16
Figure 3 — Parasitic downlink/uplink communication procedures	17
Figure 4 — Specific parasitic downlink communication procedures	18
Figure 5 — Specific parasitic uplink communication procedures	19
Figure 6 — Data flow during parasitic downlink/uplink communication	20
Figure 7 — RF WPT access procedures	21
Figure 8 — RF WPT control protocol	21
Figure 9 — PIE method packet configuration	22
Figure 10 — Modulation and coding of the downlink preamble	23
Figure 11 — Modulation and coding of the downlink preamble	23

Figure 12 — Modulation and coding of the uplink preamble	23
Figure 13 — Modulation and coding of the uplink payload	23
Figure 14 — Physical layer structure of the downlink frame	24
Figure 15 — Physical layer structure of the uplink frame	25
Figure 16 — Model of command transmission between the STA and SSN	28
Figure 17 — Diagram of sequential command transmission between the STA and SSN	28
Figure 18 — SSN memory structure.....	30
Figure 19 — Message exchange in the select step.....	31
Figure 20 — CRC-16 circuit example	32
Figure 21 — Message exchange method of the inventory step	33
Figure 22 — Basic functions for FM0 encoding.....	37
Figure 23 — State diagram for FM0 encoding generation	38
Figure 24 — Basic functions for Miller encoding	38
Figure 25 — State diagram for FM0 encoding generation	39
Figure 26 — Encoding theory combining basic Miller functions.....	39
Figure 27 — Basic configuration of the RF wireless charging network of the proposed standard.....	40
Figure 28 — HIE-AP operation in RF WPT in the proposed standard.....	41
Figure 29 — SSN operation in RF WPT in the proposed standard	42
Figure 30 — Operating range of the rectified battery voltage	42
Figure 31 — RF WPT information acquisition and control protocol of the proposed standard.....	43

Tables

Table 1 – Downlink preamble structure.....	24
Table 2 – Downlink payload structure.....	25
Table 3 – Downlink frame check CRC	25
Table 4 – Uplink preamble structure	26
Table 5 – Uplink frame detection field structure	26
Table 7 – CMD list	29
Table 8 – Responses for each CMD.....	29
Table 9 – Select CMD	31
Table 10 – Valid response.....	32
Table 11 – Query CMD field	33
Table 12 – QueryRep CMD field.....	34
Table 13 – QueryAdj CMD field	34
Table 14 – Valid_Query response field.....	35
Table 15 – Ack CMD field.....	35
Table 16 – Valid_Ack response field list	35
Table 17 – Read CMD field	36
Table 18 – Data field of the response to the read command	36
Table 19 – Write CMD field	37

Table 20 – Data field of the response to the write command.....	37
Table 21 – WPT CMD field.....	43
Table 22 – WPT sub-CMD list.....	44
Table 23 – SSN control field.....	44
Table 24 – Detailed WPT field description.....	44
Table 25 – Response to the SSN control CMD.....	45
Table 26 – SSN static parameter field.....	45
Table 27 – Rectifier maximum power field.....	45
Table 28 – Rectifier minimum constant voltage	46
Table 29 – Rectifier maximum constant voltage	46
Table 30 – Rectifier minimum constant voltage	46
Table 31 – SSN dynamic parameter field	46
Table 32 – Rectifier dynamic voltage field	47
Table 33 – Rectifier dynamic current field.....	47
Table 34 – Output dynamic voltage of the battery terminal	47
Table 35 – Output dynamic current of the battery terminal.....	47
Table 36 – Battery temperature of the SSN.....	47
Table 37 – SSN critical state field.....	48
Table 38 – Rectifier desired minimum voltage	48

INTRODUCTION

The [IEC 62980 (Parasitic communication protocol for radio-frequency wireless power transmission)] standard provides a parasitic backscatter communication protocol for battery-less internet-of-things (IoT) devices and sensors for radio-frequency (RF) wireless power transmission (WPT) without additional infrastructure.

Parasitic communication protocol for radio-frequency wireless power transmission

1 Scope

This standard defines procedures for transferring power to non-powered IoT devices using the existing ISM band communication infrastructure and RF WPT and a protocol for a two-way, long-distance wireless network in which IoT devices and APs communicate using backscatter modulation of ISM-band signals. Three components are required for two-way, long-distance wireless communication using backscatter modulation of ISM-band signals: an STA that transmits wireless power and data packets to SSNs by forming ISM-band signal channels between HIE-APs, a batteryless SSN that changes the sensitivity of the channel signals received from the STA using backscatter modulation, and an HIE-AP that practically decodes the channel signals whose sensitivity was changed by the SSN. In this standard, the procedures for CW-type RF WPT using communication among these three components are specified based on application of the CSI or RSSI detection method of ISM-band communication.

This standard proposes a convergence communication protocol than can deploy sensors, which can operate at low power (dozens of microwatts or less) without batteries, collect energy, and perform communication, to transmit power to SSNs using RF WPT based on parasitic communication. This method can be applied to application service areas such as domestic IoT, the micro-sensor industry, and industries related to environmental monitoring in the future

2 Normative references

Not applicable.

3 Definitions and terminology

For the purposes of this document, the following terms, definitions, and abbreviations apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1 Definitions

3.1.1

BCU (Backscatter Communication Unit)

A BCU is a device that responds to a command from an STA with backscatter through load modulation and enables communication without power.

3.1.2

BU (Battery Unit)

BUs are batteries and circuits capable of receiving wireless power to support the operations of devices and sensors.

3.1.3

HIE-AP (Hybrid Information and Energy Access Point)

An HIE-AP practically decodes the channel signals whose sensitivity was changed by the SSN into digital signals of 0 or 1. It forms an STA and ISM-band channels for communication, detects the CSI or RSSI level of the response using backscatter from the SSN, and transmits the response data from the SSN to the STA. It also transmits CW-type power to the SSN for RF WPT.

3.1.4

Impedance modulation

A method of changing the sensitivity of the received signal from the channel between the STA and HIE-AP using backscatter modulation in the SSN according to the data.

3.1.5

SSN (Smart Sensor Node)

An SSN is a device that changes the sensitivity of the received channel signals using backscatter modulation. SSNs include IoT devices, wearable devices, and micro-sensors. An SSN consists of a backscatter communication unit (BCU) that supports communication without power, smart sensor unit (SSU) that identifies various sensors, and battery unit (BU) that receives WPT.

3.1.6

SSU (Smart Sensor Unit)

SSUs are various sensors that can be attached to SSNs. Each sensor requires a different amount of power.

3.1.7

STA (Station)

An STA is a device that can perform communication by occupying an ISM-band channel. It transmits wireless power and data packets to SSNs by forming a channel and using the pulse interval encoding (PIE) method.

3.2 Abbreviations

For the purposes of this document, the following abbreviations apply:

3.2.1

ASK

Amplitude shift keying

3.2.2

BCU

Backscatter Communication Unit

3.2.3

BU

Battery Unit

3.2.4

CRC

Cyclic Redundancy Check

3.2.5

CSI

Channel State Information

3.2.6

CW

Continuous Wave

3.2.7

FCS

Frame Check Sequence

3.2.8

HIE-AP

Hybrid Information and Energy Access Point

E DIN EN IEC 62980:2021-10
prEN IEC 62980:2021

3.2.9

ISM

Industrial scientific and medical equipment

3.2.10

PIE

Pulse interval encoding

3.2.11

RFID

Radio-Frequency Identification

3.2.12

RFU

Reserved for Future Use

3.2.13

RSSI

Received signal strength indicator

3.2.14

RWP

Response Waiting Packet

3.2.15

SSN

Smart Sensor Node

3.2.16

SSU

Smart Sensor Unit

3.2.17

STA

Station

4 Overview

RF WPT includes WPT using energy harvesting, magnetic induction, or magnetic resonant methods and involves the wireless transmission of power to sensors and facilities for practical use by employing RF waves. This standard proposes a method of performing RF WPT to batteryless sensors or facilities. The overall structure of parasitic communication for RF WPT proposed in this standard is depicted in figure 1. Parasitic communication (or Ambient backscatter) uses existing radio frequency signals, such as radio, television and mobile telephony, to transmit data without a battery or power grid connection. Each such device uses an antenna to pick up an existing signal and convert it into tens to hundreds of microwatts of electricity. This standard defines procedures for bi-directional, long-distance wireless communication protocol for communication using backscatter modulation of industrial, scientific, and medical (ISM)-band frequency signals between stations (STA) and smart sensor nodes (SSNs), such as IoT devices, sensors, tags, and wearable devices, and for RF WPT from a hybrid information and energy access point (HIE-AP) to nearby SSNs.

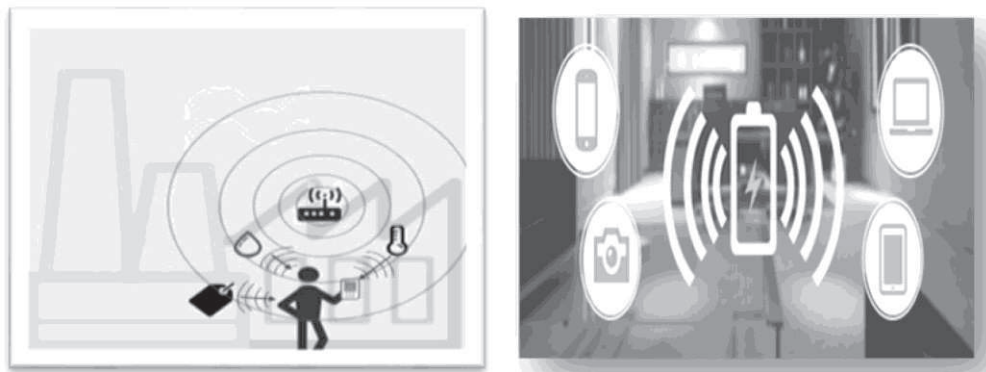


Figure 1 — Example/Application Usage of RF-WPT

Three components are required for the bi-directional, long-distance wireless communication protocol using backscatter modulation of ISM-band signals as shown in figure 2:

- STA: performing communication by occupying a communication channel and transmits wireless power and data packets for communication to the SSN in the PIE method.
- HIE-AP: decoding the channel signals whose sensitivity was changed by the SSN into digital signals of 0 or 1. It forms a channel with the STA for communication, detects the CSI level of the response from the SSN that used backscatter, and transmits the response data from the SSN to the STA. It also transmits CW-type power to the SSN for RF WPT.
- SSN: changing the sensitivity of the channel signals received from the STA using backscatter modulation and consists of a BCU, an SSU, and a BU.
 - BCU: responding to a command from an STA with backscatter through load modulation and can respond with backscatter using the wireless power transmitted by the STA.
 - SSU: various sensors that can be attached to the SSN, each of which requires a different amount of power.
 - BU: a battery or a circuit capable of receiving wireless power to support the operation of nodes and sensors.