

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 11 日 (11.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/114306 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 7/06 (2006.01) **H04B 7/08** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/121505
- (22) 国际申请日: 2019 年 11 月 28 日 (28.11.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811472628.6 2018 年 12 月 4 日 (04.12.2018) CN
- (71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 刘竞升 (LIU, Jingsheng); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 王晓东 (WANG, Xiaodong); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (74) 代理人: 北京市诚辉律师事务所 (BEIJING CHENGHUI LAW FIRM); 中国北京市朝阳区朝阳北路 99 号 2 号楼 905, Beijing 100123 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: BLIND ADAPTIVE BEAM FORMING ALGORITHM

(54) 发明名称: 一种盲自适应波束成形算法

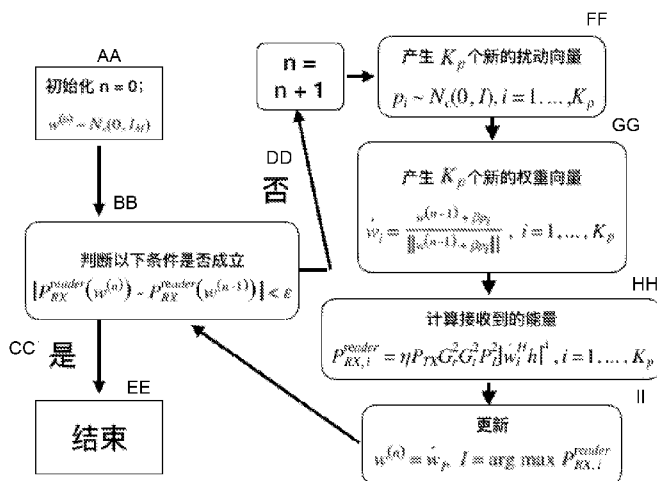


图 2

AA Initialize $n=0$ [formula]
BB Determine whether the following condition is established [formula]
CC Yes
DD No
EE End
FF Generate K_p new disturbance vectors [formula]
GG Generate K_p new weight vectors [formula]
HH Calculate received energy [formula]
II Update [formula]

(57) Abstract: The present invention relates to a blind adaptive beam forming algorithm, relating in particular to a blind adaptive beam forming algorithm which is applied to a full duplex passive ultrahigh-frequency radio frequency identifier system, wherein the algorithm innovatively provides an iterative concept, thereby eliminating the necessity and complexity of channel estimation from an original method, and thus the operation process is simple, the cost of system operation is greatly reduced, and at the same time, the efficiency is increased.

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明涉及一种盲自适应波束成形算法, 特别涉及一种应用在全双工被动特高频射频识别系统上的盲自适应波束成形算法, 该算法创新地提出一个迭代的理念, 从而较原来的方法上, 减去了信道估计的必要性以及复杂性, 操作过程简单, 大大减少了系统运行的成本, 同时提高了效率。

一种盲自适应波束成形算法

技术领域

本发明涉及一种应用在全双工被动特高频射频识别系统上的盲自适应波束成形算法。

背景技术

目前，特高频射频识别技术受到广泛关注，该技术采用 860~960 兆赫兹的频率，能够被应用在多个领域中，例如：供应链管理、后勤保障系统、自动收费系统、智能交通系统等等，它的识别效率比传统的条形码系统更高。

被动特高频射频识别系统（PassiveUHF RFID systems）通常包含几个模块：读写器、标签以及数据处理中心。其中，读取器中通常有多个天线，标签中通常只有一个天线。在这种系统中，标签并不是通过电池供电，而是通过吸收读写器上的发射天线所发射出来的电磁场所携带的能量来进行工作。在这种系统中，标签会尽可能做到低成本和小尺寸，但是这种系统中的读取范围和读写稳定性会相应受到限制。

很多学者相继提出不同类型的算法方案来提高被动特高频射频识别系统的读取范围，其中，最佳波束成形是信道匹配的（Channel matched）的性能往是最好，但是实现最佳波束成形必须要掌握所有的信道信息。虽然这能是波束成形算法的效果达到最佳，但同时这方法引入了复杂的信道估计，所以会大大增加射频识别系统的复杂性。

发明内容

为解决上述背景技术中存在的问题，本发明提出一种应用在全双工被动特高频射频识别系统上的盲自适应波束成形算法，该算法不要求确切的信道估计，大大减少了射频识别系统的复杂性。

本发明解决上述问题的技术方案是：一种盲自适应波束成形算法，应用在全双工被动特高频射频识别系统上，其特殊之处在于，包括以下步骤：

1) 初始化 $n=0$ 和 $w^{(0)} \sim N(0, I_M)$;

其中, W 表示天线的权重, M 表示天线的数量;

2) 判断下列条件是否成立:

$$|P_{RX}^{reader}(w^{(n)}) - P_{RX}^{reader}(w^{(n-1)})| < \varepsilon,$$

其中, ε 是阈值 (Threshold), P_{RX}^{reader} 是反向链接中, 在读取器中接收到的反向散射能量;

若成立, 即表明接收到的反向散射能量波动范围小于阈值, 重复过程终止;

若不成立, 则执行下一步;

3) $n = n+1$;

4) 产生 K_p 个扰动向量:

$$p_i \sim N(0, I), i = 1, \dots, K_p;$$

5) 产生 K_p 个新的权重矢量:

$$\dot{w}_i = \frac{w^{(n-1)} + \beta p_i}{\|w^{(n-1)} + \beta p_i\|}, i = 1, \dots, K_p,$$

其中, β 是权重调整尺寸;

6) 计算接收到的能量:

$$P_{RX,i}^{reader} = \eta P_{TX} G_r^2 G_t^2 P_L^2 |\dot{w}_i^H h|^4, i = 1, \dots, K_p,$$

其中, G_r 表示读写器天线的增益, G_t 表示标签天线的增益, P_{TX} 表示读写器的发射能量, P_L 表示信道损失, h 是信道矢量;

对于 K_p 个产生的权重, 对应接收到的反向散射能量会在读写器中测量, 最后读写器会根据接收到的最大反向散射能量来调整新的权重值;

7) 更新下式:

$$w^{(n)} = \dot{w}_p \quad I = \arg \max P_{RX,I}^{reader};$$

8) 执行步骤2)。

本发明的优点：

本发明一种应用在全双工被动特高频射频识别系统上的盲自适应波束成形算法，能够显著增加系统的读取范围，而且其性能接近最优化波束成形的性能。所以证明该盲自适应波束成形算法能够有效地增大特高频射频识别系统的读取范围；该算法创新地提出一个迭代的理念，从而较原来的方法上，减去了信道估计的必要性以及复杂性，操作过程简单，大大减少了系统运行的成本，同时提高了效率。

附图说明

图 1 是全双工型特高频射频识别系统结构图；

图 2 是本发明应用在全双工被动特高频射频识别系统上的盲自适应波束成形算法流程图。

具体实施方式

为使本发明实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施方式中的附图，对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施方式是本发明一部分实施方式，而不是全部的实施方式。基于本发明中的实施方式，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式，都属于本发明保护的范围。因此，以下对在附图中提供的本发明的实施方式的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施方式。基于本发明中的实施方式，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式，都属于本发明保护的范围。

全双工被动特高频射频识别系统(FullDuplex)，假设每个标签都是静止的。全双工被动特高频射频识别系统的系统框图如附图 1 所示。系统的前向链接

(Forwardlink) 与反向链接 (ReverseLink) 具有相同的信道系数。

在前向链接中, 在标签处接收到的能量量可以表示为:

$$P_{RX}^{tag}(d) = P_{TX} G_r G_t P_L(d) |w^H h|^2,$$

其中, G_r 表示读写器天线的增益, G_t 表示标签天线的增益, P_{TX} 表示读写器的发射能量, $P_L(d)$ 表示信道损失, $h = [h_1, \dots, h_M]^T$ 是信道矢量, h_i 表示第 i 个发射天线与标签之间的信道系数。M 表示天线的数量, W 表示天线的权重, 即波束成形权重, $w = [w_1, \dots, w_M]^T$ 而且 $\|w\| = 1$ 。

因此, 多天线结构的系统的前向链接的限制可以表示成下列的公式:

$$P_{TX} G_r G_t P_L(d) |w^H h|^2 \geq P_{TS};$$

在反向链接中, 在读取器中接收到的反向散射能量可表示为:

$$P_{RX}^{reader}(d) = \eta P_{RX}^{tag}(d) G_r G_t P_L(d) |w^H h|^2 = \eta P_{TX} G_r^2 G_t^2 P_L^2(d) |w^H h|^4;$$

因此, 我们可以得出多天线系统中的反向链接中的约束条件是 (constraint):

$$\eta P_{TX} G_r^2 G_t^2 P_L^2(d) |w^H h|^4 \geq P_{RS};$$

如果满足条件 $P_{TS} > \sqrt{\eta^{-1} P_{TX} P_{RS}}$ 那么系统可以被认为是前向链接限制 (ForwardLinkLimited), 对应最大的读取范围可以表示为:

$$d_{MA}^{FLL} = \sqrt{(16\pi^2 P_{TS})^{-1} P_{TX} G_r G_t \lambda^2 |w^H h|^2};$$

此外, 当满足条件的时候, 系统可以被认为是反向链接限制 (ReverseLinklimited), 对应的最大的读取范围可以表示为:

$$d_{MA}^{RLL} = \sqrt{(16\pi^2 P_{RS})^{-1} \sqrt{\lambda P_{TX}} G_r G_t \lambda^2 |w^H h|^2}.$$

目前, 有几种波束成形的算法比较常用, 等权重波束成形算法 (EqualWeightBeamforming); 随机波束成形算法 (RandomBeamforming) 以及

最佳波束成形算法 (OBF)。

对于 EBF, 每个权重值都是一个归一化矢量, 例如:

$$w_1 = w_2 = \frac{1}{\sqrt{M}}[1, \dots, 1]^T,$$

其中, M 是天线的总数量。

对于 RBF, 权重是根据特定的分布随机产生并正态化的, 例如:

$$\dot{w} \sim N_c(0, I_M), w = \frac{\dot{w}}{\|\dot{w}\|}.$$

对于全双工被动特高频射频识别系统, 盲自适应波束成形算法的步骤如附图 2 所示。在算法开始的时候, 读写器会发出一个连续波用以探测标签, 并评估从标签上反向散射回来的能量。应用在全双工被动特高频射频识别系统上的盲自适应波束成形算法, 包括以下步骤:

1) 初始化 $n=0$ 和 $w^{(0)} \sim N_c(0, I_M)$;

其中, W 表示天线的权重, M 表示天线的数量;

2) 判断下列条件是否成立:

$$|P_{RX}^{reader}(w^{(n)}) - P_{RX}^{reader}(w^{(n-1)})| < \varepsilon,$$

其中, ε 是阈值 (Threshold), P_{RX}^{reader} 是反向链接中, 在读取器中接收到的反向散射能量;

若成立, 即表明接收到的反向散射能量波动范围小于阈值, 重复过程终止;

若不成立, 则执行下一步;

3) $n = n+1$;

4) 产生 Kp 个扰动向量:

$$p_i \sim N_c(0, I), i = 1, \dots, K_p;$$

5) 产生 Kp 个新的权重矢量:

$$\dot{w}_i = \frac{w^{(n-1)} + \beta p_i}{\|w^{(n-1)} + \beta p_i\|}, \quad i = 1, \dots, K_p,$$

其中, β 是权重调整尺寸;

6) 计算接收到的能量:

$$P_{RX,i}^{reader} = \eta P_{TX} G_r^2 G_t^2 P_L |w_i^H h|^4, \quad i = 1, \dots, K_p,$$

其中, G_r 表示读写器天线的增益, G_t 表示标签天线的增益, P_{TX} 表示读写器的发射能量, P_L 表示信道损失, h 是信道矢量;

对于 K_p 个产生的权重, 对应接收到的反向散射能量会在读写器中测量, 最后读写器会根据接收到的最大反向散射能量来调整新的权重值;

7) 更新下式:

$$w^{(n)} = \dot{w}_I, \quad I = \arg \max P_{RX,i}^{reader};$$

8) 执行步骤2)。

当循环上述的过程后, 便能得出所需要的权重, 将该权重值的性能接近于最佳波束成形权重的性能。

本技术方案经过了具体实验的验证, 实验覆盖了不同数量的发射天线与接收天线, 并且在几种波束成形算法中作出对比, 实验结果显示, 在特高频射频识别系统中应用盲自适应波束成形算法, 能够显著增加系统的读取范围, 而且其性能接近最优化波束成形的性能。所以证明该盲自适应波束成形算法能够有效地增大特高频射频识别系统的读取范围。

本技术方案能够应用在射频无线充电场合和物联网应用场景上。

以上所述仅为本发明的实施例, 并非以此限制本发明的保护范围, 凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换, 或直接或间接运用在其他相关的系统领域, 均同理包括在本发明的保护范围内。

1、一种盲自适应波束成形算法，应用于全双工被动特高频射频识别系统，其特征在于：

1) 初始化 $n=0$ 和 $w^{(0)} \sim N_d(0, I_M)$;

其中， W 表示天线的权重， M 表示天线的数量；

2) 判断下列条件是否成立：

$$|P_{RX}^{reader}(w^{(n)}) - P_{RX}^{reader}(w^{(n-1)})| < \varepsilon,$$

其中， ε 是阈值（Threshold）， P_{RX}^{reader} 是反向链接中，在读取器中接收到的反向散射能量；

若成立，即表明接收到的反向散射能量波动范围小于阈值，重复过程终止；

若不成立，则执行下一步；

3) $n = n+1$;

4) 产生 K_p 个扰动向量：

$$p_i \sim N_d(0, I), i = 1, \dots, K_p;$$

5) 产生 K_p 个新的权重矢量：

$$\dot{w}_i = \frac{w^{(n-1)} + \beta p_i}{\|w^{(n-1)} + \beta p_i\|}, i = 1, \dots, K_p,$$

其中， β 是权重调整尺寸；

6) 计算接收到的能量：

$$P_{RX,i}^{reader} = \eta P_{TX} G_r^2 G_t^2 P_L^2 |w_i^H h|^4, i = 1, \dots, K_p,$$

其中， G_r 表示读写器天线的增益， G_t 表示标签天线的增益， P_{TX} 表示读写器的发射能量， P_L 表示信道损失， h 是信道矢量；

对于 Kp 个产生的权重，对应接收到的反向散射能量会在读写器中测量，最后读写器会根据接收到的最大反向散射能量来调整新的权重值；

7) 更新下式：

$$w^{(n)} = \dot{w}_p, \quad I = \arg \max P_{RX,i}^{reader};$$

8) 执行步骤2)。

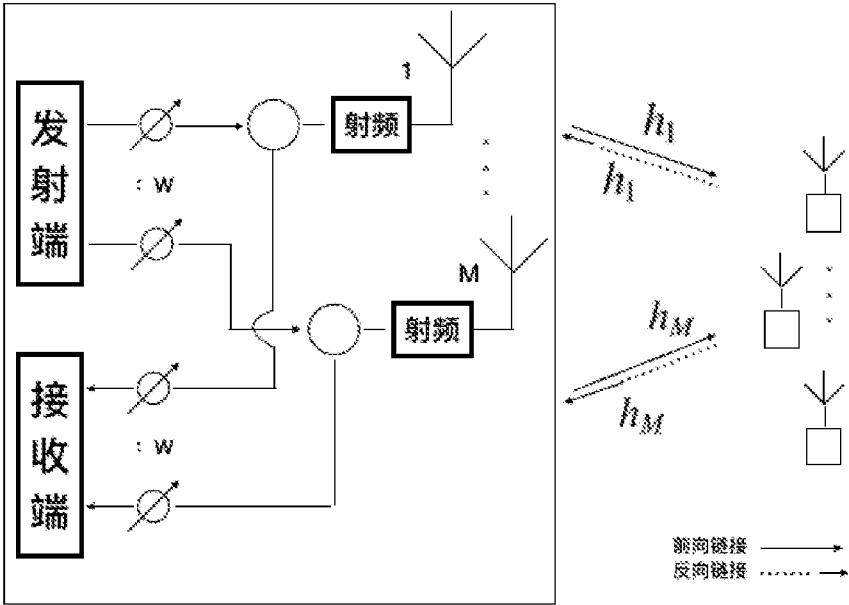


图 1

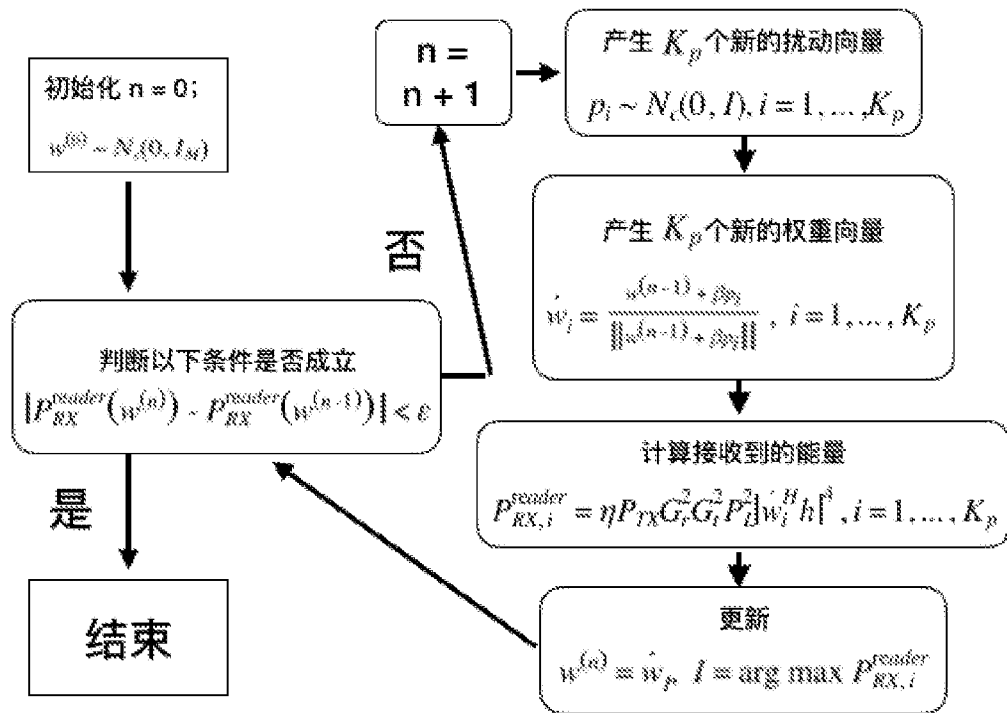


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/121505

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/06(2006.01)i; H04B 7/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT; CNABS; CNKI; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; IEEE: 射频识别, 特高频, 被动, 信道, 估计, 波束成形, 能量, 标签, 全双工, 距离, 天线, 读写, 读取, 迭代, RFID, UHF, passive, channel, beam forming, full duplex, reader, tag, label, iteration, energy, distance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109617588 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 12 April 2019 (2019-04-12) claim 1, description, paragraphs [0001]-[0076], and figures 1 and 2	1
A	CN 105550720 A (YANG, Gang) 04 May 2016 (2016-05-04) description, paragraphs [0002]-[0161], and figures 1-8	1
A	CN 103235959 A (INVENGO INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 August 2013 (2013-08-07) entire document	1
A	CN 108092926 A (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 29 May 2018 (2018-05-29) entire document	1
A	US 2014111311 A1 (SYMBOL TECHNOLOGIES INC.) 24 April 2014 (2014-04-24) entire document	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 January 2020

Date of mailing of the international search report

26 February 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/121505

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109617588	A	12 April 2019	None			
CN	105550720	A	04 May 2016	CN	105550720	B	09 April 2019
CN	103235959	A	07 August 2013	CN	103235959	B	24 August 2016
CN	108092926	A	29 May 2018	None			
US	2014111311	A1	24 April 2014	WO	2014066113	A1	01 May 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/121505

A. 主题的分类

H04B 7/06(2006.01)i; H04B 7/08(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTXT;CNABS;CNKI;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT;IEEE: 射频识别, 特高频, 被动, 信道, 估计, 波束成形, 能量, 标签, 全双工, 距离, 天线, 读写, 读取, 迭代, RFID, UHF, passive, channel, beam forming, full duplex, reader, tag, label, iteration, energy, distance

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109617588 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2019年 4月 12日 (2019 - 04 - 12) 权利要求1, 说明书第[0001]-[0076]段, 图1、2	1
A	CN 105550720 A (杨刚) 2016年 5月 4日 (2016 - 05 - 04) 说明书第[0002]-[0161]段, 图1-8	1
A	CN 103235959 A (深圳市远望谷信息技术股份有限公司) 2013年 8月 7日 (2013 - 08 - 07) 全文	1
A	CN 108092926 A (北京交通大学) 2018年 5月 29日 (2018 - 05 - 29) 全文	1
A	US 2014111311 A1 (SYMBOL TECHNOLOGIES INC) 2014年 4月 24日 (2014 - 04 - 24) 全文	1

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 1月 3日

国际检索报告邮寄日期

2020年 2月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

谢斐

电话号码 (86-512)88996164

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/121505

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109617588	A	2019年 4月 12日	无	
CN	105550720	A	2016年 5月 4日	CN 105550720	B 2019年 4月 9日
CN	103235959	A	2013年 8月 7日	CN 103235959	B 2016年 8月 24日
CN	108092926	A	2018年 5月 29日	无	
US	2014111311	A1	2014年 4月 24日	WO 2014066113	A1 2014年 5月 1日