

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Parasitic communication protocol for radio-frequency wireless power transmission

Protocole de communication parasite pour le transfert d'énergie sans fil par rayonnement radiofréquence

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62980:2022



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Parasitic communication protocol for radio-frequency wireless power transmission

Protocole de communication parasite pour le transfert d'énergie sans fil par rayonnement radiofréquence

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.240.99

ISBN 978-2-8322-5700-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviated terms	8
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviated terms.....	9
4 Overview	10
5 Communication procedures for RF WPT	11
5.1 General.....	11
5.2 Communication procedures for parasitic downlink communication.....	12
5.3 Communication procedures for parasitic uplink communication.....	13
5.4 Backscatter downlink/uplink data flow	14
5.5 WPT process	15
6 Physical layer	16
6.1 Modulation/coding method	16
6.1.1 General	16
6.1.2 Downlink modulation method	16
6.1.3 Uplink modulation method	17
6.1.4 Downlink coding method	17
6.1.5 Uplink coding method	18
6.2 Frame structure	18
6.2.1 General	18
6.2.2 Downlink frame structure.....	18
6.2.3 Uplink frame structure.....	20
7 Datalink layer	21
7.1 Message definition.....	21
7.1.1 General	21
7.1.2 Select step	24
7.1.3 Inventory step.....	26
7.1.4 Access step.....	29
7.2 Data encoding.....	31
7.2.1 General	31
7.2.2 FM0 encoding.....	31
7.2.3 Miller encoding	32
8 RF WPT control protocol.....	33
8.1 Wireless charging architecture	33
8.1.1 General	33
8.1.2 Power control purpose of RF WPT	34
8.1.3 HIE-AP operation control	34
8.1.4 SSN operation control.....	35
8.2 RF WPT process.....	36
8.2.1 General	36
8.2.2 General WPT management.....	37
8.2.3 SSN control	38
8.2.4 SSN static parameter.....	39

8.2.5 SSN dynamic parameter	40
Annex A (informative) Regulation and certification	42
Bibliography	43
Figure 1 – Usage of RF-WPT	10
Figure 2 – RF-WPT structure of using parasitic Wi-Fi communication technology	11
Figure 3 – Parasitic downlink/uplink communication procedures	12
Figure 4 – Specific parasitic downlink communication procedures	13
Figure 5 – Specific parasitic uplink communication procedures	14
Figure 6 – Data flow during parasitic downlink/uplink communication	15
Figure 7 – RF WPT access procedures	15
Figure 8 – RF WPT control protocol	16
Figure 9 – PIE method packet configuration	17
Figure 10 – Modulation and coding of the downlink preamble	17
Figure 11 – Modulation and coding of the downlink preamble	18
Figure 12 – Modulation and coding of the uplink preamble	18
Figure 13 – Modulation and coding of the uplink payload	18
Figure 14 – Physical layer structure of the downlink frame	19
Figure 15 – Physical layer structure of the uplink frame	20
Figure 16 – Model of command transmission between the STA and SSN	22
Figure 17 – Diagram of sequential command transmission between the STA and SSN	22
Figure 18 – SSN memory structure	24
Figure 19 – Message exchange in the select step	25
Figure 20 – CRC-16 circuit example	26
Figure 21 – Message exchange method of the inventory step	27
Figure 22 – Basic functions for FM0 encoding	31
Figure 23 – State diagram for FM0 encoding generation	31
Figure 24 – Basic functions for Miller encoding	32
Figure 25 – State diagram for FM0 encoding generation	32
Figure 26 – Encoding theory combining basic Miller functions	33
Figure 27 – Basic configuration of the RF wireless charging network of the proposed standard	34
Figure 28 – HIE-AP operation in RF WPT in the proposed standard	35
Figure 29 – SSN operation in RF WPT in the proposed standard	35
Figure 30 – Operating range of the rectified battery voltage	36
Figure 31 – RF WPT information acquisition and control protocol of the proposed standard	37
Table 1 – Downlink preamble structure	19
Table 2 – Downlink payload structure	19
Table 3 – Downlink frame check CRC	20
Table 4 – Uplink preamble structure	20
Table 5 – Uplink frame detection field structure	21
Table 6 – Downlink payload structure	21

Table 7 – CMD list	23
Table 8 – Responses for each CMD	23
Table 9 – Select CMD	25
Table 10 – Valid response	26
Table 11 – Query CMD field	27
Table 12 – QueryRep CMD field	28
Table 13 – QueryAdj CMD field	28
Table 14 – Valid_Query response field	28
Table 15 – Ack CMD field	29
Table 16 – Valid_Ack response field list	29
Table 17 – Read CMD field	30
Table 18 – Data field of the response to the read command	30
Table 19 – Write CMD field	30
Table 20 – Data field of the response to the write command	30
Table 21 – WPT CMD field	37
Table 22 – WPT sub-CMD list	38
Table 23 – SSN control field	38
Table 24 – Detailed WPT field description	38
Table 25 – Response to the SSN control CMD	39
Table 26 – SSN static parameter field	39
Table 27 – Rectifier maximum power field	39
Table 28 – Rectifier minimum constant voltage	39
Table 29 – Rectifier maximum constant voltage	39
Table 30 – Rectifier minimum constant voltage	40
Table 31 – SSN dynamic parameter field	40
Table 32 – Rectifier dynamic voltage field	40
Table 33 – Rectifier dynamic current field	40
Table 34 – Output dynamic voltage of the battery terminal	40
Table 35 – Output dynamic current of the battery terminal	41
Table 36 – Battery temperature of the SSN	41
Table 37 – SSN critical state field	41
Table 38 – Rectifier desired minimum voltage	41

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PARASITIC COMMUNICATION PROTOCOL FOR
RADIO-FREQUENCY WIRELESS POWER TRANSMISSION****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62980 has been prepared by technical area 15: Wireless power transfer, of IEC technical committee 100: Audio, video and multimedia systems and equipment. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
100/3797/FDIS	100/3818/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62980:2022

INTRODUCTION

This document provides a parasitic backscatter communication protocol for battery-free internet-of-things (IoT) devices and sensors for radio-frequency (RF) wireless power transmission (WPT) without additional infrastructure.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62980:2022

PARASITIC COMMUNICATION PROTOCOL FOR RADIO-FREQUENCY WIRELESS POWER TRANSMISSION

1 Scope

This document 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 battery-free 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 document, 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 document 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

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 63006:2019, *Wireless Power Transfer (WPT) – Glossary of terms*

IEC TR 63239:2020, *Radio frequency beam wireless power transfer (WPT) for mobile devices*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

For the purposes of this document, the following terms and definitions 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 Terms and definitions

3.1.1

BCU

backscatter communication unit

device that responds to a command from an STA with backscatter through load modulation, and that enables communication without power

3.1.2

BU

battery unit

battery and circuit capable of receiving wireless power to support the operations of devices and sensors

3.1.3

HIE-AP

hybrid information and energy access point

device that decodes the channel signals whose sensitivity was changed by the SSN into digital signals (0 or 1)

Note 1 to entry: An HIE-AP 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

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

3.1.5

SSN

smart sensor node

device that changes the sensitivity of the received channel signals using backscatter modulation

Note 1 to entry: SSNs include IoT devices, wearable devices, and micro-sensors.

Note 2 to entry: An SSN consists of a backscatter communication unit (BCU) that supports communication without power, a smart sensor unit (SSU) that identifies various sensors, and a battery unit (BU) that receives WPT.

3.1.6

SSU

smart sensor unit

sensor that can be attached to an SSN.

Note 1 to entry: Each sensor requires a different amount of power.

3.1.7

STA

station

device that can perform communication by occupying an ISM-band channel

Note 1 to entry: It transmits wireless power and data packets to SSNs by forming a channel and using the pulse interval encoding (PIE) method.

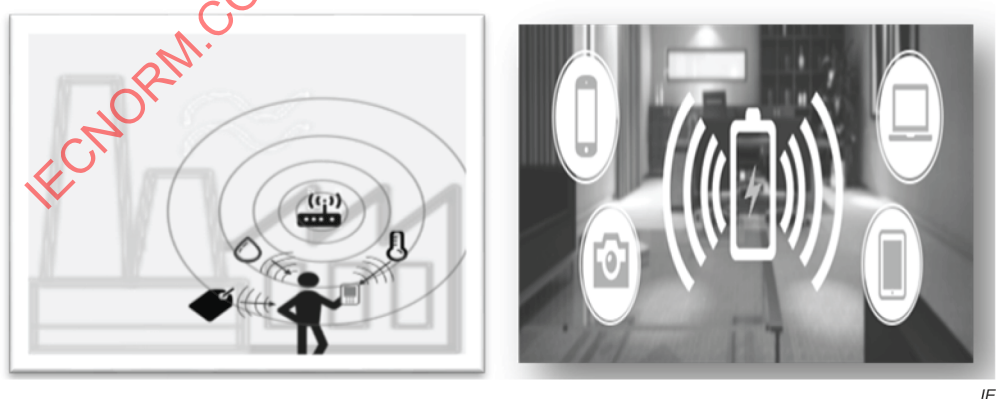
3.2 Abbreviated terms

ASK	amplitude shift keying
BCU	backscatter communication unit
BU	battery unit
CRC	cyclic redundancy check
CSI	channel state information

CW	continuous wave
FCS	frame check sequence
HIE-AP	hybrid information and energy access point
ISM	industrial scientific and medical equipment
NDP	null data packet
PIE	pulse interval encoding
RFID	radio-frequency identification
RFU	reserved for future use
RSSI	received signal strength indicator
RWP	response waiting packet
SSN	smart sensor node
SSU	smart sensor unit
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 document proposes a method of performing RF WPT to battery-free sensors or facilities. When developing the technology of this document, the developer shall refer to IEC 63006:2019 and IEC TR 63239:2020. The overall structure of parasitic communication for RF WPT proposed in this document 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 document defines procedures for a 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.



IEC

Figure 1 – 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: performs communication by occupying a communication channel and transmits wireless power and data packets for communication to the SSN in the PIE method.

- HIE-AP: decodes 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: changes 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: battery and circuit capable of receiving wireless power to support the operation of nodes and sensors.

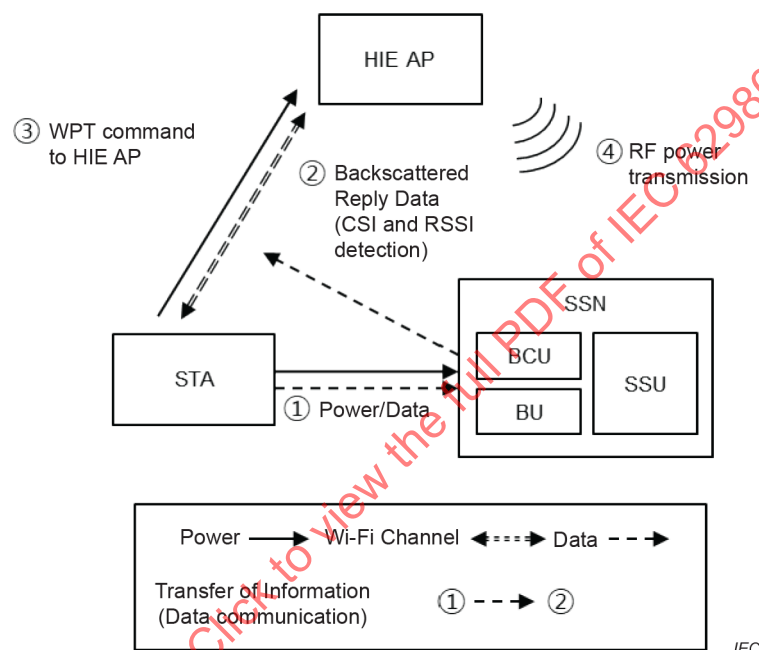


Figure 2 – RF-WPT structure of using parasitic Wi-Fi communication technology

To summarize the operation process, RF power is first transmitted from the STA to the SSN to drive the BCU of the SSN. Then, the SSN sends its data for the STA to the channel formed between the STA and HIE-AP by changing its load, and the HIE-AP can receive data from the SSN by decoding the CSI level of the information sent from the SSN. The information sent from the SSN includes ID information, battery information, and sensor data. The STA sends wireless power to the HIE-AP. The HIE-AP performs and controls RF WPT in real time based on the information received from the SSN on battery, voltage of the SSN itself, and remaining battery level.

Multi-device wireless charging systems that use the in-band field communication to exchange data and control signals utilize the same frequency within the field area to increase the efficiency of frequency. Information relating to regulation and certification is presented in Annex A.

5 Communication procedures for RF WPT

5.1 General

The parasitic communication technology involved in downlink and uplink RF WPT can be described separately. In downlink transmission, information is sent from the STA to the SSN, while in uplink transmission, information is sent from the SSN to the STA as shown in Figure 3.

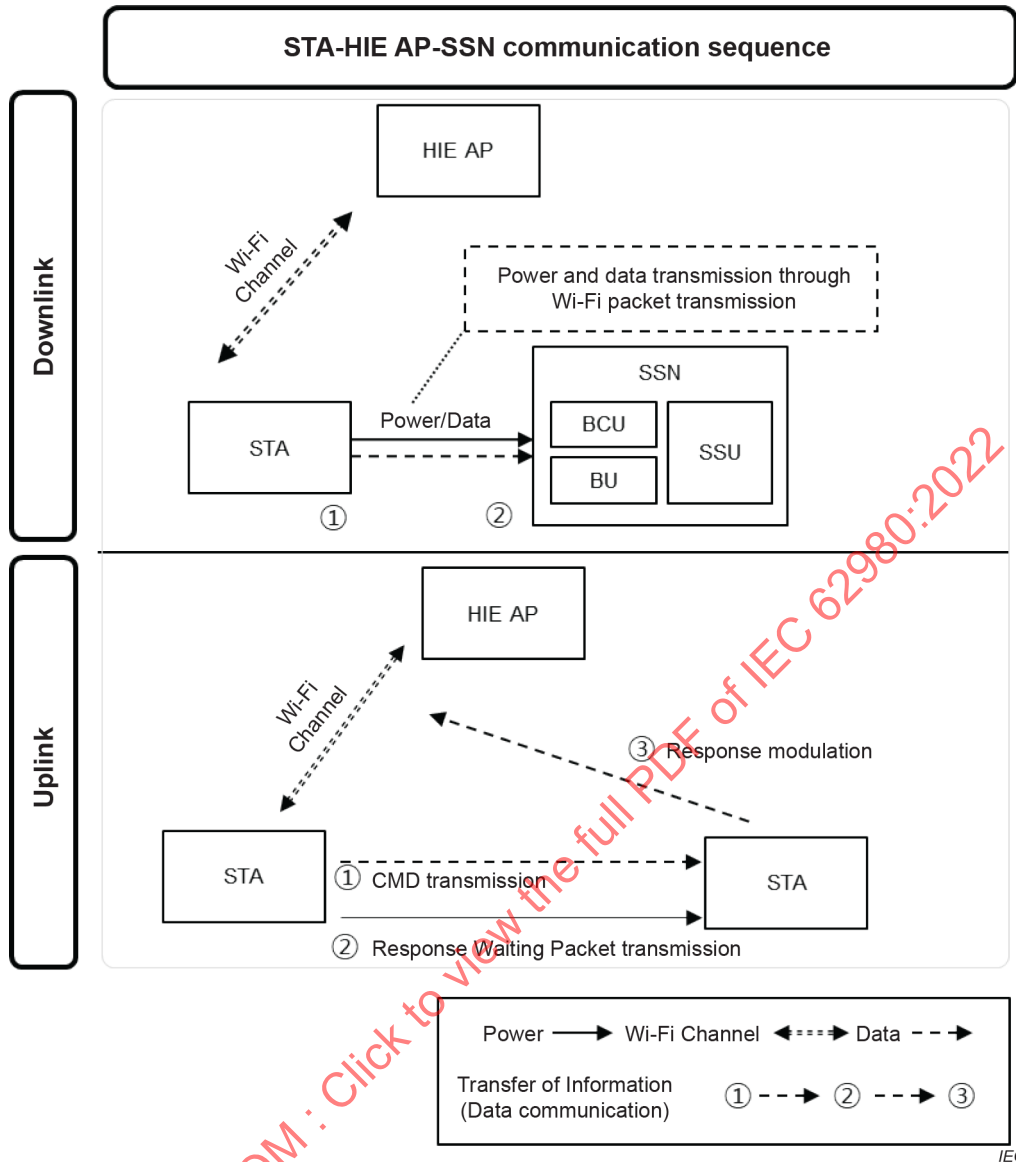


Figure 3 – Parasitic downlink/uplink communication procedures

5.2 Communication procedures for parasitic downlink communication

The downlink communication procedures are illustrated in Figure 4. First, the STA and HIE-AP form a communication channel. The STA transmits a data packet to the AP and SSN simultaneously (① -> ②). The SSN decodes the received packet, then interprets the information sent from the STA. And the STA performs its operation following command using the energy contained in the packet.

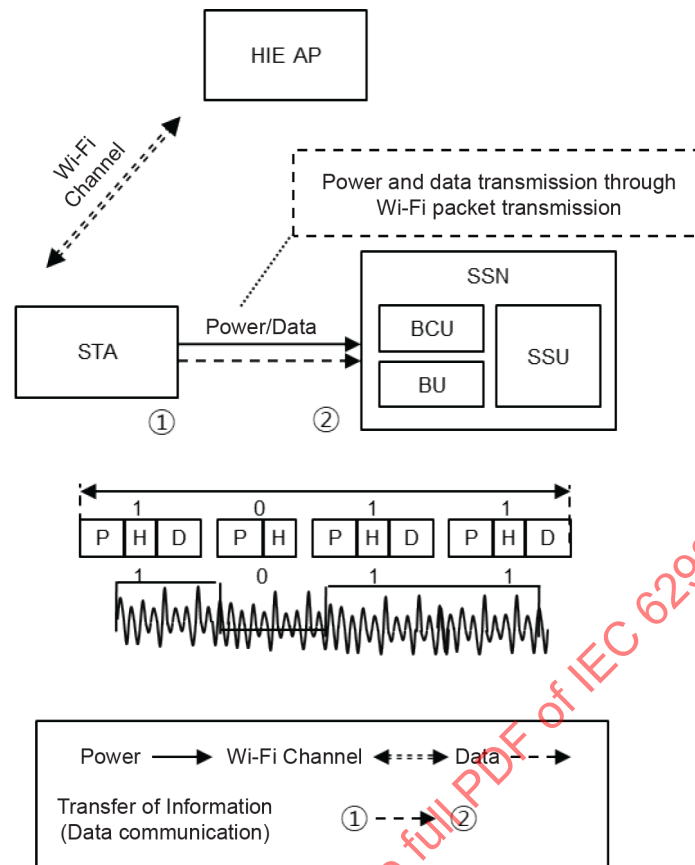


Figure 4 – Specific parasitic downlink communication procedures

5.3 Communication procedures for parasitic uplink communication

The uplink communication procedures are depicted in Figure 5. In uplink communication, a separate HIE-AP is required to read the information from the SSN (① -> ② -> ③). First, the STA creates a channel with the HIE-AP and measures the sensitivity of the received signals through the RSSI or the CSI. This procedure is employed because the SSN does not directly perform active communication, but rather changes the sensitivity of the signals received from the channel between the STA and HIE-AP through backscatter modulation when the STA continuously sends power and packets. This signal change eventually affects the RSSI or the CSI of the received signal strength of the HIE-AP. In this way, when the SSN changes the sensitivity of the received signal through a kind of amplitude shift keying (ASK) method using backscatter modulation, the HIE-AP measures the sensitivity of the received Wi-Fi signal and decodes the information from the SSN according to the sensitivity (specifically, 1 is assigned when the received sensitivity is better than the reference sensitivity, and 0 otherwise).



Figure 5 – Specific parasitic uplink communication procedures

5.4 Backscatter downlink/uplink data flow

Figure 6 shows the data flow during downlink/uplink communication in detail. During downlink transmission, the STA sends a preamble(P) + header(H) + data 1(D1) payload (P+H+D1) when transmitting 1, and a preamble(P) + header(H) + data 0(D0) payload (P+H+D0) when transmitting 0. Encoding is performed through a kind of PIE method. Figure 6 depicts the process of sending 1000111b as an example. The SSN decodes the command from the STA by detecting the energy level and measuring the length of the received packet. The SSN receives the bit information in the Wi-Fi packet without interpretation. During uplink communication, the tag sends a P+H+D0 payload. In this case, the SSN is decoded as 000...000b, and uplink transmission is recognized. The SSN performs backscatter modulation on the information to be sent. In the example, the SSN sends 1000...11b to the HIE-AP.

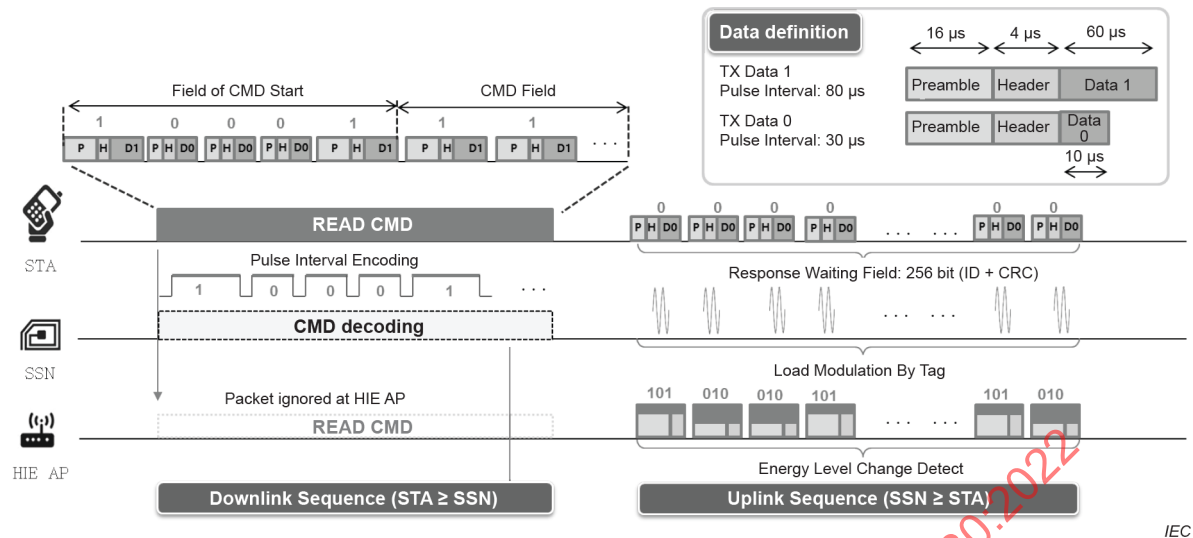


Figure 6 – Data flow during parasitic downlink/uplink communication

5.5 WPT process

Figure 7 depicts the RF WPT communication procedures in detail. The parasitic communication status consists of three states: select, inventory, and access. In the select state, the STA recognizes multiple SSNs. In the inventory state, an authentication procedure is performed to select one of the recognized SSNs. In the access state, the SSN information is identified and WPT is actively controlled. All of these communication methods involve downlink/uplink transmission. In the access state, the battery and status information of the SSN is continuously monitored, and the HIE-AP performs and controls the CW-type RF WPT. Figure 8 shows the RF WPT control protocol.

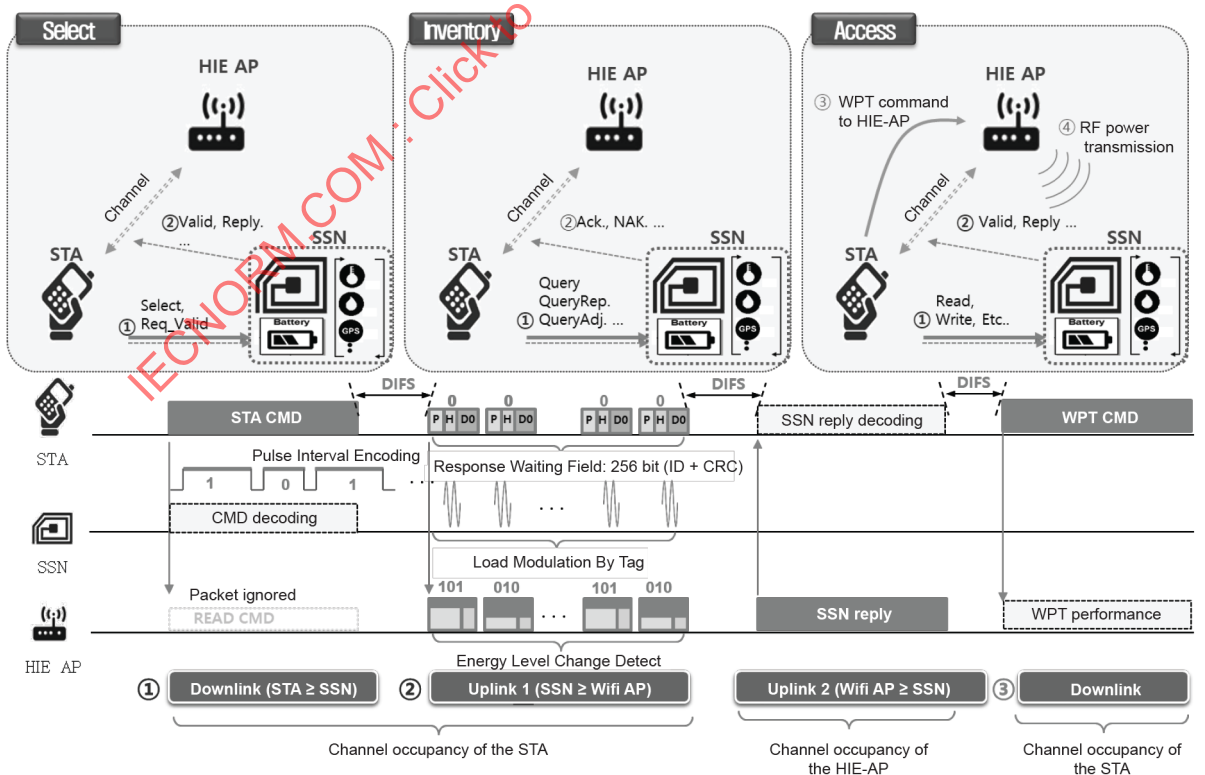


Figure 7 – RF WPT access procedures

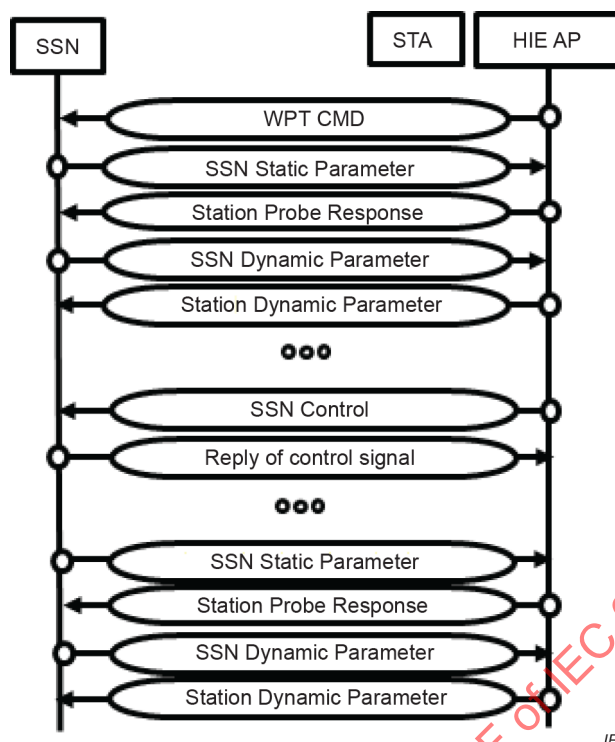


Figure 8 – RF WPT control protocol

6 Physical layer

6.1 Modulation/coding method

6.1.1 General

Clause 6 describes the construction of frames for each preamble, header, and payload, and defines a set of processes for modulation and coding.

6.1.2 Downlink modulation method

Downlink sequence of RF WPT communication uses the PIE method in which the length of a packet is modulated according to the data. As shown in Figure 9, Data "0" in this downlink method consists of a modulated preamble (P) + header (H) + data 0 (D0) that is a short null data packet (NDP) without a payload. Data "1" in this downlink method consists of a modulated preamble (P) + header (H) + data 1 (D1) that is a long null data packet (NDP) without a payload. The OFDM training structure in Figure 9 is mainly used in time division multiple access. The training sequence is used in order to maintain timings and to equalize them with the channel.

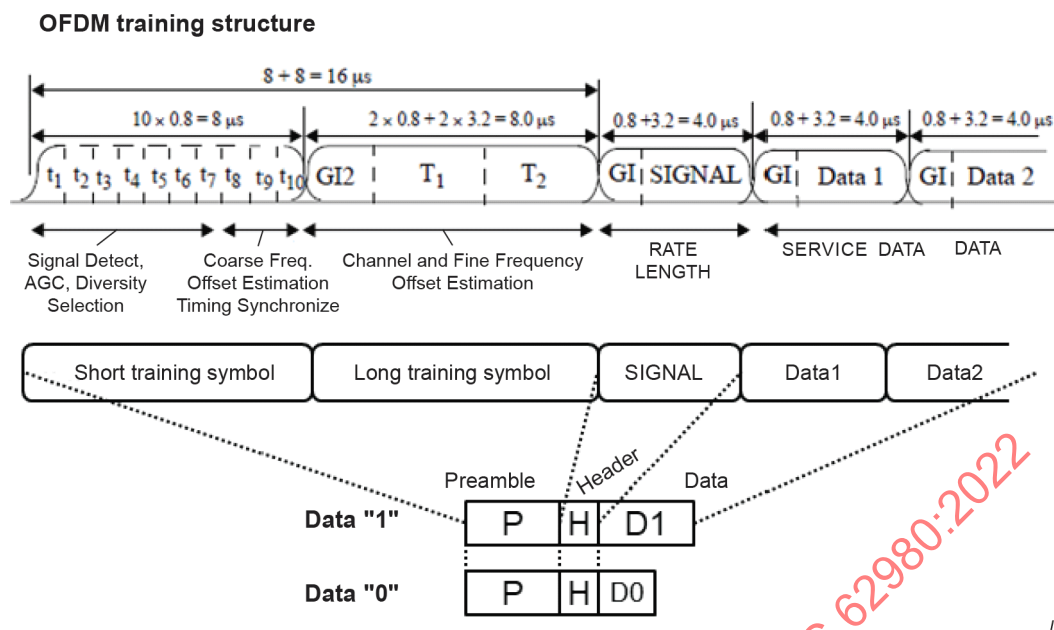


Figure 9 – PIE method packet configuration

6.1.3 Uplink modulation method

In uplink sequence of RF WPT, the SSN changes the sensitivity of the received signal of the channel between the STA and HIE-AP according to the data through backscatter modulation. The uplink transmission involves utilizing the NDP, which represents a signal of 0 in Figure 9, and the two-level method in which the sensitivities of the received signals of 0 and 1 are different.

6.1.4 Downlink coding method

6.1.4.1 Preamble

The preamble transmits the preamble sequence 1111_0000_2 (see 6.2.2.2) as shown in Figure 10, using the PIE method.

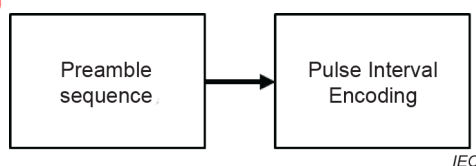


Figure 10 – Modulation and coding of the downlink preamble

When SSNs are woken up using the downlink preamble, variations of the preamble can be continuously transmitted so that the channel is not lost according to the power required by each SSN. The preamble transmission for wakeup continues while the STA attempts to communicate with the SSN. The variable wakeup process can require the transmission of additional preambles depending on the distance to the SSN, as well as the power required by the SSN.

6.1.4.2 Payload

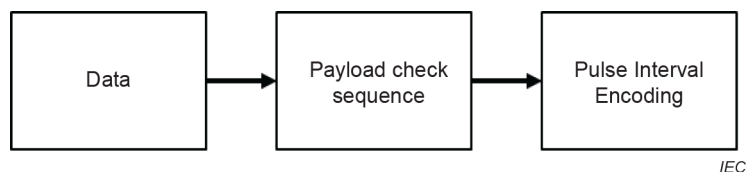


Figure 11 – Modulation and coding of the downlink preamble

The payload in Figure 11 adds 5 bits of the payload check sequence to the data to be transmitted, as described in 6.2.2.3, and it transmits the data using the PIE method.

6.1.5 Uplink coding method

6.1.5.1 Preamble

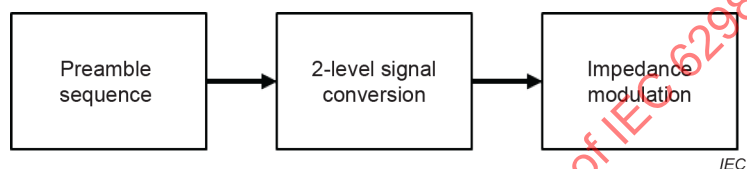


Figure 12 – Modulation and coding of the uplink preamble

The preamble in Figure 12 converts the preamble sequence defined in 6.2.3.2 using the two-level method, and then transmits it using impedance modulation.

6.1.5.2 Payload

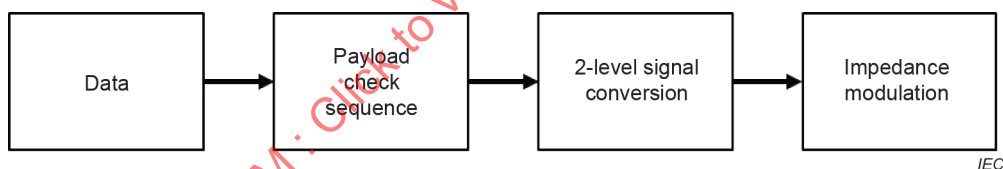


Figure 13 – Modulation and coding of the uplink payload

The payload data in Figure 13 can be a maximum of 256 bits. The payload adds 5 bits of the payload check sequence to the data to be transmitted, as discussed in 6.2.3.3, converts the data using the two-level method, and transmits the data using impedance modulation.

6.2 Frame structure

6.2.1 General

In 6.2, the frame structure of the physical layer is defined. The downlink frame is transmitted from the STA to the SSN, and the uplink frame is transmitted from the SSN to the HIE-AP. The transmission frame structure is defined accordingly. The packets to be transmitted in the frame are coded using the method defined in 6.1 according to the transmission direction.

6.2.2 Downlink frame structure

6.2.2.1 General

The downlink frame structure consists of a preamble and payload, as shown in Figure 14. The payload consists of data and frame check sequence fields. The frame is transmitted from the most significant bit (MSB). The data unit of the frame is bit, and it is coded using the method defined in 6.1.3.

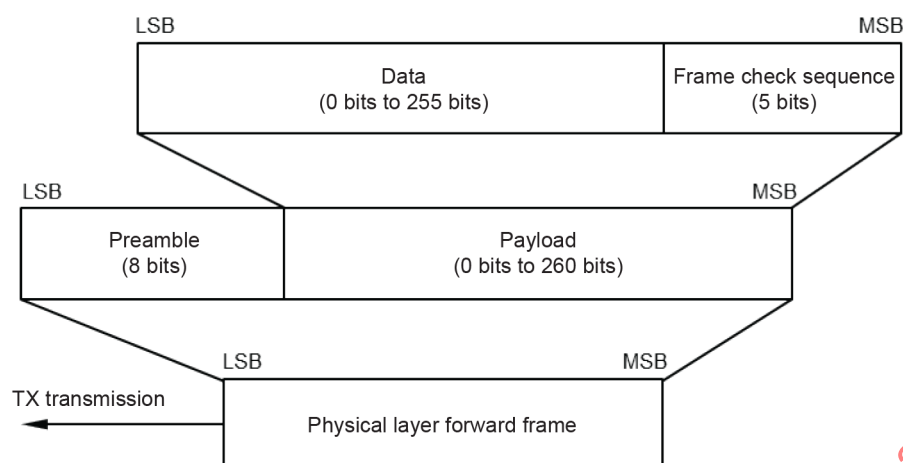


Figure 14 – Physical layer structure of the downlink frame

6.2.2.2 Preamble

The preamble has a total of 8 bits: 4 bits of 1111_2 and 4 bits of 0000_2 , as shown in Table 1. The first 4 bits of the preamble operate the SSN, which is the receiving end, and the next 4 bits are used to find the data start position

Table 1 – Downlink preamble structure

Downlink preamble	Wakeup	Sync finder
Number of bits	4	4
Description	1111_2	0000_2

6.2.2.3 Payload

The payload consists of a data field to be transmitted and a frame check sequence (FCS) field to check for errors in the data field as shown in Table 2. When the length of the data is zero, the frame check sequence is not included.

Table 2 – Downlink payload structure

Downlink preamble	Data	FCS
Number of bits	256	5

a) Payload data field

The recommended value of the quasi-static guarantee ratio (=payload/data rate), which is used to maintain channel stability during communication based on backscatter, is 0,012 8. In other words, 256 payloads are available because 320 payloads are available at a data rate of 30 kb/s, in accordance with this document.

b) FCS

The FCS field is created using a 5-bit cyclic redundancy code (CRC). It is calculated for the payload data and is not created if the length of the payload data is zero. The FCS is calculated according to the definition in Table 3 and is then replaced with a complement to be sent after the data.

Table 3 – Downlink frame check CRC

CRC type	Length	Polynomial	Initial value	Residual value
-	5 bits (packets)	$x^5 + x^3 + 1$	01001 ₂	00000 ₂

6.2.3 Uplink frame structure

6.2.3.1 General

The uplink frame structure consists of a preamble and payload, as shown in Figure 15. The preamble consists of the frame detection, starting point finder, and data preamble. The payload consists of data and the FCS. The data unit of the frame is the bit, and the frame is coded using the method defined in 6.1.4. When the same data (0 or 1) occurs consecutively due to the backscatter frequency during uplink transmission from the SSN to the STA, the data might not be distinguished because of the DC offset. Therefore, the FM0 and Miller encoding methods are introduced for the uplink process and summarized in 7.2.2 and 7.2.3.

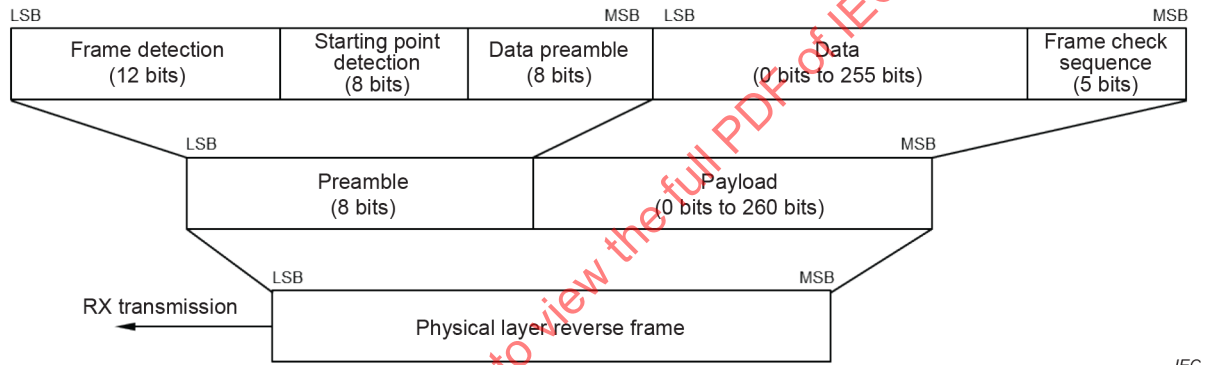


Figure 15 – Physical layer structure of the uplink frame

6.2.3.2 Preamble

The preamble consists of a 12-bit frame detection field, an 8-bit starting point finder field, and an 8-bit data preamble, as shown in Table 4. As the preamble is transmitted from the MSB, the MSB of the frame detection field is transmitted first, and the least significant bit (LSB) of the data preamble is transmitted at the end. The preamble is coded using the two-level method described in 6.1.2.

Table 4 – Uplink preamble structure

Uplink preamble	Frame detection	Starting point detection	Data preamble
Number of bits	12	8	8
Description	0010_1010_1010 ₂	1011_0000 ₂	

a) Frame detection

The frame detection method involves 2 bits of 00_2 , 8 bits of AA_h , and 2 bits of 10_2 , as shown in Table 5. The first 2 bits are employed to identify the characteristics of the reference channel. The next 8 bits are used to detect the frame using the channel reception sensitivity change of the SSN (the difference between data bit 0 and 1 in the two-level method of 6.1.2). The remaining 2 bits are used as a criterion for data determination through the RSSI or the CSI.

Table 5 – Uplink frame detection field structure

Uplink frame detection field	Reference channel	Packet detection	Criterion
Number of bits	2	8	2
Description	00_2	1010_1010_2	10_2

b) Starting point finder

The starting point finder consists of 8 bits of $B0_h$, and it identifies data using the criterion defined in the frame detection. The identified starting point detection period is employed to detect the starting position of the frame using a correlator.

c) Data preamble

The data preamble is represented by 8 bits (AA_h in the two-level case), according to the SSN modulation method, and is used as reference data during data restoration. During data restoration, data for each level are stored using the reference data, and the received data are restored by comparing the payload data with each stored level.

6.2.3.3 Payload

The payload consists of a data field to be transmitted and an FCS field to check for errors in the data field, as shown in Table 6. When the length of the data is zero, the FCS is not included.

Table 6 – Downlink payload structure

Uplink payload	Data	FCS
Number of bits	256	5

a) Data field

The data field contains data to be transmitted, and it can transmit from 0 bits to 255 bits.

b) Data check sequence field

The FCS field is created using a 5-bit CRC. It is calculated for the payload data and is not created if the length of the payload data is zero. The FCS is calculated in accordance with the definition in Table 3, and then it is replaced with a complement to be sent after the data.

7 Datalink layer**7.1 Message definition****7.1.1 General**

Subclause 7.1 proposes a message that enables the recognition of multiple SSNs for device charging and describes the configuration of a basic communication link for charging control and data transmission. Energy/data transmission is performed only for the selected SSNs.

Unlike radio-frequency identification (RFID), which continuously transmits fixed carrier frequencies, SSNs cannot maintain sustained power-on states. To address this problem, data in the volatile memory shall be maintained using minimum energy storage until the next transfer of power.

The message transmission from the STA to single or multiple SSNs uses the command transmission model, as shown in Figure 16. This model is used for the selection, initialization, and operation requests of the STA. First, for the STA to transmit a command (CMD) to the SSN, the CMD is transmitted to the SSN using the channel formed between the STA and HIE-AP. After the CMD is transmitted, the 128-bit response waiting packet (RWP) is transmitted so that the SSN can respond. The SSN responds to the STA by adjusting the signal level of the received RWP using the load modulation method. Figure 17 depicts the sequential message exchange method.

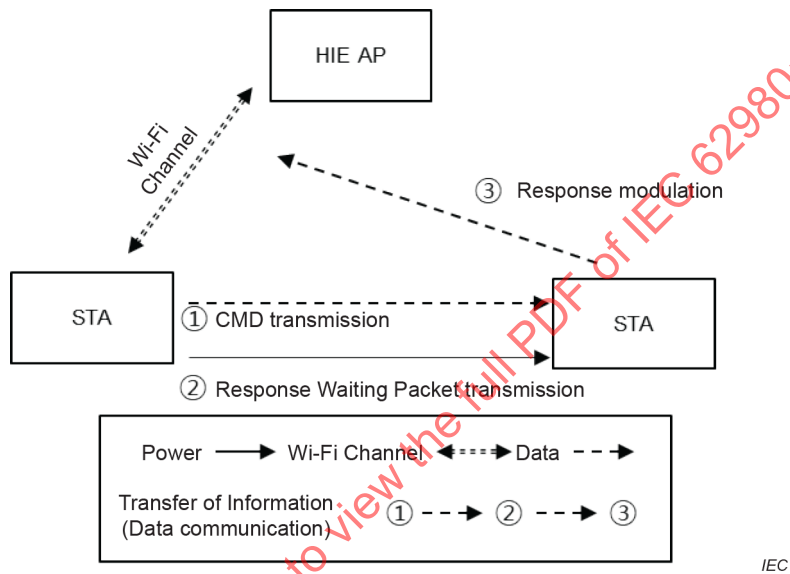


Figure 16 – Model of command transmission between the STA and SSN

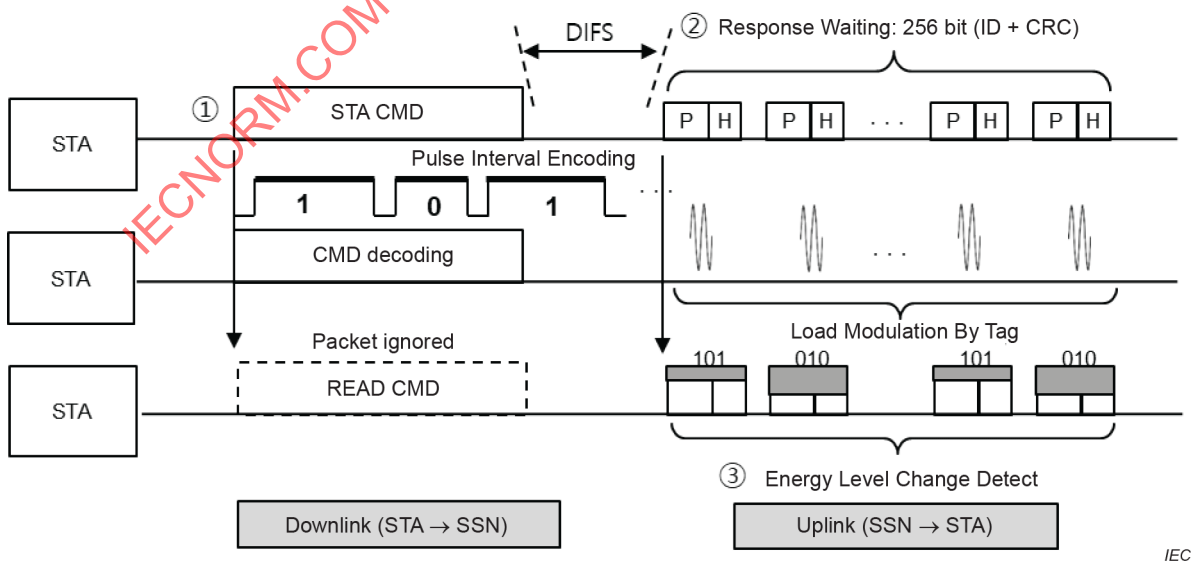


Figure 17 – Diagram of sequential command transmission between the STA and SSN

Table 7 and Table 8 list the kinds of commands transmitted from the STA to the SSN and their responses, respectively.

Table 7 – CMD list

CMD	Code	Length (bit)	Reply
Select	0000	25	Valid
Query	0001	17	Valid_Query
QueryRep	0010	6	Valid_Query
QueryAdj	0011	9	Valid_Query
Ack	0100	20	Valid_Ack
Read	0101	38	Read Reply
Write	0110	54	Write Reply
WPT	0111	24	-

Table 8 – Responses for each CMD

Response	Response code	Received CMD
Valid	8'b10101100	Select
Valid_Query	8'b01010011	Query/QueryRep/QueryAdj
Valid_Ack	16'h0ACC	Ack
Read reply	16'h0ACC	Read
Write reply	16'h0ACC	Write

In addition, the SSN (see Figure 18) proposed in this document has a memory to store battery information for WPT and consists of four banks. The value of each bank consists of 96 bits (because the response packet consists of 128 bits, 16 bits of which are used as the response preamble, while another 16 bits are used as CRC-16). The main information related to the battery and circuit is stored in bank 11 of the SSN memory space. The unique ID information of the SSN is available in bank 10. If additional sensors are connected, their measurements are stored in bank 01. In other words, sensors capable of measuring temperature, humidity, or illumination shall be added, and the memory located in bank 01, among the tag memories of the SSN, is used to access and control these sensors.

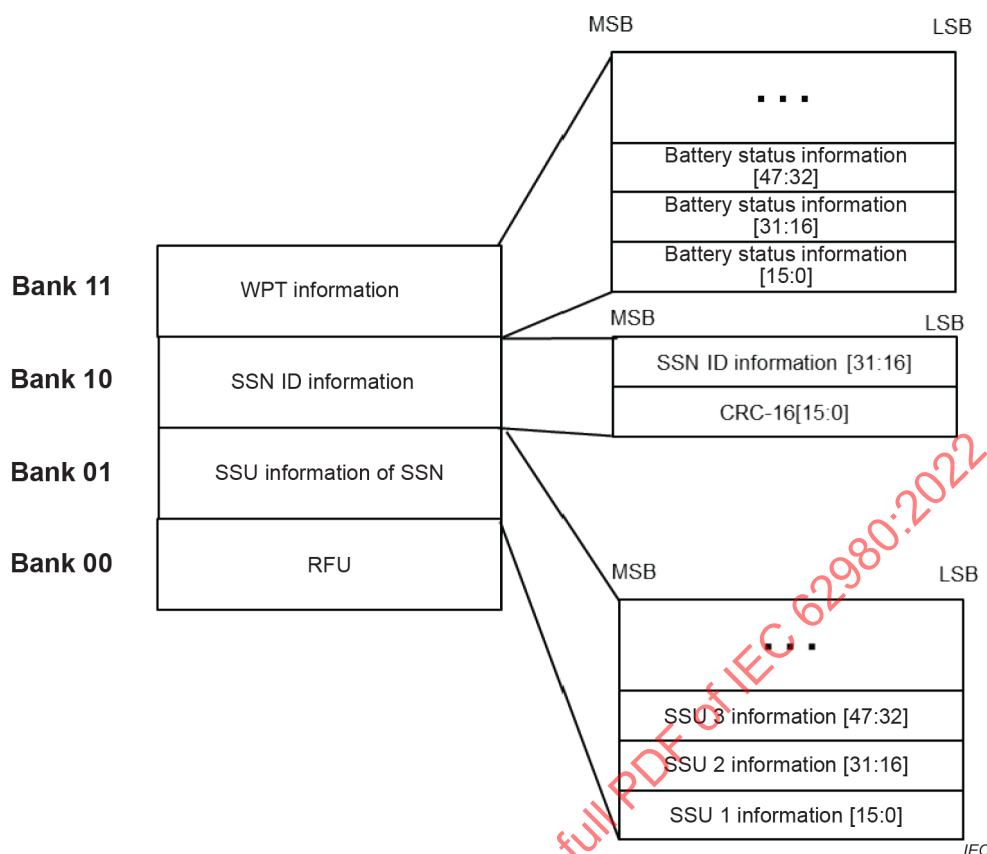


Figure 18 – SSN memory structure

The STA performs the following three steps to manage many SSNs. Each of these steps consists of multiple commands.

- Select step:** in this step, the STA selects SSNs within the power/data transmission range for use in the next process, the inventory step.
- Inventory step:** in this step, the STA recognizes SSNs. The STA starts the inventory round in one of the four sessions. When one or more SSNs respond, the STA recognizes a single tag response and requests the ID value and CRC-16 for the tag. The inventory round operates in single sessions, conducted one at a time.
- Access step:** in this step, various operations are performed on the selected individual SSNs. Prior to this step, a channel is selected so that only a single SSN can operate.

Although the entire basic operation has been described above, the communication procedure for a single SSN rather than multiple SSNs will be described in this document because authentication and security problems are not considered herein.

7.1.2 Select step

7.1.2.1 General

When there are multiple SSNs, the STA selects multiple SSNs under its control to choose a single SSN. In this case, the STA issues a select command to recognize that multiple SSNs are ready for communication. Figure 19 illustrates the method of message exchange with multiple SSNs in the select step.

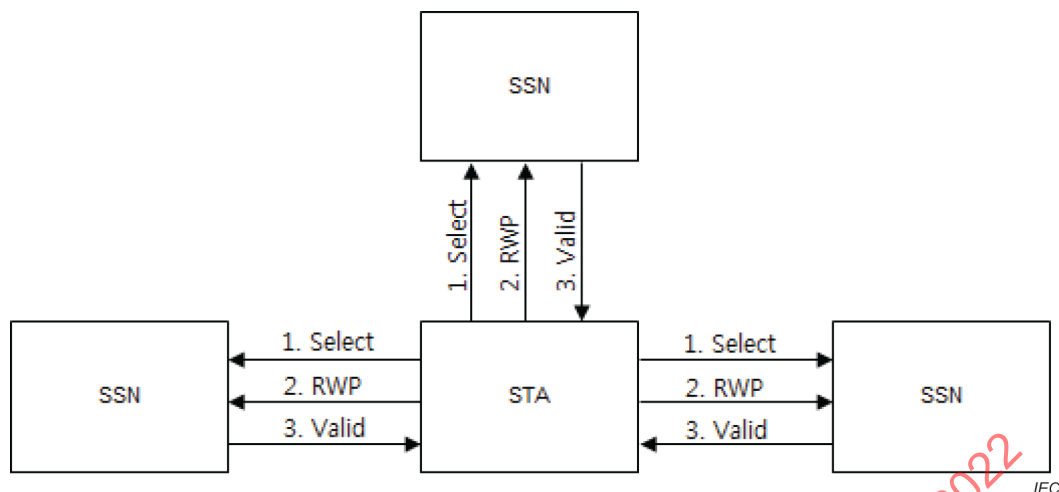


Figure 19 – Message exchange in the select step

7.1.2.2 Select step

The select CMD transmits a value to the SSN target registers, which are designated as S0-S3 and SL, so that the SSN of the corresponding register can respond. The definition of the command field used in the select CMD is as follows. The field configuration is shown in Table 9.

- Target: a field required for SSN grouping to issue a command to the SSN registers, which are designated as S0-S3 and SL.
- Action: a field determining whether the STA will continue to issue commands to the selected SSN or choose a new SSN.
- CRC-16: the polynomial $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ for computing CRC-16 is illustrated in Figure 20 using the method proposed by the International Telecommunication Union (ITU) standard. The STA applies a 16-bit polynomial to the data block to be transmitted and appends the resulting code to the block. The SSN applies the same polynomial to the data and compares the result with that sent from the STA. If the results match, the data is successfully received.

Table 9 – Select CMD

Select CMD	Command	Target	Action	CRC
Number of bits	4	3	2	16
Description	0000	000: Inventoried (S0) 001: Inventoried (S1) 010: Inventoried (S2) 011: Inventoried (S3) 100: SL 101: RFU 110: RFU 111: RFU	00: Assert SL 01: De-assert SL 10: Do nothing 11: Negate SL	CRC-16

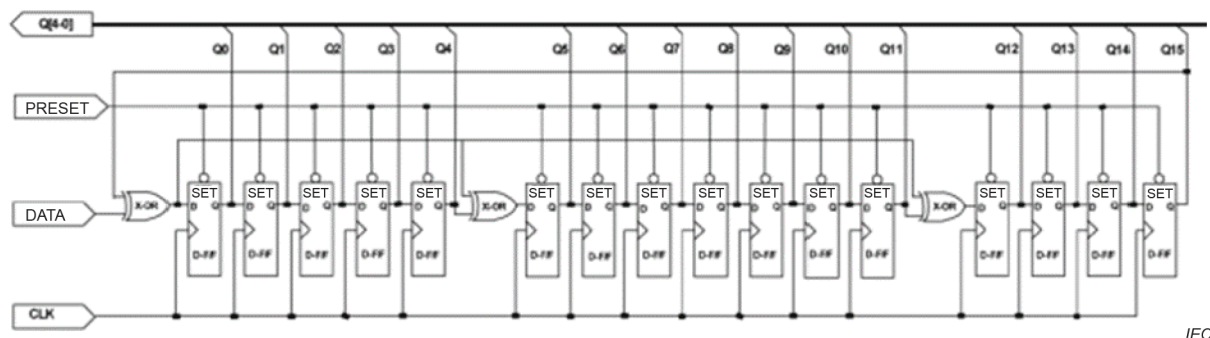


Figure 20 – CRC-16 circuit example

7.1.2.3 Valid response

The SSN selection is transmitted to the STA using the received RWP and load modulation. Valid responses are shown in Table 10. The STA recognizes the existence of the SSN by receiving 10101100, a peculiar type of response that cannot be detected by a general channel. In the case in which 248 bits of the response packet remain, they are left as an unresponsive packet.

Table 10 – Valid response

Valid response	Reply	Null
Number of bits	8	248
Description	10101100: Selected	248'h0

7.1.3 Inventory step

7.1.3.1 General

In this step, the STA performs an inventory round with the selected SSNs to recognize only one SSN. Figure 21 summarizes the procedure. The STA uses the collision avoidance algorithm to select only one SSN among the selected multiple SSNs. Since this process is beyond the scope of this document, the field is defined, but the specific action is not defined. SSNs that received a query-series command issue valid responses, and the STA transmits an Ack command to the SSNs for authentication and selects one SSN.

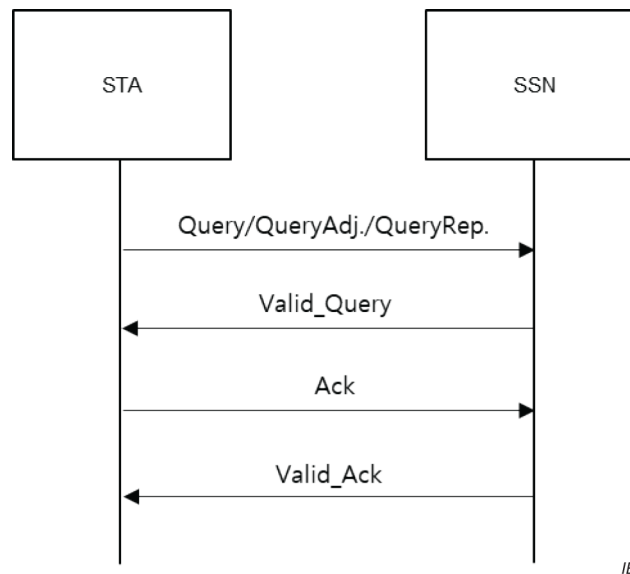


Figure 21 – Message exchange method of the inventory step

7.1.3.2 Query

The query CMD can prevent collision when there are multiple SSNs. The collision avoidance algorithm uses a randomly generated Q value, but as this document assumes that commands are issued to a single SSN, the entire system will be described by fixing the Q value to 0. The entire query command field is shown in Table 11. After the SSNs receive the corresponding commands, the SSN with $Q = 0$ sends Valid_Query.

- Sel: a command field for selecting the SSN currently selected by the STA or all nearby SSNs.
- Encoding: a command field for selecting a coding method for frequency application to eliminate DC offset in the uplink process. FM0 and Miller encoding are defined in 7.2.
- Session: a command field for selecting the five SSN register groups, S0-S3 and SL.
- Q : the STA sends a randomly generated Q value to multiple SSNs. The SSNs generate their own random numbers using the received Q value and organize a command field to use the numbers in the collision avoidance algorithm.
- CRC-5: described in 6.2.3.3 b).

Table 11 – Query CMD field

Query CMD	Command	Sel	Encoding	Session	Q	CRC
Number of bits	4	2	1	2	4	5
Description	001	00: All 01: All 10: ~SL 11: SL	0: FM0 1: Miller	00: S0 01: S1 10: S2 11: S3	0-15	CRC-5

7.1.3.3 QueryRep

The QueryRep command is used in the collision avoidance algorithm. It is defined in this document but not used in actual implementation. Multiple SSNs that have received Q values in the query command generate random numbers and have unique 2^Q values. Among the SSNs, the SSN with $Q = 0$ responds. The SSN that receives the QueryRep command continuously reduces its own Q value and responds to the STA with Valid_Query to convert the state into the next step. After SSNs receive the command, the SSN with $Q = 0$ sends Valid_Query. The data field is summarized in Table 12.

Session: a command field for selecting the SSN currently selected by the STA or all nearby SSNs. The register group to reduce the unique Q value of the SSN is selected, and commands are transmitted.

Table 12 – QueryRep CMD field

QueryRep CMD	Command	Session
Number of bits	4	2
Description	0010	00: S0 01: S1 10: S2 11: S3

7.1.3.4 QueryAdj

The QueryAdj command is another command used for the collision avoidance algorithm. It is defined in this document, but not actually implemented. As multiple SSNs that have received Q values in the query command generate random numbers and have unique 2^Q values, this command is used to adjust the Q value, which is the random number of the group selected by the query command. As the Q value increases, the collision rate among multiple SSNs decreases. In theory, 63 488 SSNs can be communicated. Table 13 shows the CMD field. After the SSNs receive the command, the SSN with $Q = 0$ sends Valid_Query.

- Session: a command field for selecting the SSN register groups, S0-S3 and SL.
- UpDn: a command field for changing the unique Q value of the SSN. Below are specific operations.
 - 110: increases the Q value, which is the random number generated by the SSN
 - 000: does not change the Q value
 - 011: decreases the Q value, which is the random number generated by the SSN

Table 13 – QueryAdj CMD field

QueryAdj CMD	Command	Session	UpDn
Number of bits	4	2	3
Description	0011	00: S1 01: S1 10: S2 11: S3	110: $Q = Q + 1$ 000: No change to Q 011: $Q = Q - 1$

7.1.3.5 Valid_Query

Among the SSNs that received Query/QueryRep/QueryAdj, which is a query-related command, the SSN with $Q = 0$ responds to the STA with the message that only itself is selected using the received RWP and load modulation. Table 14 shows the Valid_Query response. Valid_Query field 01010011, which is a peculiar type of response that cannot be detected by a general channel, is transmitted to the STA. In the case of the remaining 248 bits of the response packet, the remaining bits are left as an unresponsive packet.

Table 14 – Valid_Query response field

Valid_Query	Reply_Query	Null
Number of bits	8	248
Description	01010011: Query reply	248'h0

7.1.3.6 Ack

The Ack command is the last step and is performed to confirm that the STA and SSN are connected. SSNs that failed to receive the Ack command during communication return to the initial state and wait for another command. Table 15 shows the command field. In response to this command, the SSN transmits Valid_Ack to the STA.

Ack number: a command field signifying the acknowledge number that finally confirms that a single SSN is connected to the STA by transmitting signals of various types and receiving identical responses.

Table 15 – Ack CMD field

Ack CMD	Command	Ack number
Number of bits	4	16
Description	0100	16'h0ACC

7.1.3.7 Valid_Ack

The single SSN that received the Ack command replies with the same value as 16'0ACC, which is the received Ack number, and waits for the command of the access step. Table 16 shows the Valid_Ack response. The Reply_Ack field 16'h0ACC transmitted from the Ack command is transmitted to the STA. If 240 bits of the response packet remain, they are left as an unresponsive packet.

Table 16 – Valid_Ack response field list

Valid_Ack	Reply_Ack	Null
Number of bits	16	240
Description	16'h0ACC	240'h0

7.1.4 Access step

7.1.4.1 General

The individual SSN selected in the inventory step performs various operations. In this step, the memory values of the SSN are read and written. This step also includes WPT commands.

7.1.4.2 Read

This command causes the STA to read the values existing in the memory of the SSN (including the WPT information, SSN ID information, and data measured by the sensor connected to the SSN). Table 17 shows the entire command field. The response to the read command is sent to the STA using RWP, and all 128 bits are used in the response. Table 18 shows the response field.

- MemBank: a command field for selecting a memory bank (including the WPT information, SSN ID information, and data measured by the sensor connected to the SSN) to read 96 bits.
- Ack number: a command field signifying the acknowledge number, which confirms that a single SSN is connected to the STA by transmitting signals of various types and receiving identical responses.

Table 17 – Read CMD field

Read CMD	Command	MemBank	Ack number	CRC
Number of bits	4	2	16	16
Description	0101	00: Reserved 01: SSN ID 10: SSU ID 11: WPT ID	16'h0ACC	CRC-16

Table 18 – Data field of the response to the read command

Read reply	Ack number	Memory ID	CRC
Number of bits	16	96	16
Description	16'h0ACC	Data	CRC-16

7.1.4.3 Write

This command instructs the STA to write data to the memory inside the SSN (including the WPT information, SSN ID information, and data measured by the sensor connected to the SSN). Table 19 shows the entire command field. The 48-bit write reply representing success or failure is transmitted to the STA in response to the command. Table 20 shows the response to the command.

- MemBank: a command field for selecting a memory bank (including the WPT information, SSN ID information, and data measured by the sensor connected to the SSN) to input 16 bits.
- WordPtr: a field that selects a position in the bank to write data to the (16-bit) word of the selected memory bank in 16 bits, where 00h indicates the first 16-bit word, and 01h indicates the second 16-bit word. Up to 0Fh is available.
- Data: a command field for transmitting the Ack number and 16-bit data processed with exclusive OR for encryption.
- Ack number: a command field signifying the acknowledge number, which confirms that a single SSN is connected to the STA by transmitting a signal with various types and receiving the same response.
- Write success: a 16-bit response to the write command. It verifies the validity of the received data by transmitting the decoded value of the received encrypted data to the STA.

Table 19 – Write CMD field

Write CMD	Command	MemBank	WordPtr	Data	Ack number	CRC
Number of bits	4	2	16	16	16	16
Description	0110	00: Reserved 01: SSN ID 10: SSU ID 11: WPT ID	Address pointer	Ack number ⊗ word written	16'h0ACC	CRC-16

Table 20 – Data field of the response to the write command

Read reply	Ack number	Write success	CRC
Number of bits	16	16	16
Description	16'h0ACC	Writing data	CRC-16

7.2 Data encoding

7.2.1 General

The FM0 and Miller encoding methods are introduced to distinguish data during the uplink process from the SSN to the STA. The encoding method for the uplink of the SSN is determined and transmitted by the STA, and it is divided into FM0 and Miller encoding methods. In this standard, only the Miller encoding method with $M = 2$ is adopted.

7.2.2 FM0 encoding

For the uplink data encoding in the STA, the query CMD commands the FM0 encoding method. In this case, data are transmitted through FM0 encoding, according to the fixed uplink frequency. Figure 22 and Figure 23 depict the basic functions for FM0 encoding and the state diagram for FM0 encoding generation, respectively.

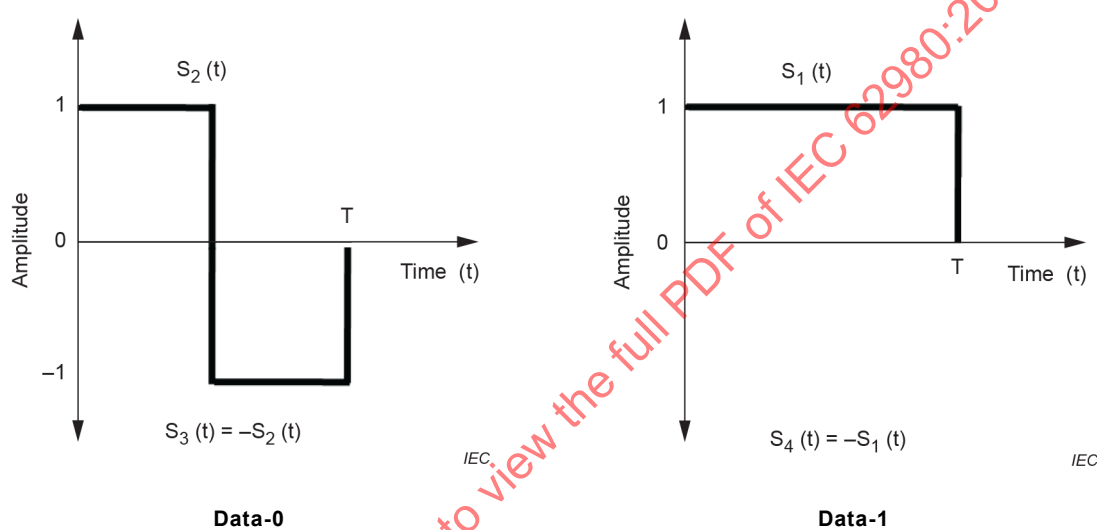


Figure 22 – Basic functions for FM0 encoding

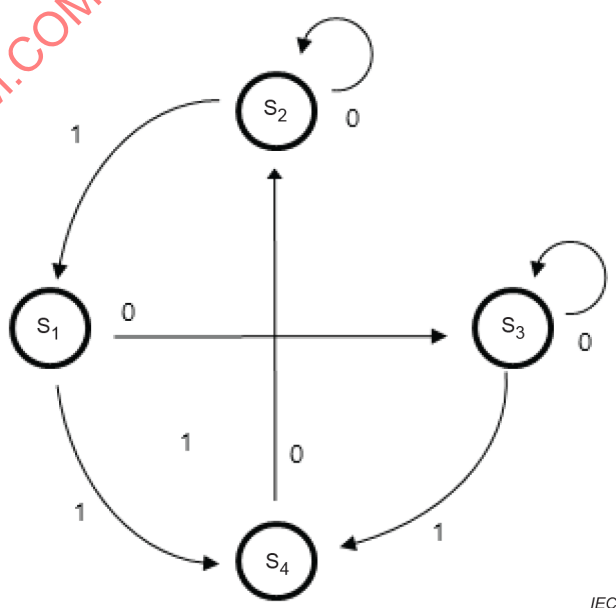


Figure 23 – State diagram for FM0 encoding generation

7.2.3 Miller encoding

Figure 24 and Figure 25 illustrate the basic functions for Miller encoding and the state diagram for Miller encoding generation, respectively. In Miller encoding, the phase is inverted when data-0 continuously occurs. In the case of data-1, the phase is inverted in the middle of the data. Figure 26 shows the encoding theory combining Miller basic functions. Symbols S_1 to S_4 represent Miller encoding symbols, which use the phase inversion of Miller basic functions. In this document, only the Miller encoding method with $M = 2$ is used.

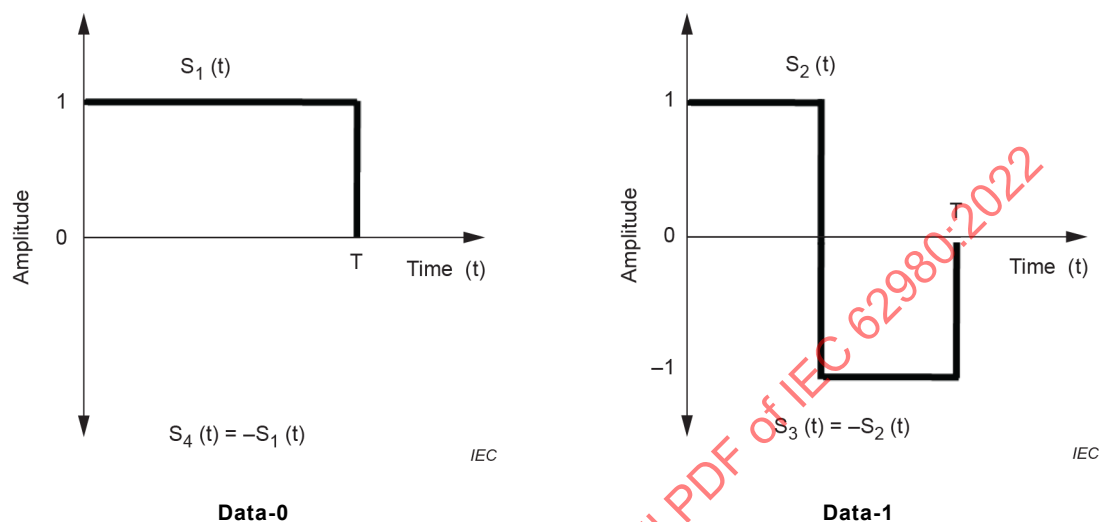


Figure 24 – Basic functions for Miller encoding

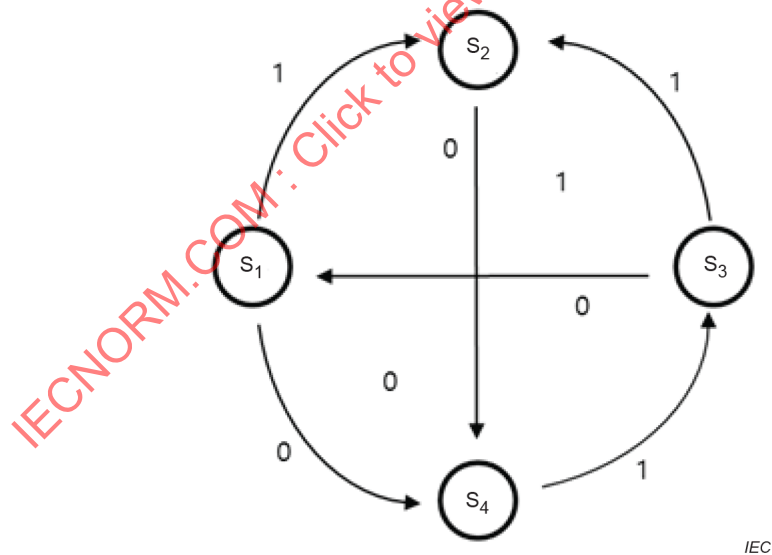


Figure 25 – State diagram for FM0 encoding generation

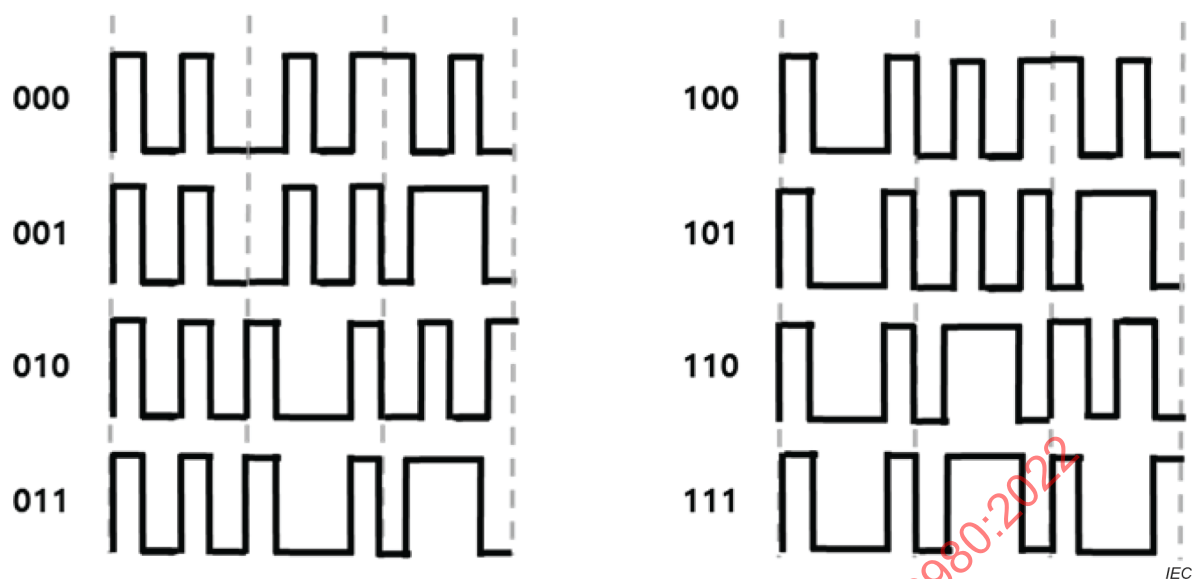


Figure 26 – Encoding theory combining basic Miller functions

8 RF WPT control protocol

8.1 Wireless charging architecture

8.1.1 General

The wireless charging network between the HIE-AP and battery-free SSN has a star topology structure. The HIE-AP exchanges data with the SSN in real time, determines the operating point, and allocates resources. Each battery-free SSN transmits its own information and receives control messages from the HIE-AP operating as a network coordinator.

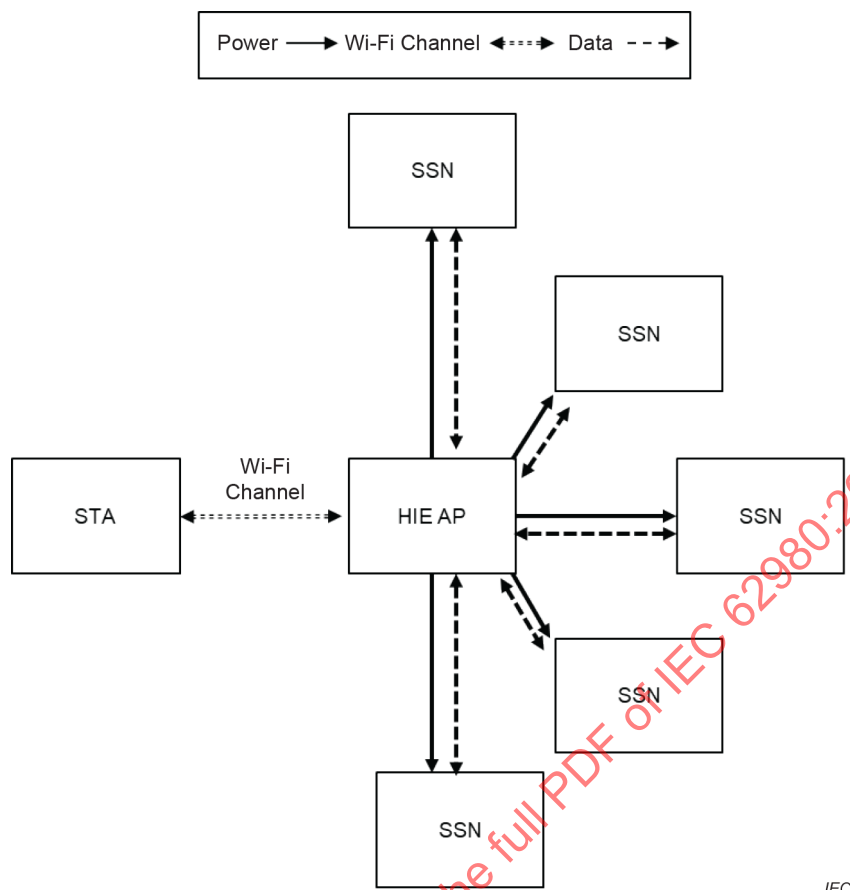


Figure 27 – Basic configuration of the RF wireless charging network of the proposed standard

The HIE-AP in Figure 27 creates and maintains a wireless charging network. In the wireless charging state, the HIE-AP sets the RF WPT timing and order for multiple battery-free SSNs.

8.1.2 Power control purpose of RF WPT

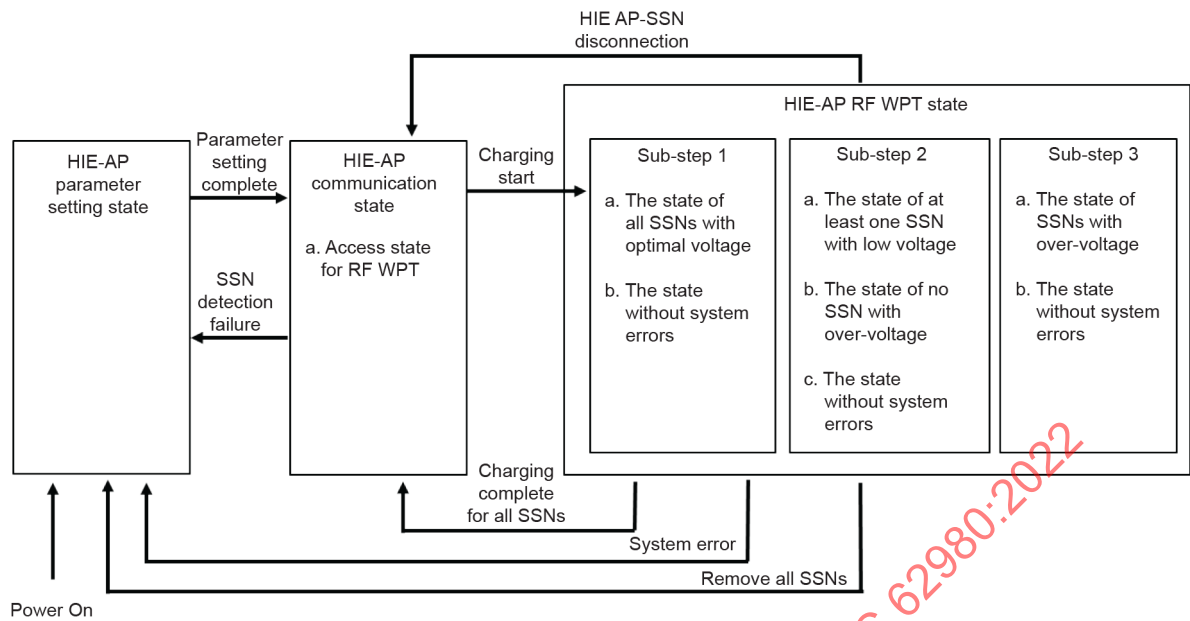
The power control specifications have the following purposes:

- to protect the SSN from over-voltage;
- to restrict the rectified voltage output of the SSN to less than the maximum rectified voltage;
- to restrict the rectified voltage outputs of all of the SSNs to greater than the minimum desired rectified voltage;
- to control the output power to maximize the power or overall system efficiency.

8.1.3 HIE-AP operation control

HIE-AP operates in RF WPT as illustrated in Figure 28.

- **HIE-AP parameter setting state:** the state in which the HIE-AP turns on the power, conducts a self-test, and adjusts itself.
- **HIE-AP communication state:** the state of communicating until RF WPT is initiated, depending on the battery situation. WPT is possible after the STA recognizes multiple SSNs.
- **HIE-AP RF WPT state:** the state in which the rectifier voltage state of the SSN is continuously monitored, and RF WPT is conducted within the range desired by the SSN.



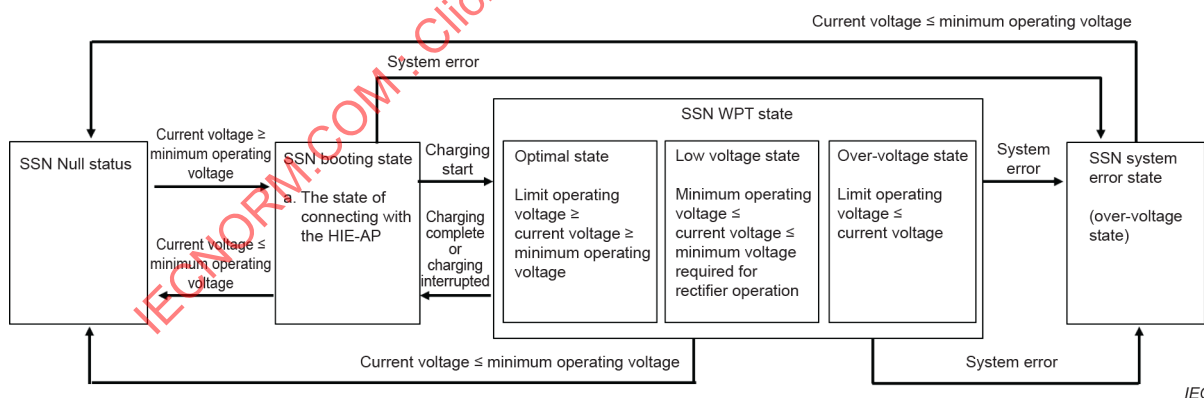
IEC

Figure 28 – HIE-AP operation in RF WPT in the proposed standard

8.1.4 SSN operation control

SSNs operate as shown in Figure 29.

- **SSN null state:** the starting state for all states.
- **SSN booting state:** the state of connecting with the HIE-AP to receive RF WPT.
- **SSN WPT state:** the state of receiving RF WPT from the HIE-AP.
- **SSN system error state:** the states of over-voltage, over-current, and temperature overload.



IEC

Figure 29 – SSN operation in RF WPT in the proposed standard

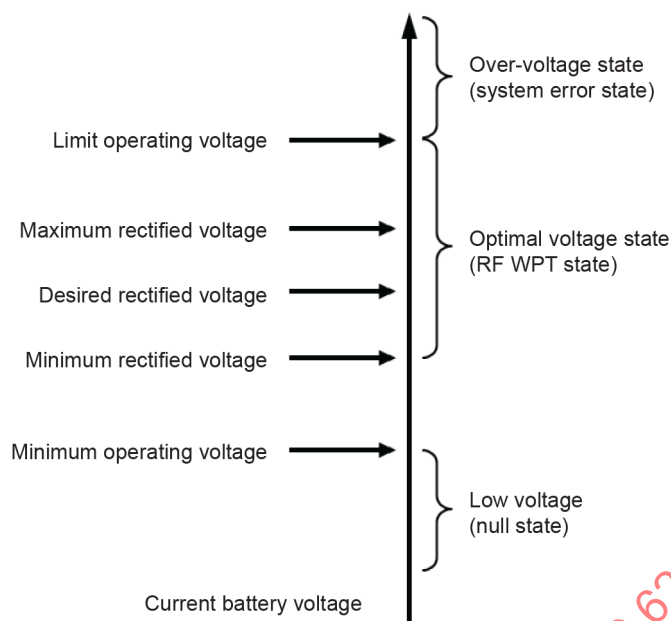


Figure 30 – Operating range of the rectified battery voltage

Figure 30 shows the operating range of the rectified battery voltage for the SSN.

8.2 RF WPT process

8.2.1 General

RF WPT begins by recognizing nearby SSNs through multiple SSN select and inventory commands. Through the process of recognizing nearby SSNs, the ID values of the SSNs are recognized, and a single communication channel can be secured for each SSN. WPT commands are sent to each SSN to perform authentication and connection processes and confirm whether the device is capable of RF WPT. The transmission power is determined based on the SSN information obtained through the connection process, and the determined transmission power is transmitted. The status is continuously monitored through the read command during the transmission process. Figure 31 shows the overall information acquisition and control processes of the RF WPT proposed in this document.

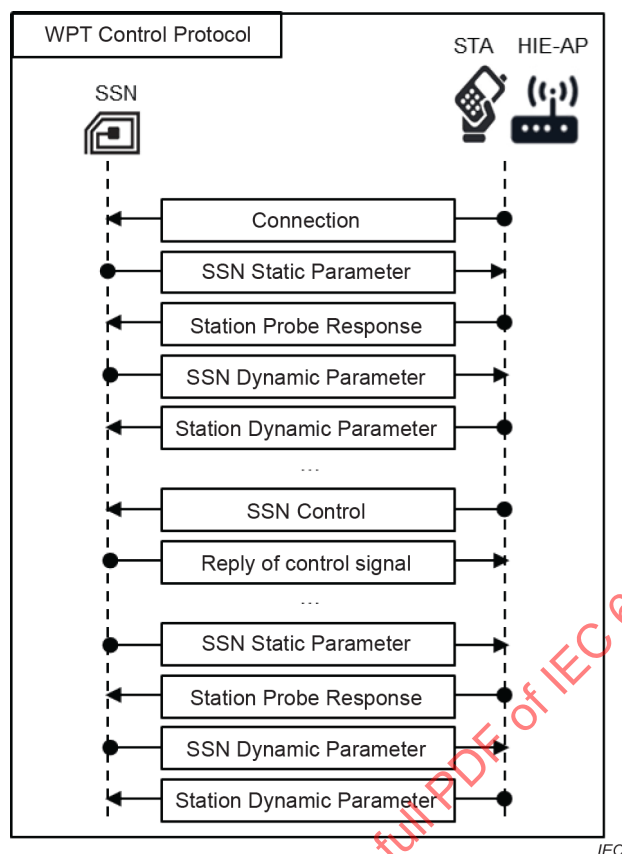


Figure 31 – RF WPT information acquisition and control protocol of the proposed standard

After the WPT CMD is issued, the SSN continuously transmits static and dynamic information about its battery and load, and the HIE-AP controls the RF WPT in real time accordingly.

8.2.2 General WPT management

A command to the HIE-AP for RF WPT to SSNs after the STA recognizes multiple SSNs. Following the command, the HIE-AP continuously transmits and receives information necessary for RF WPT and controls power to be transmitted. Table 21 and Table 22 show the entire command field and WPT sub-CMD list, respectively.

Table 21 – WPT CMD field

WPT CMD	WPT command	WPT CMD classification	Ack number
Number of bits	4	4	16
Description	0111	0001	16'h0ACC

Table 22 – WPT sub-CMD list

WPT sub CMD	Code	Length (bit)
WPT	0001	24
SSN control	0010	28
Reply of SSN control	0011	24
SSN static parameter	0100	56
SSN dynamic parameter	0101	80

8.2.3 SSN control

An SSN control command is a command sent from the HIE-AP, such as a power transfer start or stop command, for RF WPT to the SSN. The HIE-AP continuously receives the static and dynamic information about the SSN and controls the RF WPT in real time through this command. Table 23 and Table 24 show the field of the SSN control command and the detailed WPT allowed field. In addition, Table 25 shows the response to the SSN control command.

Table 23 – SSN control field

SSN control CMD	WPT command	WPT CMD classification	WPT allowed	Ack number
Number of bits	4	4	4	16
Description	0111	0010	Refer to Table 8-3	16'h0ACC

- **WPT allowed:** a field used to notify the SSN corresponding to the HIE-AP to receive information for RF WPT.

Table 24 – Detailed WPT field description

3	2	1	0
SSN output allowed	SSN charging allowed	Output adjustment command	
1 = Allowed 0 = Not allowed	1 = Allowed 0 = Not allowed	00 = Maximum allowed power 01 = 66% * maximum power 10 = 33% * maximum power 11 = RFU	

- **SSN output allowed:** a field used to allow the HIE-AP output information to receive the current battery and output state of the SSN.
- **SSN charging allowed:** a field indicating whether the HIE-AP should command the SSN to continue or resume continuous RF WPT.
- **Output adjustment command:** a field used to control the WPT output of the current HIE-AP based on the static and dynamic information received from the SSN.

Table 25 – Response to the SSN control CMD

Reply of SSN control	Ack number	Command	WPT CMD classification
Number of bit	16	4	4
Description	16'h0ACC	0011	0011

8.2.4 SSN static parameter

The SSN static parameter transmits the static characteristics of the SSN, such as the rectifier power and voltage, to the HIE-AP. Table 26 shows each field.

Table 26 – SSN static parameter field

SSN static parameter CMD	WPT command	WPT CMD classification	Rectifier maximum power	Rectifier minimum constant voltage	Rectifier maximum constant voltage	Rectifier desired constant voltage	Ack number
Number of bits	4	4	8	8	8	8	16
Description	0111	0100	Table 27	Table 28	Table 29	Table 30	16'h0ACC

- **Rectifier maximum power:** the SSN represents the maximum allowable rectified power at its rectifier. There is a 1 mW difference for every 1 bit.

Table 27 – Rectifier maximum power field

Bit field	Power
0 to 255	0 mW to 255 mW

- **Rectifier minimum constant voltage:** the SSN represents the minimum allowable rectified constant voltage at its rectifier. There is a 1 mV difference for every 1 bit.

Table 28 – Rectifier minimum constant voltage

Bit field	Voltage
0 to 255	0 mV to 255 mV

- **Rectifier maximum constant voltage:** the SSN represents the maximum allowable rectified constant voltage at its rectifier. There is a 1 mV difference for every 1 bit.

Table 29 – Rectifier maximum constant voltage

Bit field	Voltage
0 to 255	0 mV to 255 mV

- **Rectifier desired constant voltage:** the SSN represents the desired rectified constant voltage. There is a 1 mV difference for every 1 bit.

Table 30 – Rectifier minimum constant voltage

Bit field	Voltage
0 to 255	0 mV to 255 mV

8.2.5 SSN dynamic parameter

The SSN dynamic parameter transmits the dynamic characteristics of the SSN, such as the rectifier output voltage and current, to the HIE-AP. Table 31 shows the information about each field.

Table 31 – SSN dynamic parameter field

SSN dynamic parameter CMD	WPT command	WPT CMD classification	Rectifier dynamic voltage	Rectifier dynamic current	Battery dynamic voltage
Number of bits	4	4	8	8	8
Description	0111	0101	Table 32	Table 33	Table 34
SSN dynamic parameter CMD	Battery dynamic current	Battery temperature	SSN critical state	Rectifier desired minimum voltage	Ack number
Number of bits	8	8	8	8	16
Description	Table 35	Table 36	Table 37	Table 38	16'h0ACC

- **Rectifier dynamic voltage:** dynamic voltage of the SSN rectifier (mV).

Table 32 – Rectifier dynamic voltage field

Bit field	Voltage
0 to 255	0 mV to 255 mV

- **Rectifier dynamic current:** dynamic current of the SSN rectifier (mA).

Table 33 – Rectifier dynamic current field

Bit field	Current
0 to 255	0 mA to 255 mA

- **Dynamic voltage of the battery terminal:** output dynamic voltage at the SSN battery terminal (mV).

Table 34 – Output dynamic voltage of the battery terminal

Bit field	Voltage
0 to 255	0 mV to 255 mV

- **Dynamic current of the battery terminal:** output dynamic current at the SSN battery terminal (mA).

Table 35 – Output dynamic current of the battery terminal

Bit field	Voltage
0 to 255	0 mA to 255 mA

- **Battery temperature:** current temperature of the SSN battery for preventing surge current. Bit values of 0 and 255 represent $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+215\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectively.

Table 36 – Battery temperature of the SSN

Bit field	Battery temperature
0 to 255	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $255\text{ }^{\circ}\text{C}$

- **SSN critical state:** a field used to enable critical SSN states to be responded to as quickly as possible based on the dynamic and static RF WPT parameters.

Table 37 – SSN critical state field

7	6	5	4	3	2	1	0
Over-voltage	Over-current	Temperature overload	SSN self-charging interruption	Charging complete	Wired charging detected	RFU	RFU

- **Rectifier desired minimum voltage:** minimum voltage required by the SSN rectifier terminal (mV).

Table 38 – Rectifier desired minimum voltage

Bit field	Voltage
0 to 255	0 mV to 255 mV

Annex A (informative)

Regulation and certification

The main purpose of this document is to define a protocol that uses backscattering to control RF WPT. When using this document for the shipment of a combination system of backscattering and RF power transfer, EMC, human body protection and other regulations should be taken into account given the specific circumstances of each country/area.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62980:2022

Bibliography

Wei Wang et al. Understanding and Modeling of WiFi Signal Based Human Activity Recognition. *Proceedings of the 21st Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*. ACM, September 2015, 65-76 [viewed 2022-06-07]. Available at <https://doi.org/10.1145/2789168.2790093>

IEEE Std. 802.11n, *IEEE Standard for Information technology – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput*

EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID, 2014, available at <https://www.rfidcard.com/epc-radio-frequency-identity-protocols-generation-2-uhf-rfid/>

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62980:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	47
INTRODUCTION.....	49
1 Domaine d'application	50
2 Références normatives	50
3 Termes, définitions et termes abrégés	50
3.1 Termes et définitions	51
3.2 Termes abrégés.....	52
4 Présentation générale.....	52
5 Procédures de communication pour le WPT RF	54
5.1 Généralités	54
5.2 Procédures de communication pour la communication parasite en liaison descendante	55
5.3 Procédures de communication pour la communication parasite en liaison ascendante	56
5.4 Flux de données de rétrodiffusion en liaison descendante/ascendante.....	57
5.5 Processus de WPT	58
6 Couche physique	60
6.1 Méthode de modulation/codage	60
6.1.1 Généralités	60
6.1.2 Méthode de modulation en liaison descendante	60
6.1.3 Méthode de modulation en liaison ascendante	60
6.1.4 Méthode de codage en liaison descendante.....	60
6.1.5 Méthode de codage en liaison ascendante	61
6.2 Structure de trame	62
6.2.1 Généralités	62
6.2.2 Structure de trame en liaison descendante	62
6.2.3 Structure de trame en liaison ascendante	63
7 Couche de liaison de données	65
7.1 Définition du message	65
7.1.1 Généralités	65
7.1.2 Etape de sélection	68
7.1.3 Etape d'inventaire	70
7.1.4 Etape d'accès	74
7.2 Codage des données	75
7.2.1 Généralités	75
7.2.2 Codage FM0.....	75
7.2.3 Codage Miller	76
8 Protocole de contrôle du WPT RF	78
8.1 Architecture de charge sans fil	78
8.1.1 Généralités	78
8.1.2 Objectif du contrôle de puissance du WPT RF	79
8.1.3 Contrôle du fonctionnement du HIE-AP.....	79
8.1.4 Contrôle du fonctionnement du SSN	80
8.2 Processus de WPT RF	81
8.2.1 Généralités	81
8.2.2 Gestion générale du WPT	82

8.2.3	Contrôle du SSN	83
8.2.4	Paramètre statique du SSN	84
8.2.5	Paramètre dynamique du SSN	85
Annexe A (informative) Réglementation et certification		87
Bibliographie.....		88
Figure 1 – Utilisation du WPT RF		53
Figure 2 – Structure du WPT RF fondé sur l'utilisation de la technologie de communication Wi-Fi parasite		54
Figure 3 – Procédures de communication parasite en liaison descendante/ascendante		55
Figure 4 – Procédures propres à la communication parasite en liaison descendante.....		56
Figure 5 – Procédures propres à la communication parasite en liaison ascendante.....		57
Figure 6 – Flux de données pendant la communication parasite en liaison descendante/liaison ascendante		58
Figure 7 – Procédures d'accès du WPT RF		59
Figure 8 – Protocole de contrôle du WPT RF		59
Figure 9 – Configuration des paquets avec la méthode de codage PIE		60
Figure 10 – Modulation et codage du préambule de liaison descendante		61
Figure 11 – Modulation et codage du préambule de liaison descendante		61
Figure 12 – Modulation et codage du préambule de liaison ascendante		61
Figure 13 – Modulation et codage de la charge utile en liaison ascendante.....		61
Figure 14 – Structure de couche physique de la trame en liaison descendante		62
Figure 15 – Structure de couche physique de la trame en liaison ascendante		64
Figure 16 – Modèle de transmission de commande entre la STA et le SSN.....		66
Figure 17 – Diagramme de la transmission de commande séquentielle entre la STA et le SSN		66
Figure 18 – Structure de la mémoire du SSN		68
Figure 19 – Echange de messages à l'étape de sélection		69
Figure 20 – Exemple de circuit de CRC-16		70
Figure 21 – Méthode d'échange de messages à l'étape d'inventaire		71
Figure 22 – Fonctions de base pour le codage FM0		76
Figure 23 – Diagramme d'états pour la génération du codage FM0		76
Figure 24 – Fonctions de base pour le codage Miller		77
Figure 25 – Diagramme d'états pour la génération du codage FM0		77
Figure 26 – Théorie de codage qui combine les fonctions Miller de base		78
Figure 27 – Configuration de base du réseau de charge sans fil RF de la norme proposée		79
Figure 28 – Fonctionnement du HIE-AP lors du WPT RF selon la norme proposée		80
Figure 29 – Fonctionnement du SSN lors du WPT RF selon la norme proposée.....		80
Figure 30 – Plage de fonctionnement de la tension de batterie redressée		81
Figure 31 – Protocole d'acquisition et de contrôle de l'information du WPT RF de la norme proposée.....		82
Tableau 1 – Structure du préambule de liaison descendante.....		62
Tableau 2 – Structure de charge utile en liaison descendante		63

Tableau 3 – CRC du contrôle de trame en liaison descendante	63
Tableau 4 – Structure du préambule de liaison ascendante	64
Tableau 5 – Structure du champ de détection de trame en liaison ascendante	64
Tableau 6 – Structure de charge utile en liaison descendante	65
Tableau 7 – Liste des commandes	67
Tableau 8 – Réponses pour chaque commande	67
Tableau 9 – CMD Select	69
Tableau 10 – Réponse valide	70
Tableau 11 – Champ de CMD Query	71
Tableau 12 – Champ de CMD QueryRep	72
Tableau 13 – Champ de CMD QueryAdj	72
Tableau 14 – Champ de réponse Valid_Query	73
Tableau 15 – Champ de CMD Ack	73
Tableau 16 – Liste des champs de réponse Valid_Ack	73
Tableau 17 – Champ de CMD Read	74
Tableau 18 – Champ de données de la réponse à la commande Read	74
Tableau 19 – Champ de CMD Write	75
Tableau 20 – Champ de données de la réponse à la commande Write	75
Tableau 21 – Champ de CMD WPT	82
Tableau 22 – Liste des sous-CMD WPT	83
Tableau 23 – Champ de contrôle du SSN	83
Tableau 24 – Description détaillée du champ WPT	83
Tableau 25 – Réponse à la CMD de contrôle du SSN	84
Tableau 26 – Champ de paramètre statique du SSN	84
Tableau 27 – Champ de puissance maximale du redresseur	84
Tableau 28 – Tension constante minimale du redresseur	84
Tableau 29 – Tension constante maximale du redresseur	84
Tableau 30 – Tension constante minimale du redresseur	85
Tableau 31 – Champ de paramètre dynamique du SSN	85
Tableau 32 – Champ de tension dynamique du redresseur	85
Tableau 33 – Champ de courant dynamique du redresseur	85
Tableau 34 – Tension de sortie dynamique aux bornes de la batterie	85
Tableau 35 – Courant de sortie dynamique aux bornes de la batterie	86
Tableau 36 – Température de la batterie du SSN	86
Tableau 37 – Champ d'état critique du SSN	86
Tableau 38 – Tension minimale souhaitée du redresseur	86

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROTOCOLE DE COMMUNICATION PARASITE
POUR LE TRANSFERT D'ÉNERGIE SANS FIL
PAR RAYONNEMENT RADIOFRÉQUENCE****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62980 a été établie par le domaine technique 15: Transfert d'énergie sans fil, du comité d'études 100 de l'IEC: Systèmes et équipements audio, vidéo et services de données. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
100/3797/FDIS	100/3818/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62980:2022

INTRODUCTION

Le présent document propose un protocole de communication par rétrodiffusion parasite pour les dispositifs et capteurs sans batteries liés à l'internet des objets (IoT, *Internet-of-Things*), afin d'assurer un transfert d'énergie sans fil (WPT, *Wireless Power Transmission*) par rayonnement radiofréquence (RF) sans infrastructure supplémentaire.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62980:2022

PROTOCOLE DE COMMUNICATION PARASITE POUR LE TRANSFERT D'ÉNERGIE SANS FIL PAR RAYONNEMENT RADIOFRÉQUENCE

1 Domaine d'application

Le présent document définit les procédures de transfert d'énergie vers des dispositifs d'IoT au moyen de l'infrastructure de communication existante sur les bandes ISM et du WPT RF, ainsi qu'un protocole de réseau sans fil longue distance bidirectionnel qui permet aux dispositifs d'IoT et aux points d'accès de communiquer par modulation de rétrodiffusion des signaux sur les bandes ISM. La communication sans fil longue distance bidirectionnelle fondée sur la modulation de rétrodiffusion des signaux sur les bandes ISM exige trois éléments:

- une STA qui assure le transfert sans fil de l'énergie et des paquets de données vers les SSN en créant des canaux de signaux dans les bandes ISM entre HIE-AP ;
- un SSN sans batterie qui modifie, par modulation de rétrodiffusion, la sensibilité des signaux de canal reçus depuis la STA ; et
- un HIE-AP qui décode de manière pratique les signaux du canal dont la sensibilité a été modifiée par le SSN.

Dans le présent document, les procédures de WPT RF de type CW qui utilisent la communication entre ces trois éléments sont spécifiées à partir de l'application d'une méthode de détection des CSI ou du RSSI de la communication sur les bandes ISM.

Le présent document propose un protocole de communication convergent qui peut déployer des capteurs, lesquels peuvent fonctionner à faible puissance (quelques dizaines de microwatts ou moins) sans batteries, collecter de l'énergie et assurer une communication, afin d'alimenter des SSN au moyen d'un WPT RF fondé sur une communication parasite. Cette méthode pourra être appliquée ultérieurement à des services d'application tels que l'IoT domestique, l'industrie des microcapteurs et les industries impliquées dans la surveillance de l'environnement.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 63006:2019, *Transfert d'énergie sans fil (WPT) – Glossaire des termes*

IEC TR 63239:2020, *Radio frequency beam wireless power transfer (WPT) for mobile devices* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1 Termes et définitions

3.1.1

BCU

unité de communication par rétrodiffusion

dispositif qui répond à une commande émise par une STA par un phénomène de rétrodiffusion par modulation de charge, et qui permet d'assurer une communication sans alimentation

Note 1 à l'article: L'abréviation "BCU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "backscatter communication unit".

3.1.2

BU

unité de batterie

batterie et circuit capables de recevoir de l'énergie sans fil pour assurer le fonctionnement de dispositifs et de capteurs

Note 1 à l'article: L'abréviation "BU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "battery unit".

3.1.3

HIE-AP

point d'accès hybride à l'information et à l'énergie

dispositif qui decode les signaux du canal dont la sensibilité a été modifiée par le SSN en signaux numériques (0 ou 1)

Note 1 à l'article: Un HIE-AP crée des canaux de communication avec la STA et sur les bandes ISM, détecte le niveau de CSI ou de RSSI de la réponse par rétrodiffusion depuis le SSN, et transmet les données de réponse du SSN à la STA. Il transmet également de l'énergie de type CW au SSN pour le WPT RF.

Note 2 à l'article: L'abréviation "HIE-AP" est dérivée du terme anglais développé correspondant "hybrid information and energy access point".

3.1.4

modulation d'impédance

méthode qui permet de modifier la sensibilité du signal reçu du canal entre la STA et le HIE-AP en utilisant la modulation de rétrodiffusion dans le SSN selon les données

3.1.5

SSN

nœud de capteur intelligent

dispositif qui permet de modifier la sensibilité des signaux de canal reçus en utilisant la modulation de rétrodiffusion.

Note 1 à l'article: Les SSN incluent les dispositifs d'IoT, les dispositifs embarqués et les microcapteurs.

Note 2 à l'article: Un SSN se compose d'une unité de communication par rétrodiffusion (BCU) qui prend en charge la communication sans alimentation, d'une unité de détection intelligente (SSU) qui compte différents capteurs et d'une unité de batterie (BU) qui reçoit le WPT.

Note 3 à l'article: L'abréviation "SSN" est dérivée du terme anglais développé correspondant "smart sensor node".

3.1.6

SSU

unité de détection intelligente

capteur qui peut être relié à un SSN

Note 1 à l'article: Chaque capteur exige une quantité d'énergie différente.

Note 2 à l'article: L'abréviation "SSU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "smart sensor unit".

3.1.7 STA station

dispositif qui peut assurer la communication en occupant un canal de bande ISM

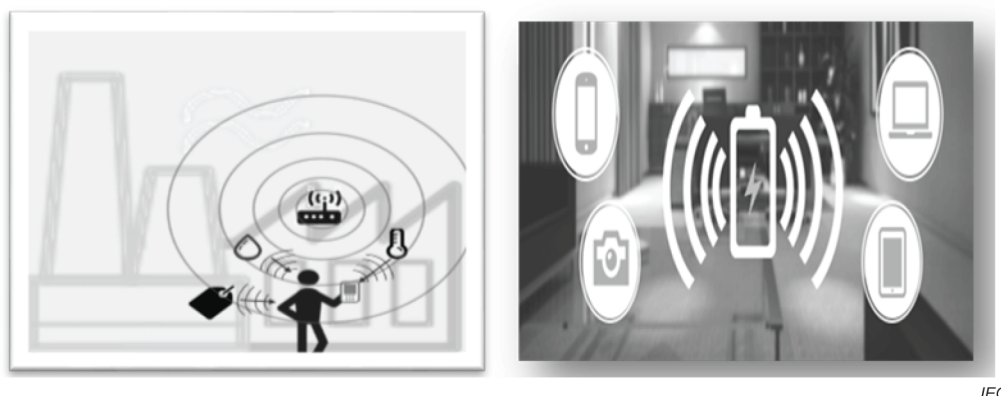
Note 1 à l'article: Elle transmet de l'énergie sans fil et des paquets de données aux SSN en créant un canal et en utilisant la méthode de codage par intervalles et impulsions (PIE, *Pulse Interval Encoding*).

3.2 Termes abrégés

MDA	modulation par déplacement d'amplitude
BCU	backscatter communication unit (unité de communication par rétrodiffusion)
BU	battery unit (unité de batterie)
CRC	contrôle de redondance cyclique
CSI	channel state information (informations sur l'état du canal)
CW	continuous wave (onde entretenue)
FCS	frame check sequence (séquence de contrôle de trame)
HIE-AP	hybrid information and energy access point (point d'accès hybride à l'information et à l'énergie)
ISM	équipement industriel, scientifique et médical
NDP	null data packet (paquet de données nul)
PIE	pulse interval encoding (codage par intervalles et impulsions)
RFID	radio-frequency identification (identification par radiofréquence)
RFU	reserved for future use (réservé à un usage ultérieur)
RSSI	received signal strength indicator (indicateur d'intensité du signal reçu)
RWP	response waiting packet (paquet d'attente de réponse)
SSN	smart sensor node (nœud de capteur intelligent)
SSU	smart sensor unit (unité de détection intelligente)
STA	station

4 Présentation générale

Le WPT RF inclut un WPT par récolte d'énergie, induction magnétique ou résonance magnétique, et implique un transfert sans fil d'énergie vers des capteurs et des applications pratiques au moyen d'ondes RF. Le présent document propose une méthode d'exécution du WPT RF vers des capteurs ou des applications sans batterie. Lors du développement de la technologie du présent document, le développeur doit se référer à l'IEC 63006:2019 et à l'IEC TR 63239:2020. La structure globale de la communication parasite destinée au WPT RF proposée dans le présent document est représentée à la Figure 1. La communication parasite (ou rétrodiffusion ambiante) utilise des signaux de radiofréquence existants, comme la radio, la télévision et la téléphonie mobile, pour transmettre des données sans batterie ni connexion au réseau électrique. Chacun de ces dispositifs utilise une antenne pour capter un signal existant et le convertir en dizaines voire en centaines de microwatts d'électricité. Le présent document définit des procédures propres aux protocoles de communication sans fil longue distance bidirectionnelle fondés sur la modulation de rétrodiffusion des signaux de fréquence dans les bandes ISM échangés entre des stations (STA) et des nœuds de capteur intelligents (SSN), par exemple des dispositifs d'IoT, des capteurs, des balises et des dispositifs embarqués, ainsi que des procédures de WPT RF depuis un point d'accès hybride à l'information et à l'énergie (HIE-AP) vers les SSN à proximité.



IEC

Figure 1 – Utilisation du WPT RF

Comme cela est représenté à la Figure 2, le protocole de communication sans fil longue distance bidirectionnelle fondé sur la modulation de rétrodiffusion des signaux dans les bandes ISM exige trois éléments:

- la STA, qui assure la communication en occupant un canal de communication et transmet de l'énergie sans fil et des paquets de données de communication au SSN dans le cadre de la méthode de codage PIE;
- le HIE-AP, qui décode les signaux du canal dont la sensibilité a été modifiée par le SSN en signaux numériques (0 ou 1). Il crée des canaux de communication avec la STA, détecte le niveau de CSI de la réponse par rétrodiffusion depuis le SSN, et transmet les données de réponse du SSN à la STA. Il transmet également de l'énergie de type CW au SSN pour le WPT RF ;
- le SSN, qui modifie, par modulation de rétrodiffusion, la sensibilité des signaux de canal reçus depuis la STA, et qui se compose d'une BCU, d'une SSU et d'une BU:
 - la BCU répond à une commande émise par une STA par rétrodiffusion en modulation de charge et peut répondre par rétrodiffusion en utilisant l'énergie sans fil transmise par la STA;
 - la SSU est constituée de plusieurs capteurs qui peuvent être reliés au SSN, chacun exigeant une quantité d'énergie différente;
 - la BU est constituée d'une batterie et d'un circuit capables de recevoir de l'énergie sans fil pour assurer le fonctionnement des nœuds et des capteurs.

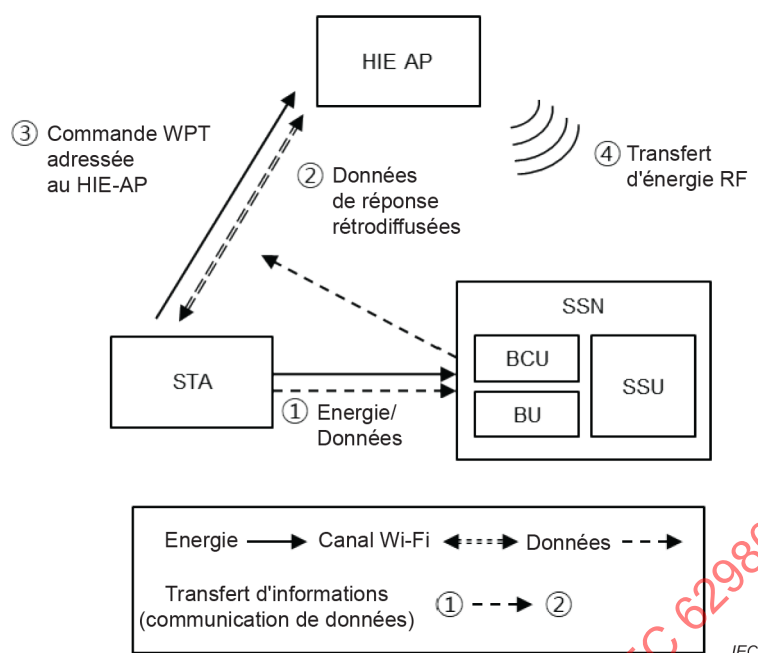


Figure 2 – Structure du WPT RF fondé sur l'utilisation de la technologie de communication Wi-Fi parasite

Pour récapituler, la puissance RF est d'abord transmise de la STA au SSN pour faire fonctionner la BCU de ce dernier. Ensuite, le SSN envoie ses données destinées à la STA sur le canal créé entre la STA et le HIE-AP, en modifiant sa charge. Le HIE-AP peut recevoir les données du SSN en décodant le niveau de CSI des informations envoyées par le SSN. Ces informations envoyées par le SSN comprennent des informations d'identification ainsi que des informations relatives à la batterie et des données de capteur. La STA transfère l'énergie sans fil au HIE-AP. Le HIE-AP exécute et contrôle le WPT RF en temps réel à partir des informations envoyées par le SSN concernant la batterie, la tension du SSN lui-même et le niveau de batterie restant.

Les systèmes de chargement sans fil à plusieurs dispositifs qui utilisent la communication en champ dans la bande pour l'échange de données et de signaux de commande utilisent la même fréquence dans la zone du champ afin d'augmenter le rendement de la fréquence. Les informations relatives à la réglementation et à la certification sont données à l'Annexe A.

5 Procédures de communication pour le WPT RF

5.1 Généralités

La technologie de communication parasite utilisée pour les WPT RF en liaison ascendante et descendante peut faire l'objet d'une description distincte. Pour la transmission en liaison descendante, l'information est envoyée par la STA au SSN, tandis que pour la transmission en liaison ascendante, l'information est envoyée par le SSN à la STA (voir Figure 3).

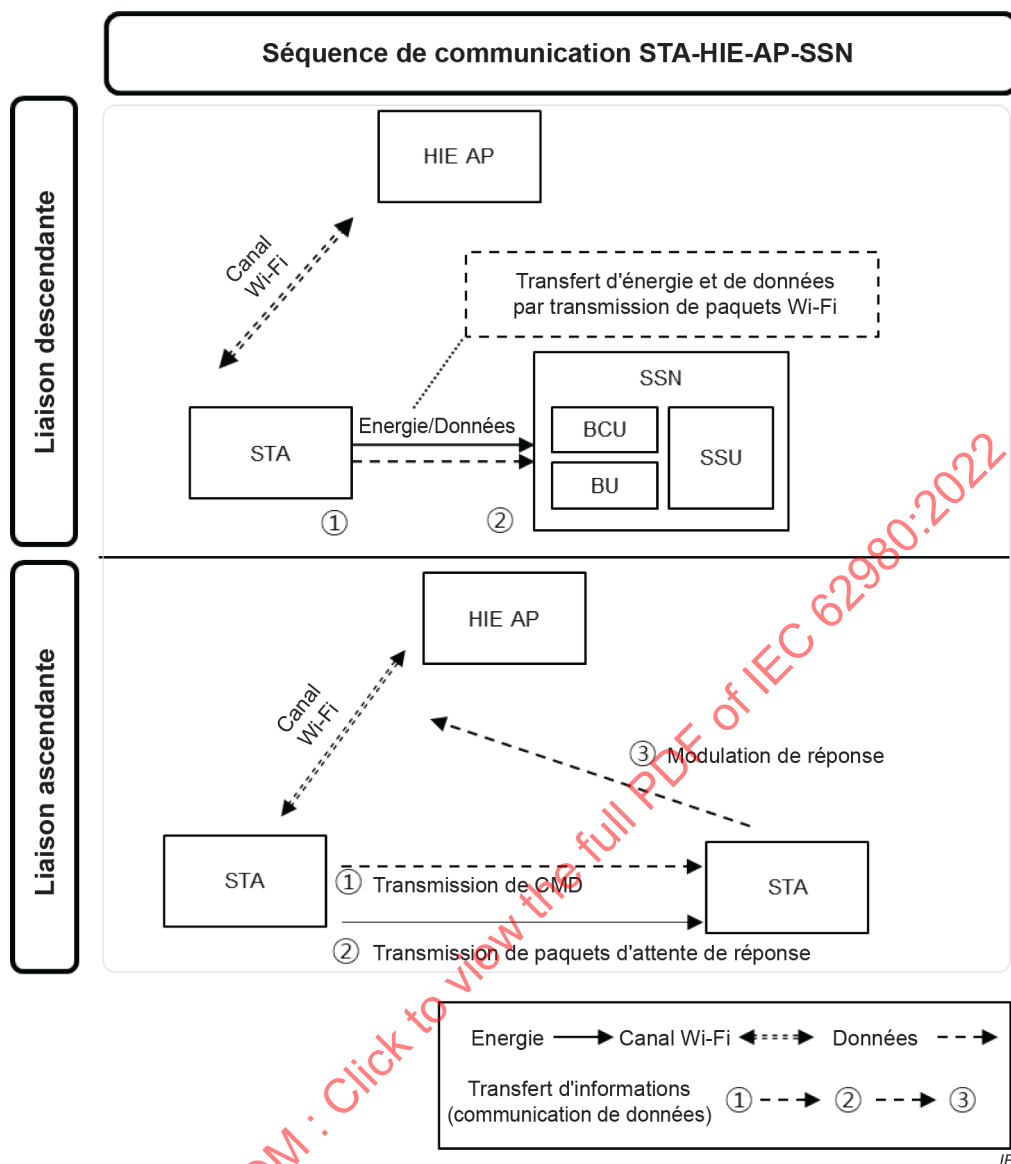


Figure 3 – Procédures de communication parasite en liaison descendante/ascendante

5.2 Procédures de communication pour la communication parasite en liaison descendante

Les procédures de communication en liaison descendante sont représentées à la Figure 4. Premièrement, la STA et le HIE-AP créent un canal de communication. La STA transmet un paquet de données à l'AP et au SSN simultanément (① -> ②). Le SSN décode le paquet reçu, puis interprète les informations envoyées par la STA. Enfin, la STA effectue l'opération indiquée par la commande en utilisant l'énergie contenue dans le paquet.

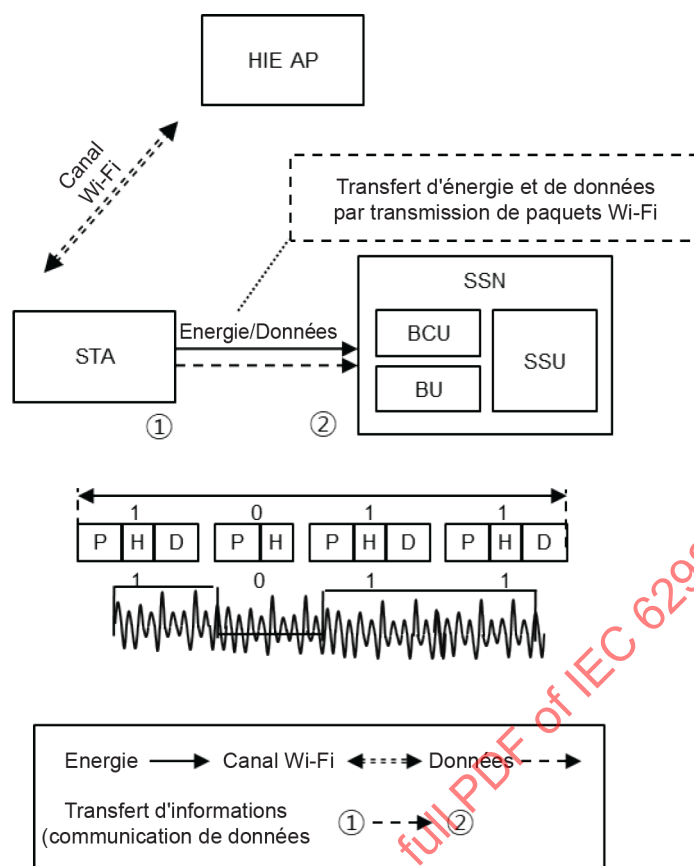


Figure 4 – Procédures propres à la communication parasite en liaison descendante

5.3 Procédures de communication pour la communication parasite en liaison ascendante

Les procédures de communication en liaison ascendantes sont représentées à la Figure 5. Pour une communication en liaison ascendante, un HIE-AP distinct est nécessaire pour lire les informations transmises par le SSN (① -> ② -> ③). Premièrement, la STA crée un canal avec le HIE-AP et mesure la sensibilité des signaux reçus par le biais du RSSI ou des CSI. Cette procédure est utilisée car le SSN n'assure pas directement la communication active, mais modifie la sensibilité des signaux reçus sur le canal entre la STA et le HIE-AP par modulation de rétrodiffusion lorsque la STA émet de l'énergie et des paquets en continu. Cette modification du signal finit par affecter le RSSI ou les CSI de l'intensité du signal reçu du HIE-AP. De cette façon, lorsque le SSN modifie la sensibilité du signal reçu en utilisant une méthode semblable à la modulation par déplacement d'amplitude (MDA), fondée sur la modulation de rétrodiffusion, le HIE-AP mesure la sensibilité du signal Wi-Fi reçu et décode l'information émise par le SSN à partir de cette sensibilité (plus spécifiquement, la valeur 1 est attribuée lorsque la sensibilité reçue est supérieure à la sensibilité de référence, et la valeur 0 est attribuée dans le cas contraire).

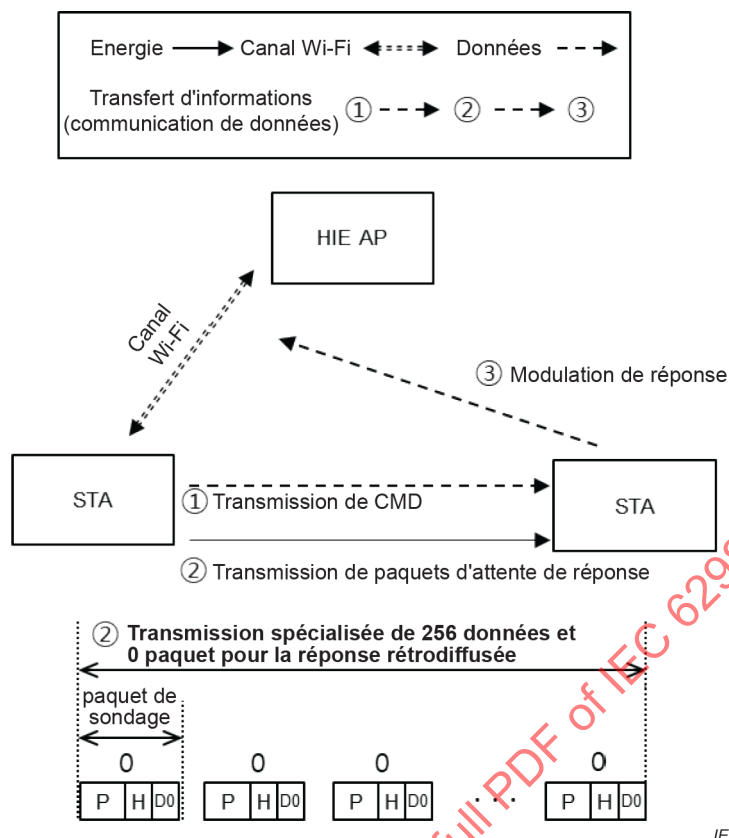
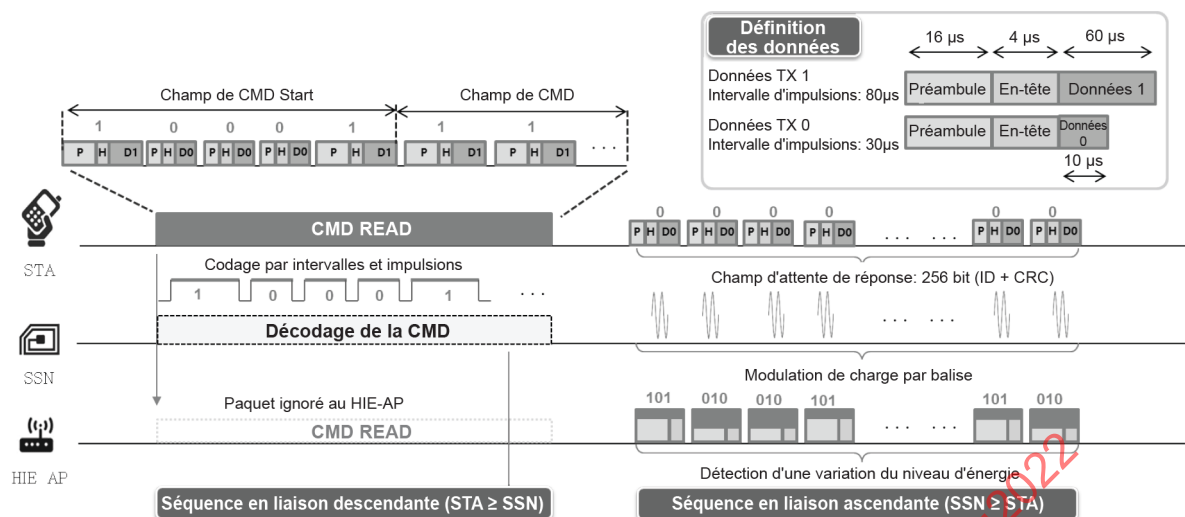


Figure 5 – Procédures propres à la communication parasite en liaison ascendante

5.4 Flux de données de rétrodiffusion en liaison descendante/ascendante

La Figure 6 décrit en détail le flux de données pendant la communication en liaison descendante/ascendante. Pendant la transmission en liaison descendante, la STA envoie une charge utile préambule(P) + en-tête(H) + données 1(D1) (P+H+D1) lorsque la valeur transmise est 1, et une charge utile préambule(P) + en-tête(H) + données 0(D0) (P+H+D0) lorsque la valeur transmise est 0. Le codage est assuré par une méthode de type PIE. La Figure 6 décrit le processus d'envoi d'une séquence 1000111b, à titre d'exemple. Le SSN décode la commande de la STA en détectant le niveau d'énergie et en mesurant la longueur du paquet reçu. Le SSN reçoit les informations binaires dans le paquet Wi-Fi, sans interprétation. Pendant la communication en liaison ascendante, la balise envoie une charge utile P+H+D0. Dans ce cas, le SSN est décodé comme 000...000b, et la transmission en liaison ascendante est reconnue. Le SSN effectue une modulation de rétrodiffusion sur les informations à envoyer. Dans l'exemple, le SSN envoie la séquence 1000...11b au HIE-AP.

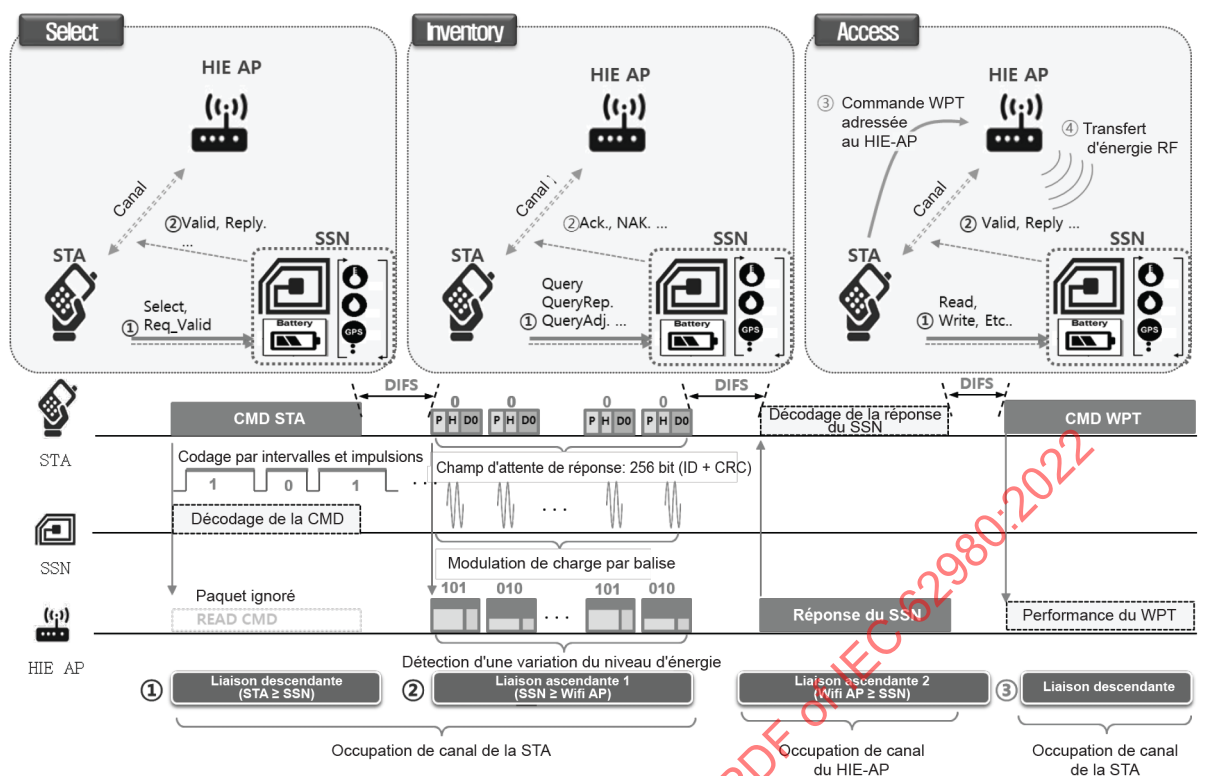


IEC

Figure 6 – Flux de données pendant la communication parasite en liaison descendante/liaison ascendante

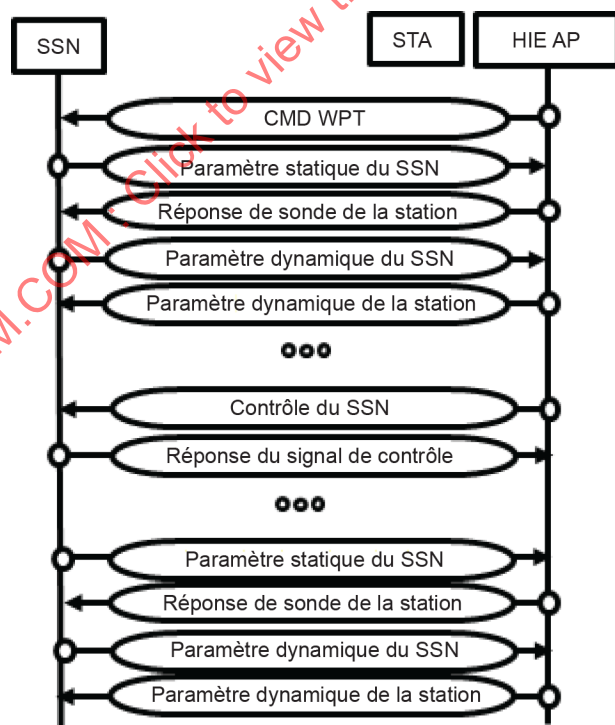
5.5 Processus de WPT

La Figure 7 décrit en détail les procédures de communication du WPT RF. Il existe trois états de communication parasite: Select (sélection), Inventory (inventaire) et Access (accès). A l'état Select, la STA reconnaît plusieurs SSN. A l'état Inventory, une procédure d'authentification est exécutée pour sélectionner l'un des SSN reconnus. A l'état Access, les informations sur le SSN sont identifiées et le WPT est activement contrôlé. Toutes ces méthodes de communication impliquent une transmission en liaison descendante/ascendante. A l'état Access, les informations relatives à la batterie et à l'état du SSN sont surveillées en continu, et le HIE-AP exécute et contrôle le WPT RF de type CW. La Figure 8 représente le protocole de contrôle du WPT RF.



IEC

Figure 7 – Procédures d'accès du WPT RF



IEC

Figure 8 – Protocole de contrôle du WPT RF

6 Couche physique

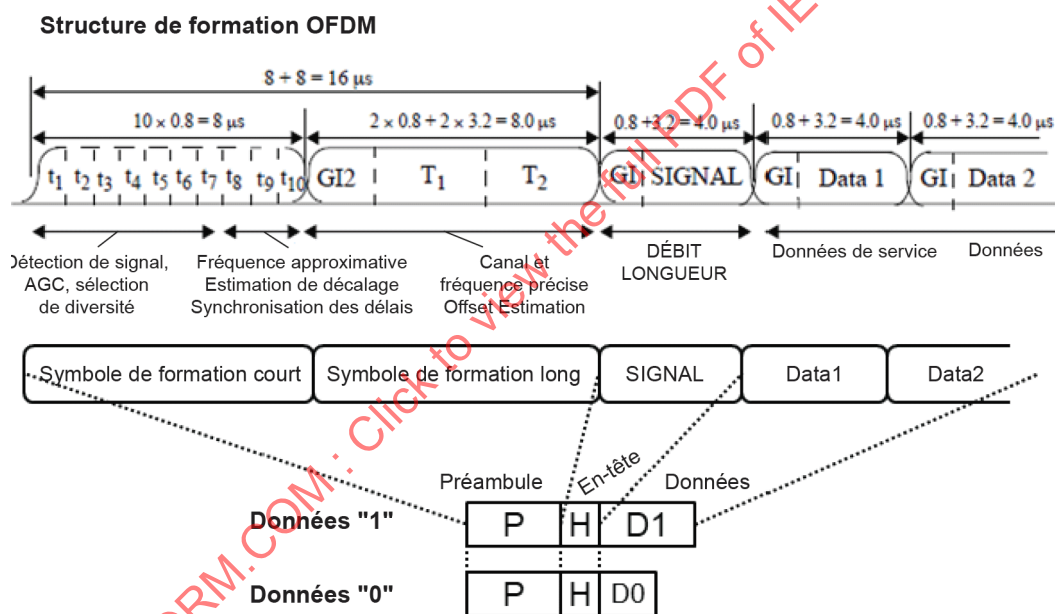
6.1 Méthode de modulation/codage

6.1.1 Généralités

L'Article 6 décrit la construction de trames pour chaque préambule, en-tête et charge utile et définit un ensemble de processus de modulation et de codage.

6.1.2 Méthode de modulation en liaison descendante

La séquence de communication WPT RF en liaison descendante utilise la méthode de codage PIE, qui consiste à moduler la longueur d'un paquet en fonction des données. Comme cela est indiqué à la Figure 9, les données "0" de cette méthode descendante sont constituées d'un paquet modulé en préambule (P) + en-tête (H) + données 0 (D0), qui est un paquet de données nul (NPD) sans charge utile. Les données "1" de cette méthode descendante sont constituées d'un paquet modulé en préambule (P) + en-tête (H) + données 1 (D1), qui est un paquet de données nul (NPD) sans charge utile. La structure de formation OFDM de la Figure 9 est principalement utilisée en accès multiple à répartition temporelle. La séquence de formation est utilisée afin de maintenir les délais et de les égaliser avec le canal.



IEC

Figure 9 – Configuration des paquets avec la méthode de codage PIE

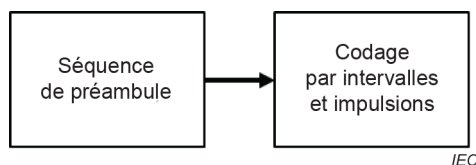
6.1.3 Méthode de modulation en liaison ascendante

Dans la séquence de liaison ascendante du WPT RF, le SSN modifie par modulation de rétrodiffusion la sensibilité du signal reçu sur le canal entre la STA et le HIE-AP en fonction des données. La transmission en liaison montante implique d'utiliser le NPD, qui correspond au signal 0 sur la Figure 9, et la méthode à deux niveaux dans laquelle les sensibilités des signaux reçus 0 et 1 sont différentes.

6.1.4 Méthode de codage en liaison descendante

6.1.4.1 Préambule

Le préambule transmet la séquence de préambule 1111_0000₂ (voir 6.2.2.2), comme cela est indiqué à la Figure 10, à l'aide de la méthode de codage PIE.

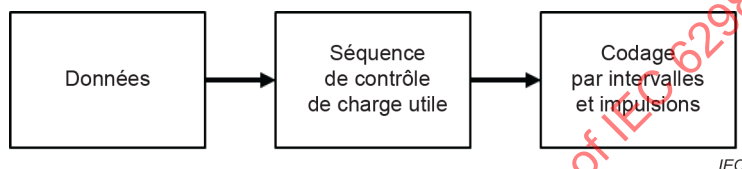


IEC

Figure 10 – Modulation et codage du préambule de liaison descendante

Lorsque les SSN sont activés à l'aide du préambule de liaison descendante, les variations du préambule peuvent être transmises en continu afin que le canal ne soit pas perdu en fonction de l'énergie exigée par chaque SSN. La transmission du préambule d'activation se poursuit tant que la STA tente de communiquer avec le SSN. Le processus d'activation variable peut exiger la transmission de préambules supplémentaires en fonction de la distance à laquelle se trouve le SSN ainsi que de l'énergie exigée par celui-ci.

6.1.4.2 Charge utile



IEC

Figure 11 – Modulation et codage du préambule de liaison descendante

La charge utile de la Figure 11 ajoute 5 bits de la séquence de vérification de la charge utile aux données à transmettre, comme cela est décrit en 6.2.2.3, et transmet les données à l'aide de la méthode de codage PIE.

6.1.5 Méthode de codage en liaison ascendante

6.1.5.1 Préambule

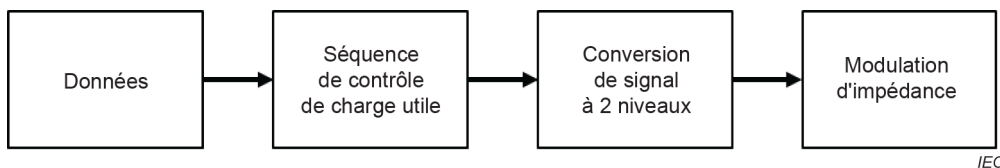


IEC

Figure 12 – Modulation et codage du préambule de liaison ascendante

Le préambule de la Figure 12 convertit la séquence de préambule définie en 6.2.3.2 à l'aide de la méthode à deux niveaux, puis la transmet par modulation d'impédance.

6.1.5.2 Charge utile



IEC

Figure 13 – Modulation et codage de la charge utile en liaison ascendante

Les données de charge utile de la Figure 13 peuvent représenter 256 bits au maximum. La charge utile ajoute 5 bits de la séquence de vérification de la charge utile aux données à transmettre, comme cela est indiqué en 6.2.3.3, convertit les données à l'aide de la méthode à deux niveaux, puis les transmet par modulation d'impédance.

6.2 Structure de trame

6.2.1 Généralités

Le 6.2 définit la structure de trame de la couche physique. La trame en liaison descendante est transmise par la STA au SSN, et la trame en liaison ascendante est transmise par le SSN au HIE-AP. La structure de trame de transmission est définie en conséquence. Les paquets à transmettre dans la trame sont codés selon la méthode définie en 6.1, en fonction de la direction de transmission.

6.2.2 Structure de trame en liaison descendante

6.2.2.1 Généralités

La structure de trame en liaison descendante se compose d'un préambule et d'une charge utile (voir Figure 14). La charge utile se compose d'un champ de données et d'un champ de séquence de contrôle de trame. La trame est transmise en commençant par le bit de poids fort (MSB, *Most Significant Bit*). L'unité de données de la trame est le bit; elle est codée selon la méthode définie en 6.1.3.

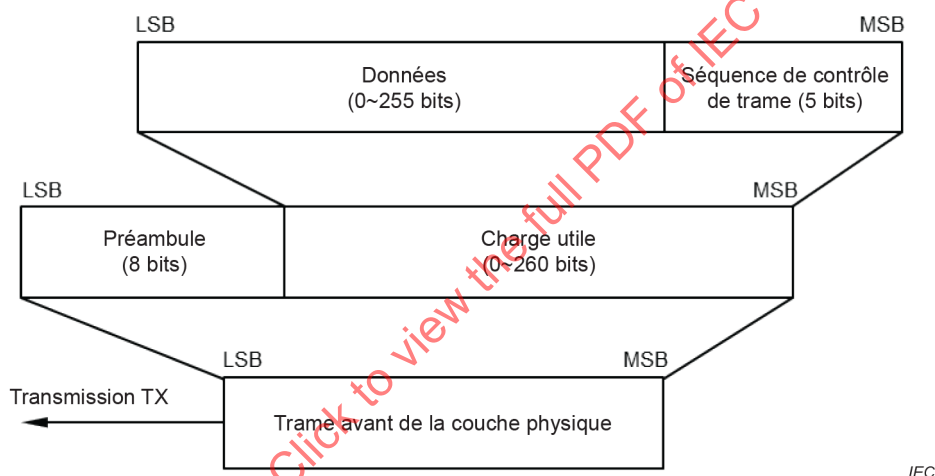


Figure 14 – Structure de couche physique de la trame en liaison descendante

6.2.2.2 Préambule

Le préambule présente 8 bits au total: 4 bits de 1111_2 et 4 bits de 0000_2 , comme cela est indiqué dans le Tableau 1. Les 4 premiers bits du préambule font fonctionner le SSN, qui constitue le terminal de réception, et les 4 bits suivants sont utilisés pour identifier la position de départ des données.

Tableau 1 – Structure du préambule de liaison descendante

Préambule de liaison descendante	Activation	Détecteur de synchronisation
Nombre de bits	4	4
Description	1111_2	0000_2

6.2.2.3 Charge utile

La charge utile se compose d'un champ de données à transmettre et d'un champ de séquence de contrôle de trame (FCS) afin de détecter les erreurs dans le champ de données (voir Tableau 2). Lorsque la longueur des données est nulle, la séquence de contrôle de trame n'est pas incluse.

Tableau 2 – Structure de charge utile en liaison descendante

Préambule de liaison descendante	Données	FCS
Nombre de bits	256	5

a) Champ de données de charge utile

La valeur recommandée du rapport de garantie quasi statique (= charge utile/débit de données), qui est utilisé pour maintenir la stabilité du canal pendant la communication fondée sur la rétrodiffusion, est de 0,012 8. En d'autres termes, 256 charges utiles sont disponibles, soit 320 charges utiles à un débit de données de 30 kb/s, conformément au présent document.

b) FCS

Le champ de séquence de contrôle de trame (FCS) est créé à l'aide d'un code de contrôle de redondance cyclique (CRC) à 5 bits. Il est calculé pour les données de charge utile et n'est pas créé si la longueur des données de charge utile est nulle. La FCS est calculée selon la définition du Tableau 3, puis remplacée par un complément à envoyer après les données.

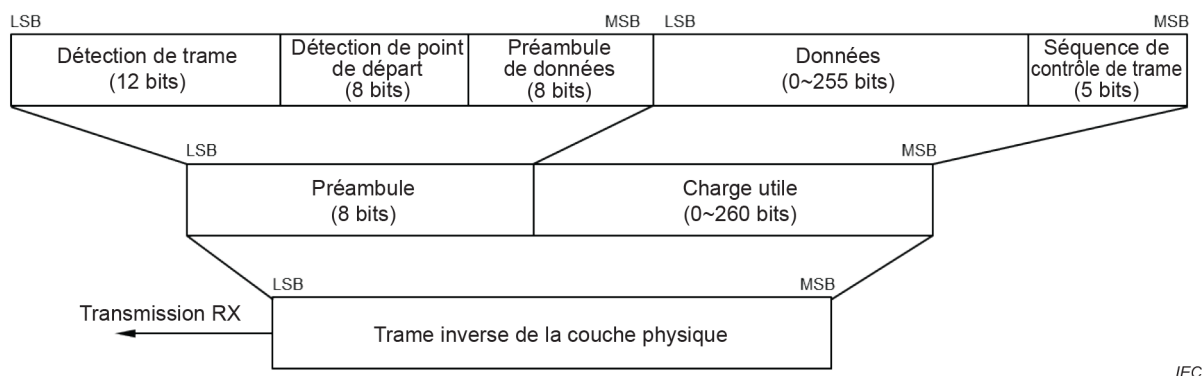
Tableau 3 – CRC du contrôle de trame en liaison descendante

Type de CRC	Longueur	Polynôme	Valeur initiale	Valeur résiduelle
-	5 bits (paquets)	$x^5 + x^3 + 1$	01001 ₂	00000 ₂

6.2.3 Structure de trame en liaison ascendante

6.2.3.1 Généralités

La structure de trame en liaison ascendante se compose d'un préambule et d'une charge utile (voir Figure 15). Le préambule se compose de la détection de trame, de l'identificateur de point de départ et du préambule de données. La charge utile est constituée des données et de la FCS. L'unité de données de la trame est le bit; la trame est codée selon la méthode définie en 6.1.4. Lorsque les mêmes données (0 ou 1) apparaissent consécutivement, en raison de la fréquence de rétrodiffusion, pendant la transmission en liaison ascendante entre le SSN et la STA, les données peuvent ne pas être distinguées du fait du décalage en courant continu. Par conséquent, les méthodes de codage FM0 et Miller sont introduites pour le processus en liaison ascendante et résumées en 7.2.2 et 7.2.3.



IEC

Figure 15 – Structure de couche physique de la trame en liaison ascendante

6.2.3.2 Préambule

Le préambule se compose d'un champ de détection de trame de 12 bits, d'un champ d'identificateur de point de départ de 8 bits et d'un préambule de données de 8 bits (voir Tableau 4). Dans la mesure où le préambule est transmis en commençant par le MSB, le MSB du champ de détection de trame est transmis en premier, et le bit de poids faible (LSB, *Least Significant Bit*) du préambule de données est transmis en dernier. Le préambule est codé selon la méthode à deux niveaux décrite en 6.1.2.

Tableau 4 – Structure du préambule de liaison ascendante

Préambule de liaison ascendante	Détection de trame	Détection de point de départ	Préambule de données
Nombre de bits	12	8	8
Description	0010_1010_1010 ₂	1011_0000 ₂	

a) Détection de trame

La méthode de détection de trame implique 2 bits de 00₂, 8 bits d'AAh et 2 bits de 10₂ (voir Tableau 5). Les 2 premiers bits sont utilisés pour identifier les caractéristiques du canal de référence. Les 8 bits suivants sont utilisés pour détecter la trame à partir de la modification de la sensibilité de réception de canal du SSN (soit la différence entre les bits de données 0 et 1 dans la méthode à deux niveaux décrite en 6.1.2). Les 2 bits restants sont utilisés comme critère de détermination des données par l'intermédiaire du RSSI ou des CSI.

Tableau 5 – Structure du champ de détection de trame en liaison ascendante

Champ de détection de trame en liaison ascendante	Canal de référence	Détection de paquet	Critère
Nombre de bits	2	8	2
Description	00 ₂	1010_1010 ₂	10 ₂

b) Identificateur de point de départ

L'identificateur de point de départ est constitué de 8 bits de B0_h; il identifie les données à l'aide du critère défini dans la détection de trame. La période de détection du point de départ identifié est utilisée pour détecter le point de départ de la trame à l'aide d'un corrélateur.

c) Préambule de données

Le préambule des données est représenté par 8 bits (AA_h dans la méthode à deux niveaux), selon la méthode de modulation du SSN, et utilisé comme données de référence lors de la restauration des données. Pendant la restauration des données, les données de chaque niveau sont stockées à l'aide des données de référence, et les données reçues sont restaurées en comparant les données de charge utile à chaque niveau stocké.

6.2.3.3 Charge utile

La charge utile se compose d'un champ de données à transmettre et d'un champ de séquence de contrôle de trame (FCS) afin de détecter les erreurs dans le champ de données (voir Tableau 6). Lorsque la longueur des données est nulle, la FCS n'est pas incluse.

Tableau 6 – Structure de charge utile en liaison descendante

Charge utile en liaison ascendante	Données	FCS
Nombre de bits	256	5

a) Champs de données

Le champ de données contient les données à transmettre, et il peut transmettre entre 0 bit et 255 bits.

b) Champ de séquence de contrôle de données

Le champ de séquence de contrôle de trame (FCS) est créé à l'aide d'un CRC à 5 bits. Il est calculé pour les données de charge utile et n'est pas créé si la longueur des données de charge utile est nulle. La FCS est calculée selon la définition du Tableau 3, puis remplacée par un complément à envoyer après les données.

7 Couche de liaison de données

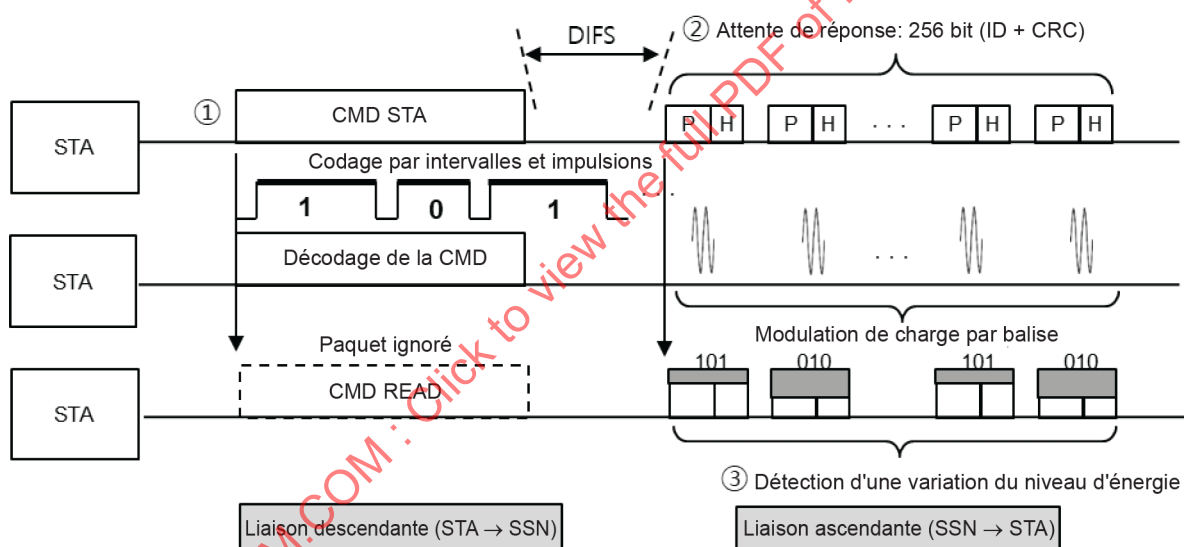
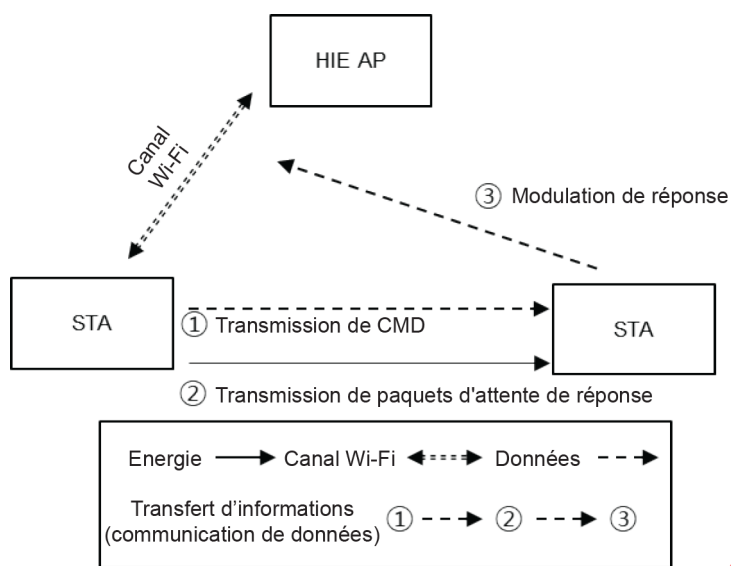
7.1 Définition du message

7.1.1 Généralités

Le 7.1 propose un message qui permet de reconnaître plusieurs SSN pour charger des dispositifs. Il décrit également la configuration d'une liaison de communication de base pour le contrôle de charge et la transmission de données. La transmission d'énergie/de données n'est effectuée que pour les SSN sélectionnés.

Contrairement à l'identification par radiofréquence (RFID), qui transmet en continu des fréquences porteuses fixes, les SSN ne peuvent pas maintenir des états d'alimentation soutenus. Pour résoudre ce problème, les données de la mémoire volatile doivent être conservées en utilisant un stockage le plus économe en énergie possible, jusqu'au prochain transfert d'énergie.

La transmission de messages de la STA vers un ou plusieurs SSN s'appuie sur le modèle de transmission de commande représenté à la Figure 16. Ce modèle est utilisé pour les demandes de sélection, d'initialisation et d'opération de la STA. Tout d'abord, pour que la STA transmette une commande (CMD) au SSN, la CMD est transmise au SSN par le canal créé entre la STA et le HIE-AP. Lorsque la CMD est transmise, le paquet d'attente de réponse (RWP) de 128 bits est transmis afin que le SSN puisse répondre. Le SSN répond à la STA en ajustant le niveau de signal du RWP reçu à l'aide de la méthode de modulation de charge. La Figure 17 représente la méthode d'échange de messages séquentielle.



Le Tableau 7 et le Tableau 8 répertorient respectivement les types de commandes transmises par la STA au SSN et leurs réponses.

Tableau 7 – Liste des commandes

CMD	Code	Longueur (bit)	Réponse
Select	0000	25	Valid
Query	0001	17	Valid_Query
QueryRep	0010	6	Valid_Query
QueryAdj	0011	9	Valid_Query
Ack	0100	20	Valid_Ack
Read	0101	38	Read Reply
Write	0110	54	Write Reply
WPT	0111	24	-

Tableau 8 – Réponses pour chaque commande

Réponse	Code de réponse	CMD reçue
Valid	8'b10101100	Select
Valid_Query	8'b01010011	Query/QueryRep/QueryAdj
Valid_Ack	16'h0ACC	Ack
Read reply	16'h0ACC	Read
Write reply	16'h0ACC	Write

En outre, le SSN (voir Figure 18) proposé dans le présent document dispose d'une mémoire pour stocker les informations relatives à la batterie pour le WPT et comprend quatre banques. La valeur de chaque banque se compose de 96 bits (le paquet de réponse se composant de 128 bits, dont 16 bits utilisés comme préambule de réponse et 16 bits comme CRC-16). Les principales informations relatives à la batterie et au circuit sont stockées dans la banque 11 de l'espace mémoire du SSN. Les informations d'identification unique du SSN sont disponibles dans la banque 10. Si des capteurs supplémentaires sont connectés, leurs mesures sont stockées dans la banque 01. En d'autres termes, des capteurs capables de mesurer la température, l'humidité ou la luminosité doivent être ajoutés, et parmi les mémoires de balises du SSN, la mémoire située dans la banque 01 est utilisée pour accéder à ces capteurs et les contrôler.

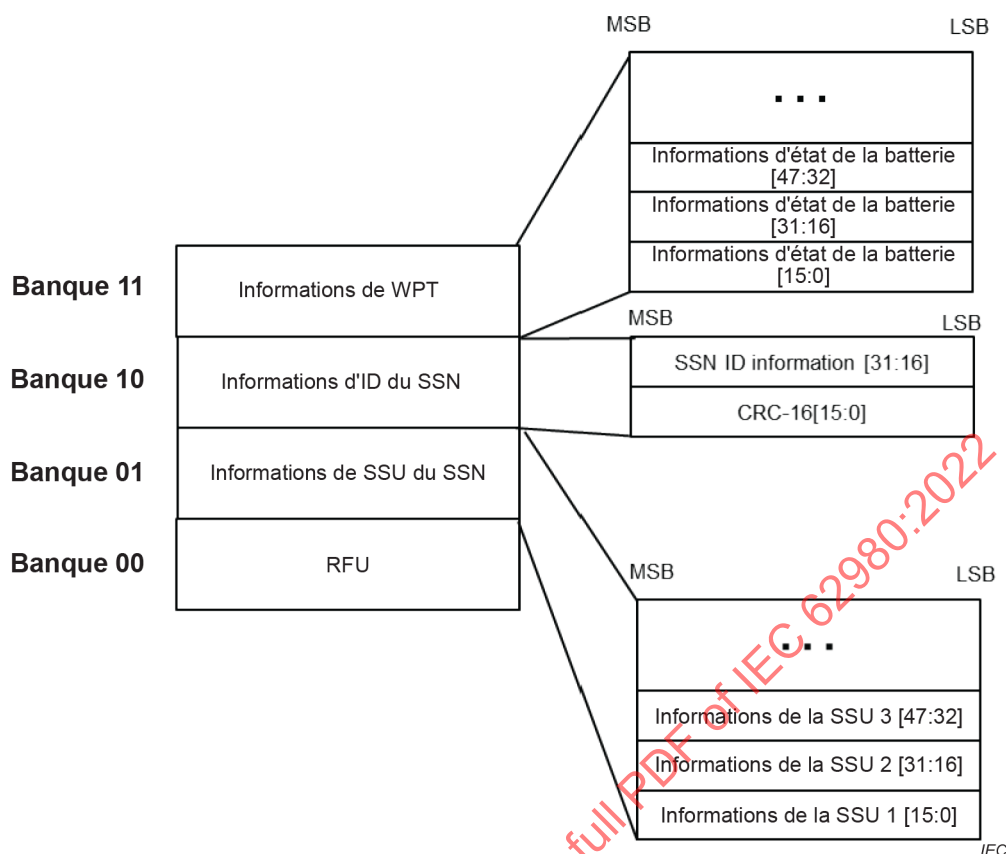


Figure 18 – Structure de la mémoire du SSN

La STA effectue les trois étapes suivantes pour gérer de nombreux SSN. Chacune de ces étapes consiste en plusieurs commandes.

- Etape de sélection:** à cette étape, la STA sélectionne dans la plage de transmission d'énergie/de données les SSN utilisés lors du processus suivant, c'est-à-dire à l'étape d'inventaire.
- Etape d'inventaire:** à cette étape, la STA reconnaît les SSN. La STA commence le cycle d'inventaire dans l'une des quatre sessions. Lorsqu'un ou plusieurs SSN répondent, la STA reconnaît une réponse de balise unique et demande la valeur d'ID et le CRC-16 de la balise. Le cycle d'inventaire se déroule en sessions uniques, menées une par une.
- Etape d'accès:** à cette étape, différentes opérations sont effectuées sur les SSN individuels sélectionnés. Avant cette étape, un canal est sélectionné de sorte qu'un seul SSN puisse fonctionner.

Bien que toute l'opération de base ait été décrite ci-dessus, la procédure de communication pour un seul SSN plutôt que pour plusieurs SSN est également décrite dans le présent document, car les problèmes d'authentification et de sécurité ne sont pas pris en compte ici.

7.1.2 Etape de sélection

7.1.2.1 Généralités

Lorsqu'il existe plusieurs SSN, la STA sélectionne plusieurs SSN sous son contrôle pour en choisir un seul. Dans ce cas, la STA émet une commande Select afin de signaler que plusieurs SSN sont prêts pour la communication. La Figure 19 représente la méthode d'échange de messages avec plusieurs SSN à l'étape de sélection.

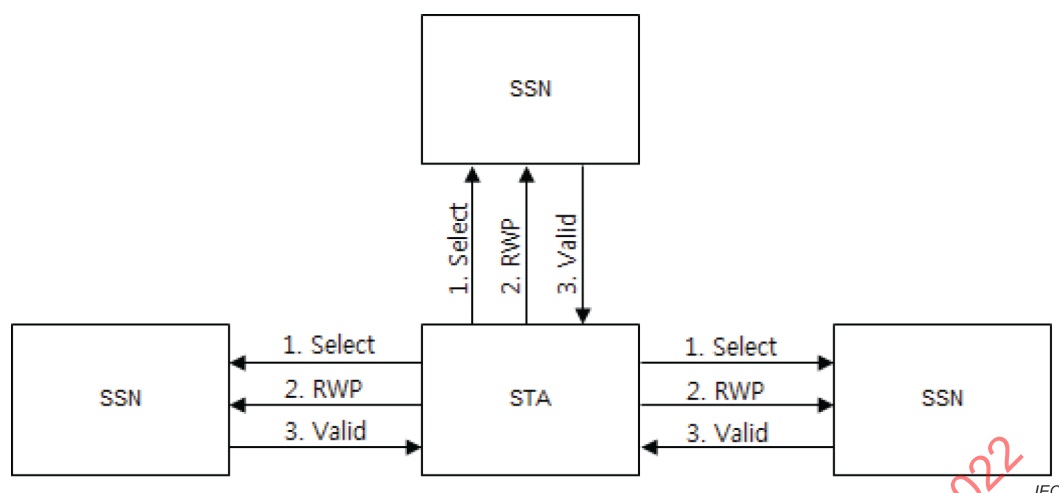


Figure 19 – Echange de messages à l'étape de sélection

7.1.2.2 Etape de sélection

La CMD Select transmet une valeur aux registres cibles du SSN, qui sont désignés par les valeurs S0 à S3 et SL, afin que le SSN du registre concerné puisse répondre. La définition du champ de commande utilisé dans la CMD Select est la suivante. La configuration du champ est indiquée dans le Tableau 9.

- Target (cible): champ exigé pour que le groupe de SSN émette une commande à destination des registres des SSN, qui sont désignés par les valeurs S0 à S3 et SL.
- Action: champ qui détermine si la STA continue à émettre des commandes à destination du SSN sélectionné ou choisit un nouveau SSN.
- CRC-16: le polynôme $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ de calcul du CRC-16 est représenté à la Figure 20, selon la méthode proposée par la norme de l'Union internationale des télécommunications (UIT). La STA applique un polynôme à 16 bits au bloc de données à transmettre et ajoute le code qui en résulte au bloc. Le SSN applique le même polynôme aux données et compare le résultat à celui envoyé par la STA. Si les résultats correspondent, les données sont bien reçues.

Tableau 9 – CMD Select

CMD Select	Commande	Target	Action	CRC
Nombre de bits	4	3	2	16
Description	0000	000: Inventorié (S0) 001: Inventorié (S1) 010: Inventorié (S2) 011: Inventorié (S3) 100: SL 101: RFU 110: RFU 111: RFU	00: Affirmer SL 01: Annuler l'affirmation du SL 10: Ne rien faire 11: Nier le SL	CRC-16

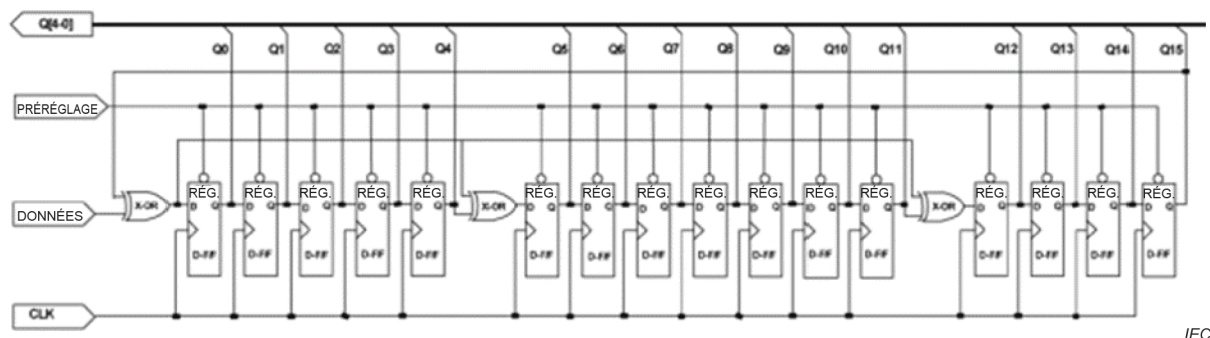


Figure 20 – Exemple de circuit de CRC-16

7.1.2.3 Réponse valide

La sélection de SSN est transmise à la STA à l'aide du RWP reçu et de la modulation de charge. Les réponses valides sont indiquées dans le Tableau 10. La STA reconnaît l'existence du SSN lorsqu'il reçoit la séquence 10101100, un type particulier de réponse qui ne peut pas être détecté par un canal général. Dans le cas où il reste 248 bits du paquet de réponse, ceux-ci sont ignorés à titre de paquet non réactif.

Tableau 10 – Réponse valide

Réponse valide	Réponse	Null
Nombre de bits	8	248
Description	10101100: Sélectionné	248'h0

7.1.3 Etape d'inventaire

7.1.3.1 Généralités

A cette étape, la STA effectue un cycle d'inventaire avec les SSN sélectionnés pour n'en reconnaître qu'un seul. La Figure 21 récapitule la procédure. La STA utilise l'algorithme d'évitement de collision pour choisir un seul SSN parmi les multiples SSN sélectionnés. Etant donné que ce processus est hors du domaine d'application du présent document, le champ est défini, mais son action spécifique ne l'est pas. Les SSN qui ont reçu une commande Query-series émettent des réponses valides. La STA transmet une commande Ack aux SSN à des fins d'authentification et sélectionne un SSN.

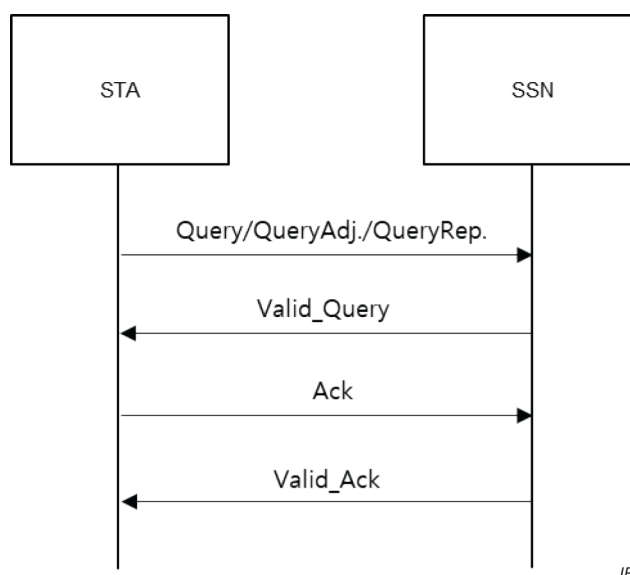


Figure 21 – Méthode d'échange de messages à l'étape d'inventaire

7.1.3.2 Query

La CMD Query peut empêcher les collisions en présence de plusieurs SSN. L'algorithme d'évitement de collision utilise une valeur Q générée au hasard, mais dans la mesure où l'hypothèse retenue dans le cadre du présent document est que les commandes sont émises à destination d'un seul SSN, l'ensemble du système est décrit en fixant la valeur Q à 0. L'ensemble du champ de commande Query est indiqué dans le Tableau 11. Après que les SSN ont reçu les commandes correspondantes, le SSN avec $Q = 0$ envoie la réponse Valid_Query.

- Sel: champ de commande qui permet de sélectionner le SSN actuellement sélectionné par la STA ou tous les SSN voisins.
- Encoding (codage): champ de commande qui permet de sélectionner une méthode de codage pour l'application de fréquence afin d'éliminer le décalage en courant continu dans le processus de liaison ascendante. Les codages FM0 et Miller sont définis en 7.2.
- Session: champ de commande qui permet de sélectionner les cinq groupes de registres de SSN, désignés par les valeurs S0 à S3 et SL.
- Q : la STA envoie une valeur Q générée au hasard à plusieurs SSN. Les SSN génèrent leurs propres nombres aléatoires à l'aide de la valeur Q reçue et organisent un champ de commande pour utiliser ces nombres dans l'algorithme d'évitement de collision.
- CRC-5: décrit en 6.2.3.3 b).

Tableau 11 – Champ de CMD Query

CMD Query	Commande	Sel	Encoding	Session	Q	CRC
Nombre de bits	4	2	1	2	4	5
Description	001	00: Tout 01: Tout 10: ~SL 11: SL	0: FM0 1: Miller	00: S0 01: S1 10: S2 11: S3	0-15	CRC-5