

UWB 中的测距信号传输方法、装置及可读存储介质

本申请要求于 2022 年 01 月 15 日提交中国专利局、申请号为 202210045268.1、申请名称为“UWB 中的测距信号传输方法、装置及可读存储介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及无线通信技术领域，尤其涉及一种超宽带（ultra wideband, UWB）中的测距信号传输方法、装置及可读存储介质。

背景技术

随着移动通信和互联网技术的快速发展，人们对于位置服务的需求与日俱增。测距和定位技术是通信感知领域的重要技术，并受到国际标准化组织（如电气与电子工程师协会（institute of electrical and electronics engineers, IEEE））的高度关注。例如，IEEE 802.15.4z（也称为脉冲无线电（impulse radio, IR）超宽带，即 IR-UWB）标准旨在将测距通信过程标准化，通过安全测距和测距结果的交换确定设备的位置。具体来说，通信双方通过发送测距序列获知两设备之间的距离远近，从而执行高精度的位置估计。该技术在工厂人员定位、物流仓储中的货物定位、汽车门锁的智能感知等方面有着诸多的需求与应用。在定位和测距需求飞速增长的同时，其中的安全问题也随之产生。

针对测距和定位过程中的安全性问题，IEEE 802.15.4z 标准提出对测距序列进行加密，此方式用于对抗提前检测/延迟提交（early detect/late commit, ED/LC）攻击（attack）是有效的。但对于其他类型的距离缩减攻击（distance-reduction attack），如 Cicada, Cicada++, GhostPeak, 对测距序列进行加密的方式无法保证安全性。距离缩减攻击是利用干扰信号使得收到测距信号的设备估计出的信号到达时间比真实时间提前，从而导致在实际距离很远的情况下测距双方误认为距离很近。也就是说，现有 IEEE 802.15.4z 标准仅提供了对测距信号的机密性保护机制，而没有提供完整性保护（完整性可以理解为：防止对测距信号进行篡改）。因此，如何对测距信号进行完整性保护尚未解决。

发明内容

本申请实施例提供一种 UWB 中的测距信号传输方法、装置及可读存储介质，可以使接收端具有检测测距过程是否受到干扰的能力，保证测距信号的完整性，并且不损失系统的测距性能。

下面从不同的方面介绍本申请，应理解的是，下面的不同方面的实施方式和有益效果可以互相参考。

本申请中，第一设备和第二设备可能是同一设备在不同时刻担任的不同角色。也就是说，第一设备在某一时刻是发送端，执行发送端的操作；但在另一时刻可能是接收端，执行接收端的操作。第二设备与第一设备同理，也就是说，第二设备在某一时刻是发送端，执行发送端的操作；但在另一时刻可能是接收端，就执行接收端的操作。下文以第一设备执行发送端的操作，第二设备执行接收端的操作为例进行描述。

第一方面，本申请提供一种超宽带中的测距信号传输方法，该方法包括：第一设备接收来自第二设备的第一信号，并对该第一信号进行预处理，获得第二信号，该预处理为信道估

计或功率归一化；第一设备至少根据第二信号生成第一测距信号，其中，该第一测距信号符合该第二信号经过时间反转，或者时间反转和共轭处理后与原始测距信号进行卷积处理后的信号，或者该第一测距信号符合该第二信号经过时间反转，或者时间反转和共轭处理后的信号；第一设备发送至少部分第一测距信号，该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

本方案第一设备利用来自第二设备的信号，对其进行预处理，再通过时间反转和共轭，构造一种新的物理层测距信号，该信号具有完整性保护功能，可以使接收端具有检测测距过程是否受到干扰的能力，保证测距信号的完整性，并且不损失系统的测距性能。

结合第一方面，在一种可能的实现方式中，上述第一信号中包含导频信息，如前导码；上述预处理为信道估计，上述第二信号为第二设备到第一设备的第一信道冲击响应。也就是说，第一设备对第一信号进行预处理，获得第二信号，包括：第一设备利用第一信号中包含的导频信息进行信道估计，获得第二设备到第一设备的第一信道冲击响应。第一设备根据该第二信号生成第一测距信号，包括：第一设备对该第一信道冲击响应（即第二信号）进行第一处理后，获得第二信道冲击响应，该第一处理包括时间反转，或者时间反转和共轭处理；第一设备根据该第二信道冲击响应和原始测距信号进行卷积处理后获得第一测距信号。

可选的，第一设备根据该第二信道冲击响应和原始测距信号进行卷积处理后获得第一测距信号，包括：归一化处理该第二信道冲击响应后与该原始测距信号进行卷积处理后获得第一测距信号。

本方案中第一设备利用自身和第二设备之间信道的信道冲击响应，通过时间反转构造测距信号波形，实现测距信号与信道的匹配；从而使接收端具有检测测距过程是否受到干扰的能力，保证测距信号的完整性，并且不损失系统的测距性能。

结合第一方面，在一种可能的实现方式中，上述第一信号为原始测距信号经过无线信道传输后获得，上述预处理为功率归一化。也就是说，第一设备对第一信号进行预处理，获得第二信号，包括：第一设备对第一信号进行功率归一化，获得第二信号。第一设备根据该第二信号生成第一测距信号，包括：第一设备对第二信号进行时间反转，或者时间反转和共轭处理后，获得第一测距信号。

本方案中第一设备对接收到的第一信号进行功率归一化后直接进行反转和共轭，获得具有完整性保护和测距功能的信号（即上述第一测距信号）并发送；可以使得接收端能够对测距过程是否遭受干扰进行检测，对测距信号提供了完整性保护；还可以不损失系统的测距性能。另外，本方案不用进行信道估计，测距性能不受信道估计误差的影响。

结合第一方面，在一种可能的实现方式中，上述至少部分第一测距信号的长度与原始测距信号的长度相等。或者，上述至少部分第一测距信号的长度大于原始测距信号的长度。

结合第一方面，在一种可能的实现方式中，上述至少部分第一测距信号携带于测距无线帧中。

结合第一方面，在一种可能的实现方式中，第一设备发送至少部分第一测距信号之前，该方法还包括：第一设备接收测距配置信息，或者，第一设备发送测距配置信息；其中，该测距配置信息用于配置以下一项或多项信息：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能，携带测距信号的测距无线帧的格式，测距过程中测距信号的长度，脉冲重复频率模式。

可选的，上述测距配置信息携带于测距信道与前导码选择信息单元，或测距响应时间协商信息单元中。

本方案针对新增的同时支持测距功能和完整性保护功能的信号或无线帧，提供一种配置信息的协商方式，为后续的测距过程奠定基础。

第二方面，本申请提供一种超宽带中的测距信号传输方法，该方法包括：第二设备发送信号，该信号用于生成第一测距信号；第二设备接收用于测距的信号，该用于测距的信号为至少部分该第一测距信号经过无线信道传输后获得，该至少部分该第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能；第二设备将原始测距信号和该用于测距的信号输入相关器进行相关运算，获得该相关器输出的最大值所在的第一时刻，该原始测距信号基于第一序列生成；第二设备对该用于测距的信号进行完整性校验，获得校验结果；若该校验结果为该用于测距的信号通过该完整性校验，则该第二设备将该第一时刻确定为该用于测距的信号到达时刻。其中，当第二序列和校验序列进行相关运算获得的相关运算结果大于或等于预设门限时，该校验结果为该用于测距的信号通过该完整性校验。当该第二序列和该校验序列进行相关运算获得的相关运算结果小于该预设门限时，该校验结果为该用于测距的信号未通过该完整性校验。该第二序列为该第一序列，或者该第二序列为该第一序列经过时间反转处理后的序列。该校验序列为该用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，该等间隔采样的起始时刻为该第一时刻，该校验序列的长度与该第一序列的长度相等。

本方案第二设备发送信号，用于第一设备生成第一测距信号；第二设备对接收到的信号进行完整性校验，以判断测距过程是否受到干扰，从而实现测距信号的完整性保护。

结合第二方面，在一种可能的实现方式中，上述信号中包含导频信息，上述第二序列与第一序列相同。

结合第二方面，在一种可能的实现方式中，上述信号为原始测距信号，上述第二序列为第一序列经过时间反转处理后的序列。

结合第二方面，在一种可能的实现方式中，上述校验序列为该用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，包括：该校验序列基于样本序列的极性生成，该样本序列为该用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样后得到。

结合第二方面，在一种可能的实现方式中，上述至少部分第一测距信号的长度与该原始测距信号的长度相等。

结合第二方面，在一种可能的实现方式中，该至少部分第一测距信号携带于测距无线帧中。

结合第二方面，在一种可能的实现方式中，第二设备接收用于测距的信号之前，该方法还包括：第二设备发送测距配置信息，或者，第二设备接收测距配置信息；其中，该测距配置信息用于配置以下一项或多项信息：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能，携带测距信号的测距无线帧的格式，测距过程中发送的测距信号的长度，脉冲重复频率模式。

第三方面，本申请提供一种通信装置，该通信装置可以是第一设备或第一设备中的芯片，比如 Wi-Fi 芯片。该通信装置包括：收发模块，用于接收第一信号；处理模块，用于对该第一信号进行预处理，获得第二信号，该预处理包括信道估计或功率归一化；该处理模块，还用于至少根据该第二信号生成第一测距信号，其中，该第一测距信号符合该第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后与原始测距信号进行卷积处理后的信号，或者，该第一测距信号符合该第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后获得的信号；该收发模块，还用于发送至少部分该第一测距信号，该至少部分该第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

结合第三方面，在一种可能的实现方式中，上述第一信号中包含导频信息，上述预处理包括信道估计，该第二信号为第二设备到该第一设备的第一信道冲击响应。该处理模块，具体用于：对该第一信道冲击响应进行第一处理后，获得第二信道冲击响应，该第一处理包括时间反转，或者时间反转和共轭处理；根据该第二信道冲击响应和该原始测距信号进行卷积处理。

可选的，该处理模块，具体用于：归一化处理该第二信道冲击响应后，与该原始测距信号进行卷积处理。

结合第三方面，在一种可能的实现方式中，上述第一信号为原始测距信号经过无线信道传输后获得，该预处理包括功率归一化。该处理模块，具体用于：对该第二信号进行时间反转，或者时间反转和共轭处理后，获得该第一测距信号。

结合第三方面，在一种可能的实现方式中，上述至少部分该第一测距信号的长度与该原始测距信号的长度相等。

结合第三方面，在一种可能的实现方式中，上述至少部分该第一测距信号携带于测距无线帧中。

结合第三方面，在一种可能的实现方式中，上述收发模块，该用于接收测距配置信息，或者，发送测距配置信息；其中，该测距配置信息用于配置以下一项或多项信息：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能，携带测距信号的测距无线帧的格式，测距过程中测距信号的长度，脉冲重复频率模式。

第四方面，本申请提供一种通信装置，该通信装置可以是第二设备或第二设备中的芯片，比如 Wi-Fi 芯片。该通信装置包括：收发模块，用于发送信号，该信号用于生成第一测距信号；该收发模块，还用于接收用于测距的信号，该用于测距的信号为至少部分第一测距信号经过无线信道传输后获得，该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能；相关运算模块，用于将原始测距信号和该用于测距的信号输入相关器进行相关运算，获得该相关器输出的最大值所在的第一时刻，该原始测距信号基于第一序列生成；完整性校验模块，用于对该用于测距的信号进行完整性校验，获得校验结果；其中，当第二序列和校验序列进行相关运算获得的相关运算结果大于或等于预设门限时，该校验结果为该用于测距的信号通过该完整性检验；当该第二序列和该校验序列进行相关运算获得的相关运算结果小于该预设门限时，该校验结果为该用于测距的信号未通过该完整性检验；该第二序列为该第一序列，或者该第二序列为该第一序列经过时间反转处理后的序列；该校验序列为该用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，该等间隔采样的起始时刻为该第一时刻，该校验序列的长度与该第一序列的长度相等；确定模块，用于当该校验结果为该用于测距的信号通过该完整性校验时，将该第一时刻确定为该用于测距的信号到达时刻。

结合第四方面，在一种可能的实现方式中，上述信号中包含导频信息，该第二序列与第一序列相同。

结合第四方面，在一种可能的实现方式中，上述信号为原始测距信号，该第二序列为第一序列经过时间反转处理后的序列。

结合第四方面，在一种可能的实现方式中，上述校验序列为该用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，包括：校验序列基于样本序列的极性生成，该样本序列为该用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样后得到。

结合第四方面，在一种可能的实现方式中，上述至少部分该第一测距信号的长度与该原始测距信号的长度相等。

结合第四方面，在一种可能的实现方式中，上述至少部分该第一测距信号携带于测距无线帧中。

结合第四方面，在一种可能的实现方式中，上述收发模块，还用于发送测距配置信息，或者，接收测距配置信息；其中，该测距配置信息用于配置以下一项或多项信息：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能，携带测距信号的测距无线帧的格式，测距过程中发送的测距信号的长度，脉冲重复频率模式。

第五方面，本申请提供一种测距配置信息传输方法，该方法包括：通信装置发送测距配置信息，或者，通信装置接收测距配置信息。其中，该测距配置信息包括测距无线帧的类型，该测距无线帧的类型为支持测距功能的无线帧类型，或同时支持测距功能和完整性保护功能的无线帧类型。

本方案针对新增的同时支持测距功能和完整性保护功能的信号或无线帧，提供一种配置信息的协商方式，为后续的测距过程奠定基础。

第六方面，本申请提供一种通信装置，该通信装置包括：收发模块，用于发送测距配置信息，或者，接收测距配置信息。其中，该测距配置信息包括测距无线帧的类型，该测距无线帧的类型为支持测距功能的无线帧类型，或同时支持测距功能和完整性保护功能的无线帧类型。

结合第五或第六方面，在一种可能的实现方式中，上述测距配置信息还包括以下一项或多项：测距无线帧的格式，支持测距功能和/或完整性保护功能的信号的长度，脉冲重复频率模式。

结合第五或第六方面，在一种可能的实现方式中，上述测距配置信息携带于测距信道与前导码选择信息单元，或测距响应时间协商信息单元中。

第七方面，本申请提供一种通信装置，具体为第一设备，包括处理器和收发器。该收发器，用于接收第一信号；该处理器，用于对该第一信号进行预处理，获得第二信号，该预处理包括信道估计或功率归一化；该处理器，还用于至少根据该第二信号生成第一测距信号，其中，该第一测距信号符合该第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后与原始测距信号进行卷积处理后的信号，或者，该第一测距信号符合该第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后获得的信号；该收发器，还用于发送至少部分该第一测距信号，该至少部分该第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

可选的，该通信装置还包括存储器，该存储器用于存储计算机程序，该计算机程序包括程序指令。

第八方面，本申请实施例提供一种通信装置，具体为第二设备，包括处理器和收发器。该收发器，用于发送信号，该信号用于生成第一测距信号；该收发器，还用于接收用于测距的信号，该用于测距的信号为至少部分第一测距信号经过无线信道传输后获得，该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能；该处理器，用于将原始测距信号和该用于测距的信号输入相关器进行相关运算，获得该相关器输出的最大值所在的第一时刻，该原始测距信号基于第一序列生成；该处理器，还用于对该用于测距的信号进行完整性校验，获得校验结果；该处理器，还用于当该校验结果为该用于测距的信号通过该完整性校验时，将该第一时刻确定为该用于测距的信号的到达时刻。其中，当第二序列和校验序列进行相关运算获得的相关运算结果大于或等于预设门限时，该校验结果为该用于测距的信号通过该完整性检

验；当该第二序列和该校验序列进行相关运算获得的相关运算结果小于该预设门限时，该校验结果为该用于测距的信号未通过该完整性检验；该第二序列为该第一序列，或者该第二序列为该第一序列经过时间反转处理后的序列；该校验序列为该用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，该等间隔采样的起始时刻为该第一时刻，该校验序列的长度与该第一序列的长度相等。

可选的，该通信装置还包括存储器，该存储器用于存储计算机程序，该计算机程序包括程序指令。

第九方面，本申请实施例提供一种通信装置，该通信装置以芯片的产品形态实现，包括处理器和接口电路；该接口电路，用于接收代码指令并传输至该处理器；该处理器用于运行该代码指令以执行上述第一方面，或上述第二方面，或其中任一方面的任一种可能的实现方式所述的 UWB 中的测距信号传输方法。可选的，该通信装置还包括存储器，该存储器与该处理器通过电路连接。可选的，该处理器与存储器可以是物理上相互独立的单元，或者，存储器也可以和处理器集成在一起。

第十方面，本申请实施例提供一种通信装置，该通信装置以芯片的产品形态实现，包括处理器和接口电路；该接口电路，用于接收代码指令并传输至该处理器；该处理器用于运行该代码指令以执行上述第五方面或上述第五方面的任一种可能的实现方式所述的测距配置信息传输方法。可选的，该通信装置还包括存储器，该存储器与该处理器通过电路连接。可选的，该处理器与存储器可以是物理上相互独立的单元，或者，存储器也可以和处理器集成在一起。

第十一方面，本申请实施例提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有计算机程序，该计算机程序包括程序指令，当该程序指令在计算机上运行时，使得计算机执行上述第一方面、或上述第二方面所述的 UWB 中的测距信号传输方法。

第十二方面，本申请实施例提供一种计算机程序产品，当该计算机程序产品在计算机上运行时，使得该计算机执行上述第一方面、或上述第二方面所述的测距配置信息传输方法。

第十三方面，本申请实施例提供一种通信系统，该通信系统包括上述第一方面或上述第三方面或上述五方面或上述第六方面描述的第一设备，和上述第二方面或上述第四方面描述的第二设备。

实施本申请实施例，可以使接收端具有检测测距过程是否受到干扰的能力，保证测距信号的完整性，并且不损失系统的测距性能。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍。

图 1 是本申请实施例提供的测距原理示意图；

图 2 是本申请实施例提供的测距定位系统的架构图；

图 3 是本申请实施例提供的 UWB 中的测距信号传输方法的第一种示意流程图；

图 4 是本申请实施例提供的 UWB 中的测距信号传输方法的第二种示意流程图；

图 5a 是本申请实施例提供有完整性保护和没有完整性保护下的攻击成功率对比示意图；

图 5b 是本申请实施例提供有完整性保护和没有完整性保护下的测距误差率对比示意图；

图 5c 是本申请实施例提供有完整性保护和没有完整性保护下的测距事件检测率；

图 6 是本申请实施例的 UWB 中的测距信号传输方法的第三种示意流程图；

图 7 是本申请实施例的 UWB 中的测距信号传输方法的第四种示意流程图；

图 8 是本申请实施例提供的测距无线帧的帧格式示意图；

图 9 是本申请实施例提供的测距无线帧中 STS+ 的帧格式示意图；

图 10 是本申请实施例提供的测距配置信息传输方法的示意流程图；

图 11 是本申请实施例提供的通信装置 1 的结构示意图；

图 12 是本申请实施例提供的通信装置 2 的结构示意图；

图 13 是本申请实施例提供的通信装置 1000 的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

在本申请的描述中，除非另有说明，“/”表示“或”的意思，例如，A/B 可以表示 A 或 B。本文中的“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。此外，“至少一个”是指一个或多个，“多个”是指两个或两个以上。“以下至少一项（个）”或其类似表达，是指的这些项中的任意组合，包括单项（个）或复数项（个）的任意组合。例如，a，b，或 c 中的至少一项（个），可以表示：a，b，c；a 和 b；a 和 c；b 和 c；或 a 和 b 和 c。其中 a，b，c 可以是单个，也可以是多个。

在本申请的描述中，“第一”、“第二”等字样仅用于区别不同对象，并不对数量和执行次序进行限定，并且“第一”、“第二”等字样也并不限定一定不同。此外，术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备等，没有限定于已列出的步骤或单元，而是可选地还包括没有列出的步骤或单元等，或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备等固有的其它步骤或单元。

本申请中，“示例性的”或者“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请中被描述为“示例性的”、“举例来说”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其他实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用“示例性的”、“举例来说”或者“例如”等词旨在以具体方式呈现相关概念。

应理解，在本申请中，“当...时”、“若”以及“如果”均指在某种客观情况下装置会做出相应的处理，并非是限定时间，且也不要求装置实现时一定要有所判断的动作，也不意味着存在其它限定。

本申请中对于使用单数表示的元素旨在用于表示“一个或多个”，而并非表示“一个且仅一个”，除非有特别说明。

可以理解，在本申请各实施例中，“A 对应的 B”表示 A 与 B 存在对应关系，根据 A 可以确定 B。但还应理解，根据（或基于）A 确定（或生成）B 并不意味着仅仅根据（或基于）A 确定（或生成）B，还可以根据（或基于）A 和/或其它信息确定（或生成）B。

下面对本申请涉及到的一些相关内容、术语或名词进行简要介绍。

一、测距的基本原理

测距的基本原理是：通信双方通过测量消息的往返时间来计算二者之间的距离。其中，发送端发送的测距序列经过脉冲成型和调制后到达接收端，接收端将收到的测距序列与本地

存储的序列进行相关运算，根据相关峰的位置获得到达时间（即 t_2 和 t_4 ）。参见图 1，图 1 是本申请实施例提供的测距原理示意图。如图 1 所示，第一设备在 t_1 时刻发送测距信号 1，在 t_2 时刻到达第二设备；第二设备对接收到的测距信号进行处理后，第二设备再在 t_3 时刻向第一设备发送测距信号 2，在 t_4 时刻到达第一设备。其中，测距信号是测距序列经过脉冲成型和调制后得到的，比如脉冲位置调制（pulse position modulation, PPM）、脉冲幅度调制（pulse amplitude modulation, PAM）等。根据下述公式（1-1）和（1-2）可计算出第一设备和第二设备之间的距离 d ：

$$d = \frac{t_{RTT}}{2} \times c \quad \text{..... (1-1)}$$

$$t_{RTT} = (t_4 - t_1) - (t_3 - t_2) \quad \text{..... (1-2)}$$

其中， c 表示光速， t_{RTT} 表示测距信号（或消息）的往返时间。

二、距离缩减攻击（distance-reduction attack）

距离缩减攻击（distance-reduction attack）是针对上述测距过程（即上述图 1 所示的测距过程）的一种常见的攻击方式，具体可以有多种实现形式，例如 Cicada 攻击、Cicada++ 攻击、GhostPeak 攻击等等，具体攻击方式可参考现有技术的描述，本申请不做详细说明。在上述攻击形式（如 Cicada 攻击、Cicada++ 攻击、GhostPeak 攻击等）中，攻击者的目标是：通过产生干扰信号，使得收到测距信号的设备估计出的信号到达时间比真实时间提前，从而导致在实际距离很远的情况下测距双方误认为距离很近，这在汽车门锁的智能感知、基于位置的无接触式支付等应用中会造成财产损失。

三、IEEE 802.15.4z 标准中的安全测距方案

提前检测/延迟提交（early detect/late commit, ED/LC）攻击（attack）也是针对上述测距过程（如上述图 1 所示的测距过程）的一种常见的攻击方式。在 ED/LC 攻击中，攻击者利用测距信号结构上的可预测性，根据接收到的测距信号片段提前推断出整个测距信号，并且将其发送给接收者，以使得接收者对信号到达时间的估计发生错误。

IEEE 802.15.4z 标准提出一种对测距序列进行加密的方案，其主要使用 128 位的密钥对 128 位的测距序列进行高级加密标准（advanced encryption standard, AES）加密，得到 128 比特的随机序列，并对该随机序列进行脉冲成型和调制后发送。具体的加密过程可参考 802.15.4z 标准的相关描述，本申请不赘述。

因为测距序列是加密的，所以攻击者无法根据接收到的测距信号片段推断出整个测距信号，故对测距序列进行加密的方案可以对抗 ED/LC 攻击。但是对测距序列进行加密的方案无法对抗 Cicada、Cicada++、GhostPeak 等距离缩减攻击，因为在这些攻击形式中，攻击者并不需要对合法的测距信号进行解码和推断，只需要发送随机的干扰信号就可以完成攻击，所以对测距序列进行加密的方案无法对抗此类攻击。

四、最大峰-提前峰功率比（maximum peak to early peak ratio, MPEP）

针对上述距离缩减攻击，可以通过在接收端设置合适的 MPEP 阈值来降低接收端将非法峰（即：因为干扰信号造成的在相关器输出的最大峰之前出现的多余尖峰）误判为首径的概率，从而对抗距离缩减攻击（或对抗干扰信号的干扰）。此方法虽然可以在一定程度上对抗距离缩减攻击，但该方法的性能依赖于 MPEP 阈值的选取。而 MPEP 阈值的选取通常通过实验

或实测选择经验值。由于无线传播环境的复杂性和干扰信号的随机性，即使是通过反复实验得到的经验值也可能无法有效减少将非法峰误判为首径的概率。

此外，该方法是以测距性能的下降为代价来换取安全性的提升，换句话说，如果选择较小的 MPEP 阈值可能对距离缩减攻击有较好的对抗效果，但也往往会造成接收端漏掉首径，从而使得测距精度下降。

五、消息到达时间码（message time of arrival codes, MTAC）

针对上述距离缩减攻击，可以通过消息到达时间码（MTAC）来检测测距过程是否受到距离缩减攻击。以上述图 1 为例，第一设备可以根据测距序列和测距双方（即第一设备和第二设备）约定的密钥生成 MTAC 信号，并可以将该 MTAC 信号发送给第二设备。该 MTAC 信号可以用于测距和校验。第二设备接收到 MTAC 信号后，对该 MTAC 信号进行解调和解码，恢复出测距序列，该测距序列用于测距；并且使用恢复出的测距序列和测距双方（即第一设备和第二设备）约定的密钥重构 MTAC 信号。第二设备可以对比重构出的 MTAC 信号与接收到的 MTAC 信号之间的差异（例如：对两个信号做差，并计算差值信号的功率），如果差异大于某一门限，则校验不通过，表明测距信号受到攻击。

但是，在复杂的多径传播环境中，即使不存在距离缩减攻击，接收到的 MTAC 信号也会发生畸变，且信道估计有可能不准确（例如在低信噪比条件下），从而存在解码错误率较高的可能。因此这种情况下，重构出的 MTAC 信号有可能与接收到的 MTAC 信号差异较大，从而导致校验不通过。故，根据 MTAC 无法准确判断测距过程是否遭受攻击。另外，上述通过 MTAC 来检测测距过程是否受到距离缩减攻击的方法依赖于接收机的检测判决（如对 MTAC 信号进行解调和解码），在多径信道下，信号检测判决之前需要进行信道均衡，信道均衡过程的实现复杂度高，将会导致系统实现成本的激增。

综上，对测距序列进行加密的方法（上述第三点），可以实现对测距信号的机密性保护；但无法对抗距离缩减攻击。在接收端设置合适的 MPEP 阈值的方法（上述第四点），可以实现对该测距信号的完整性保护，但没有通用的阈值选择方法且难以平衡安全性和测距性能。MTAC 检测的方法（上述第五点），不能准确判断测距过程是否遭受到攻击，不能保证 MTAC 信号的完整性。

其中，机密性可以指不能被未授权的个人、实体或者过程利用或知悉的特性。完整性可以指信息在传输、交换、存储和处理过程中，保持信息不被破坏或修改、不丢失和信息未经授权不能改变的特性。

本申请中，机密性可以理解为：除测距双方外，其他设备无法获知测距信号中携带的测距序列的特性；完整性可以理解为：除测距双方外，其他设备不能篡改测距信号中携带的测距序列的特性。机密性保护可以理解为：除测距双方外，防止其他设备获知测距信号中携带的测距序列。完整性保护可以理解为：判断测距信号中的测距序列是否被其他设备篡改，或者判断测距序列的可信性。

本申请实施例提供一种 UWB 中的测距信号传输方法，通过对测距信号的波形进行改造，可以使接收端具有检测测距过程是否受到干扰的能力，保证测距信号的完整性，并且不损失系统的测距性能。

本申请实施例提供的技术方案可以应用于无线通信感知的测距定位场景中。在测距定位场景中，通信双方可以根据相关协议经过认证和协商建立无线通信连接，在建立无线通信连

接后，发送端发送无线测距帧到达接收端，接收端收到该无线测距帧后计算到达时间，并向发送端回复另一测距无线帧。通过计算消息往返时间（如前述公式（1-2）），来计算二者（即发送端和接收端）之间的距离（如前述公式（1-1）），完成测距过程。

参见图 2，图 2 是本申请实施例提供的测距定位系统的架构图。如图 2 所示，该测距定位系统包括至少两个设备，如第一设备和第二设备。实际应用中第一设备和第二设备可能是同一设备在不同时刻担任的不同角色。也就是说，第一设备在某一时刻是发送端，执行发送端的操作；但在另一时刻可能是接收端，执行接收端的操作。第二设备与第一设备同理，也就是说，第二设备在某一时刻是发送端，执行发送端的操作；但在另一时刻可能是接收端，就执行接收端的操作。图 2 是以第一设备为发送端，第二设备为接收端为例。

其中，第一设备包括：信号预处理模块，反转与共轭模块，信号生成模块。信号预处理模块，用于估计第二设备到第一设备之间的信道冲击响应（channel impulse response, CIR），或者对接收到的信号波形进行功率归一化操作。如果第二设备发送的是信道测量信号，则信号预处理模块执行估计 CIR 的操作；如果第二设备发送的是原始测距信号，则信号预处理模块执行功率归一化操作。反转与共轭模块，用于将预处理后的波形进行时间反转和共轭操作。信号生成模块，用于生成原始测距信号，例如 IEEE 802.15.4z 标准中的加扰的时间戳序列（scrambled timestamp sequence, STS）。该信号生成模块，还用于生成具有完整性保护功能和测距功能的测距信号。如果第二设备发送的是信道测量信号，则该测距信号由原始测距信号与反转与共轭后的 CIR 进行卷积运算后获得。如果第二设备发送的是原始测距信号，则该测距信号是反转与共轭模块的输出信号。具有完整性保护功能和测距功能的测距信号经天线发送到第二设备。

第二设备包括：信号发送模块，到达时间（Time of Arrival, TOA）估计模块，完整性校验模块。信号发送模块，用于发送信道测量信号或原始测距信号，该信号从天线口发出，发送给第一设备。ToA 估计模块，用于利用第一设备发送的测距信号进行 ToA 估计，获得时间戳，该时间戳用于测距或者定位。完整性校验模块，用于将接收到的信号采样后与本地的测距信号进行相关运算判断接收到的信号是否被篡改。

上述图 2 中原始测距信号的虚线部分表示第一设备和第二设备采用相同的操作得到相同的原始测距信号（例如 IEEE 802.15.4z 标准中的 STS）。

应理解，上述图 2 所示的第一设备和第二设备均是多天线，但实际应用中，第一设备可以配置多天线，也可以配置单天线；同理，第二设备可以配置单天线，也可以配置多天线；本申请实施例不做限制。

下面将结合更多的附图对本申请提供的技术方案进行详细说明。

本申请中，除特殊说明外，各个实施例或实现方式之间相同或相似的部分可以互相参考。在本申请中各个实施例、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法中，如果没有特殊说明以及逻辑冲突，不同的实施例之间、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法之间的术语和/或描述具有一致性、且可以相互引用，不同的实施例、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法中的技术特征根据其内在的逻辑关系可以组合形成新的实施例、实施方式、实施方法、或实现方法。以下所述的本申请实施方式并不构成对本申请保护范围的限定。

为便于描述本申请提供的技术方案，下文实施例均以第一设备为发送端（指发送测距信号的一方），第二设备为接收端（指接收测距信号的一方）为例进行说明。但实际应用中第一

设备和第二设备可能是同一设备在不同时刻担任的不同角色。也就是说，第一设备在某一时刻是发送端，执行发送端的操作；但在另一时刻可能是接收端，执行接收端的操作。第二设备与第一设备同理。

本申请中的第一设备和第二设备均支持 802.15.4z 标准，还可以支持 802.15.4z 标准的下一代标准。当然第一设备和第二设备还可以支持窄带通信标准，如 Wi-Fi 标准（即 802.11 系列标准）、蓝牙标准、或 Zigbee 等。

实施例一

参见图 3，图 3 是本申请实施例提供的 UWB 中的测距信号传输方法的第一种示意流程图。如图 3 所示，该 UWB 中的测距信号传输方法包括但不限于以下步骤：

S1，第二设备发送第三信号，该第三信号用于生成第一测距信号。

可选的，上述第三信号可以为原始测距信号，其生成方式可参考下文实施例的描述，此处不展开说明。或者，上述第三信号为信道测量信号，其包含导频信息，如前导码。该导频信息可以用于进行信道估计。

S2，第一设备接收第一信号。

可选的，因为信号在无线信道中传输时，会被各种障碍物反射、衍射以及散射等，从而导致发送端发送的信号到达接收端时会发生一些变化。所以，虽然第二设备发送的是第三信号，但经过无线信道传输后，第二设备接收到的是第一信号。第一信号和第三信号的波形可能发生变化，但其携带的信息是相同的。

S3，第一设备对该第一信号进行预处理，获得第二信号，该预处理包括信道估计或功率归一化。

可选的，第一设备执行信道估计，估计第二设备到第一设备的信道冲击响应（CIR）；具体实现可参考下文实施例二的相应描述，此处不展开说明。或者，第一设备对接收到的第一信号进行功率归一化操作，具体实现可参考下文实施例三的相应描述，此处不展开说明。

S4，第一设备至少根据该第二信号生成第一测距信号，其中，该第一测距信号符合第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后与原始测距信号进行卷积处理后的信号，或者，该第一测距信号符合第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后获得的信号。

可选的，第一设备对预处理后的信号（即第二信号）进行反转和取共轭操作，以生成第一测距信号。第一测距信号的具体生成方式可参见下文实施例二或实施例三的描述，此处不展开说明。

S5，第一设备发送至少部分第一测距信号，该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

可选的，第一设备可以直接发送第一测距信号，也可以对该第一测距信号进行截断后再发送。截断的长度为原始测距信号的长度，示例性的，保留第一测距信号的尾部，且该尾部与原始测距信号等长。其中，该至少部分第一测距信号可以携带于测距无线帧中发送。

S6，第二设备接收用于测距的信号，该用于测距的信号为至少部分第一测距信号经过无线信道传输后获得。

S7，第二设备将原始测距信号和该用于测距的信号输入相关器进行相关运算，获得该相关器输出的最大值所在的第一时刻。

可选的，第二设备采用峰值测距算法进行 ToA 估计，即将原始测距信号和该用于测距的信号输入相关器进行相关运算，获得该相关器输出的最大值所在时刻（即第一时刻）。

S8，第二设备对该用于测距的信号进行完整性校验，获得校验结果。

S9, 若该校验结果为该用于测距的信号通过完整性校验, 则第二设备将第一时刻确定为该用于测距的信号的到达时刻。

可选的, 第二设备对该用于测距的信号进行采样, 并判决得到校验序列; 将校验序列和第一序列进行相关运算, 获得相关运算结果; 在比较相关运算结果与预设门限的大小关系, 确定该用于测距的信号是否通过完整性检验。一个示例中, 如果相关运算结果大于预设门限, 则表示测距过程没有受到干扰, 测距结果可信; 否则, 即如果相关运算结果小于预设门限, 则表示测距过程受到干扰, 测距结果不可信。具体的完整性校验方式参考下文实施例二或实施例三的描述, 此处不展开说明。

本申请实施例利用来自第二设备的信号, 对其进行预处理, 再通过时间反转和共轭, 构造一种新的物理层测距信号, 该信号具有完整性保护功能, 可以使接收端具有检测测距过程是否受到干扰的能力, 保证测距信号的完整性, 并且不损失系统的测距性能。

实施例二

参见图4, 图4是本申请实施例提供的UWB中的测距信号传输方法的第二种示意流程图。主要介绍基于信道冲击响应(channel impulse response, CIR)反转的测距信号的生成和完整性保护。如图4所示, 该UWB中的测距信号传输方法包括但不限于以下步骤:

S101, 第二设备发送信道测量信号, 该信道测量信号包含导频信息。相应地, 第一设备接收该信道测量信号。

可选的, 第二设备可以在发送给第一设备的任意信号中携带导频信息(Any signal that includes preamble), 本申请实施例将携带导频信息的信号称为信道测量信号。第二设备向第一设备发送信道测量信号(即包含导频信息的第三信号), 相应地, 第一设备接收该信道测量信号(即包含导频信息的第一信号)。也就是说, 该信道测量信号中包括导频信息, 如前导码(preamble)。示例性的, 第一设备向第二设备发送请求信号, 该请求信号可以用于请求进行测距过程(或者用于请求开始测距过程); 第二设备接收到该请求信号后, 向第一设备反馈确认信号(即信道测量信号), 该确认信号中包含导频信息(如preamble)。

S102, 第一设备利用该信道测量信号进行信道估计, 获得第二设备到第一设备的第一信道冲击响应。

S103, 第一设备对第一信道冲击响应进行第一处理, 获得第二信道冲击响应, 该第一处理包括时间反转处理, 或者时间反转处理和共轭处理。

S104, 第一设备根据该第二信道冲击响应和原始测距信号, 生成第一测距信号, 该第一测距信号为该第二信道冲击响应与该原始测距信号进行卷积处理后获得。

S105, 第一设备发送至少部分第一测距信号, 该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

可选的, 第一设备接收到来自第二设备的信道测量信号后, 可以利用该信道测量信号中的导频信息进行信道估计(channel estimation), 获得第二设备到第一设备的第一信道冲击响应。为便于描述, 将第一信道冲击响应记为 $h_{21}(t)$ 。第一设备可以对该第一信道冲击响应进行时间反转(Time-reverse)获得第二信道冲击响应; 或者, 第一设备对该第一信道冲击响应进行时间反转和取共轭(Time-reverse and Conjugate)后, 获得第二信道冲击响应。应理解, 如果第一信道冲击响应为实数, 因为对实数取共轭为其本身, 所以也可以无需对第一信道冲击响应进行取共轭操作; 当然也可以不论第一信道冲击响应是实数还是复数, 都对其执行取共

轭操作。为便于描述,将第二信道冲击响应记为 $h'_{21}(-t)$; $h'_{21}(t)$ 表示 $h_{21}(t)$ 取共轭。第一设备可以根据第一序列生成原始测距信号。该第一序列可以为第一设备和第二设备都能够获知的序列,比如,第一设备和第二设备协商确定的序列,预设或预定义的序列,公开的序列,标准定义的序列等等。举例来说,第一序列可以是加扰的时间戳序列 (scrambled timestamp sequence, STS)。该原始测距信号的生成方式可以如下述公式 (2-1) 所示:

$$p(t) = \sum_k X[k]g(t-kT) \quad \text{..... (2-1)}$$

其中, $p(t)$ 表示原始测距信号, $X[k]$ 表示第一序列, $g(t)$ 表示矩形窗函数, T 表示第一序列中相邻码元的间隔。

第一设备生成原始测距信号之后,可以将该第二信道冲击响应与该原始测距信号进行卷积,生成第一测距信号。或者,第一设备可以将该第二信道冲击响应经过归一化处理后与该原始测距信号进行卷积,生成第一测距信号。其中,该第一测距信号具有或支持完整性保护功能和测距功能,或者说该第一测距信号支持完整性校验和测距。示例性的,该第一测距信号的数学表达式为下述公式 (2-2):

$$s(t) = (\sum_k X[k]g(t-kT)) \otimes \frac{h'_{21}(-t)}{\sqrt{\int_0^{T_s} |h'_{21}(-t)|^2 dt}} \quad \text{..... (2-2)}$$

其中, $s(t)$ 表示第一测距信号, T_s 表示 $h'_{21}(-t)$ 波形的持续期。应理解,因为上述公式 (2-2) 中进行了卷积运算,所以第一测距信号的持续期长于原始测距信号的持续期。也就是说,第一测距信号的长度大于原始测距信号的长度。

因此,对于该第一测距信号,第一设备有两种处理方式。一种实现方式中,第一设备可以对该第一测距信号进行截断,获得部分第一测距信号并发送。示例性的,截断方式为:保留第一测距信号的尾部,且该尾部与原始测距信号 $p(t)$ 等长。另一种实现方式中,第一设备也可以不对该第一测距信号进行截断,直接发送该第一测距信号。该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

S106, 第二设备接收用于测距的信号,该用于测距的信号为至少部分第一测距信号经过无线信道传输后获得。

可选的,因为信号在无线信道中传输时,会被各种障碍物反射、衍射以及散射等,从而导致发送端发送的信号到达接收端时会发生一些变化。因此,第一设备发送的至少部分第一测距信号经过无线信道传输后产生了一些变化,本申请实施例将至少部分第一测距信号经过无线信道传输至第二设备的信号称为用于测距的信号。第二设备接收用于测距的信号。为便于描述,本申请实施例将第二设备接收到的用于测距的信号记为 $y(t)$ 。

S107, 第二设备将原始测距信号和该用于测距的信号输入相关器进行相关运算,获得该相关器输出的最大值所在的第一时刻。

可选的,第二设备接收到该用于测距的信号后,可以将原始测距信号 $p(t)$ 和该用于测距的信号 $y(t)$ 输入相关器进行相关运算,获得该相关器输出的最大值所在的第一时刻 (记为 t_2)。其中,该原始测距信号的生成方式可以如前述公式 (2-1) 所示。换句话说,第二设备利用本地存储的第一序列 (如 STS) 生成原始测距信号 $p(t)$, 并将原始测距信号 $p(t)$ 与接收到的信号 $y(t)$ 做相关运算,并记录相关峰所在的时刻,该时刻即为第一时刻 t_2 。

S108, 第二设备对该用于测距的信号进行完整性校验,获得校验结果。

可选的,为了检验测距过程是否受到干扰信号的干扰 (即:第二设备接收到的用于测距

的信号是否被干扰信号干扰), 第二设备可以对接收到的用于测距的信号 $y(t)$ 取实部, 再进行等间隔采样, 获得样本序列。其中, 采样起始时刻为第一时刻 (t_2), 采样间隔为 T (即第一序列中相邻码元的间隔)。样本序列的长度等于第一序列的总长度, 例如 STS 的长度为 128 位, 则样本序列的长度 (或样本总数) 也为 128 位。一种实现方式中, 第二设备可以将该样本序列直接作为校验序列 (记为 $Y[k]$)。另一种实现方式中, 第二设备得到该样本序列后, 根据每个样本的极性生成校验序列 (记为 $Y[k]$)。若样本序列中样本的极性为正, 则校验序列中对应元素为 1; 否则, 即若样本序列中样本的极性为负, 则校验序列中对应元素为 -1。第二设备可以将该校验序列 ($Y[k]$) 与本地存储的第一序列 $X[k]$ 进行相关运算, 获得相关运算结果 (记为 z)。该相关运算结果 z 表示为:

$$z = \sum_{k=1}^N X[k]Y[k] \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

其中, N 表示校验序列 $Y[k]$ 的长度。

第二设备可以将相关运算结果 z 与预设门限比较, 获得校验结果。其中, 当该相关运算结果 z 大于或等于该预设门限时, 该校验结果为上述用于测距的信号通过完整性检验, 也就是说, 测距过程未受到干扰信号的干扰。当该相关运算结果 z 小于该预设门限时, 该校验结果为上述用于测距的信号未通过完整性检验, 也就是说, 测距过程受到了干扰信号的干扰。应理解, 当该相关运算结果 z 等于该预设门限时, 该校验结果是通过还是不通过可根据实际情况确定, 本申请实施例不做限制。示例性的, 该预设门限的绝对值等于第一序列的长度, 若第一序列为 128 位, 则预设门限可以为 ± 128 。

S109, 若该校验结果为该用于测距的信号通过完整性校验, 则第二设备将该第一时刻确定为该用于测距的信号的到达时刻。

可选的, 如果上述校验结果为上述用于测距的信号通过完整性校验, 说明测距过程未受到干扰信号的干扰; 则第二设备可以将上述第一时刻 (t_2) 作为该用于测距的信号的到达时刻。如果上述校验结果为上述用于测距的信号未通过完整性校验, 说明测距过程受到了干扰信号的干扰; 则第二设备可以告知第一设备重发新的测距信号, 或者间隔一段时间重发测距信号, 或者不做任何操作等。

本申请实施例中第一设备利用自身和第二设备之间信道的 CIR (即上述第一信道冲击响应), 通过时间反转构造测距信号波形, 实现测距信号与信道的匹配; 第二设备基于接收到的信号, 通过相关运算完成飞行时间 (time of flight, ToF) 测量, 并通过采样、判决、相关运算对测距过程是否受到干扰做出判断, 从而实现测距信号的完整性保护。本申请实施例通过时间反转, 使得接收端能够对测距过程是否遭受干扰进行检测, 对测距信号提供了完整性保护; 并且接收机仅需要完成简单的相关运算, 实现复杂度低。另外, 测距和完整性保护均基于同一序列 (即第一序列) 完成, 完整性保护机制引入的额外开销小。接收端测距也不再依赖于回退搜索算法, 既能够提高非视距 (Non-Line-of-Sight, NLOS) 环境下的测距准确度, 又能够解决无法区分多径和干扰造成的相关峰的难题。

下面分别就测距过程中存在干扰和不存在干扰这两种情况, 分别分析本申请实施例一提供的技术方案能够使接收端具有检测测距过程是否受到干扰的能力的原因, 也就是本申请实施例一提供的技术方案能够实现测距信号完整性保护的原因。

1、在无干扰情况下, 第二设备接收到的用于测距的信号 $y(t)$ 的数学表达式如下述公式 (2-4) 所示:

$$y(t) = s(t) \otimes h_{12}(t) + n_2(t) \quad \dots\dots\dots (2-4)$$

其中, $h_{12}(t)$ 表示第一设备到第二设备的信道冲击响应 (channel impulse response, CIR), $n_2(t)$ 表示第二设备的接收机噪声。假设信道满足互易性, 即 $h_{12}(t) = h_{21}(t)$; 也就是说, 第一设备到第二设备的信道冲击响应等于第二设备到第一设备的信道冲击响应。将公式 (2-2) 带入上述公式 (2-4), 可得公式 (2-5):

$$y(t) = (\sum_k X[k]g(t-kT)) \otimes \frac{h'_{12}(t) \otimes h'_{12}(-t)}{\sqrt{\int_0^{T_s} |h'_{12}(-t)|^2 dt}} + n_2(t) \quad (2-5)$$

为便于描述, 引入如下表达式:

$$h_e(t) = \frac{h'_{12}(t) \otimes h'_{12}(-t)}{\sqrt{\int_0^{T_s} |h'_{12}(-t)|^2 dt}} \quad (2-6)$$

其中, $h_e(t)$ 表示原始测距信号 $p(t)$ 所经历的等效信道的信道冲击响应 (CIR)。对于 UWB 系统, 由于其宽带特性, $h_e(t)$ 具有显著的时间聚焦效果, 即: 当 $t=0$ 时, $h_e(t)$ 为一尖峰; 当 $t \neq 0$ 时, $h_e(t)$ 的值接近于 0。这样可以近似地认为: 本申请实施例生成的测距信号 (即上述第一测距信号), 能够使得原始测距信号 $p(t)$ 经历的等效信道近似为加性高斯白噪声 (additive white gaussian noise, AWGN) 信道。

应理解, 加性高斯白噪声是一种功率谱函数为常数 (即白噪声), 且幅度服从高斯分布的噪声信号。

还应理解, 即使信道不满足互易性, 但因为本申请实施例中步骤 S101 和步骤 S106 的时间间隔很短, 所以第二设备到第一设备的信道与第一设备到第二设备的信道之间的差异小, 故而 $h_e(t)$ 仍然有时间聚焦效果。也就是说, 原始测距信号 $p(t)$ 所经历的等效信道也可以近似为加性高斯白噪声信道。

2、在有干扰的情况下, 干扰行为可能针对两个阶段进行: (1) 利用干扰信号干扰上述步骤 S101 发送的信道测量信号, 即干扰信道估计过程; (2) 利用干扰信号干扰上述步骤 S105 发送的至少部分第一测距信号, 即干扰测距过程。

如果信道估计过程受到干扰, 则会导致第一设备的信道估计结果出错, 即: 无法获得准确的 $h_{21}(t)$ 的估值。这样, 上述公式 (2-6) 中的 $h_e(t)$ 就不再具有时间聚焦效果, 从而使得 $p(t)$ 在接收端产生码间串扰。当采用本申请实施例的方法对接收信号 (即用于测距的信号 $y(t)$) 进行采样后, 由于码间串扰的存在, 会使得采样得到的样本序列与本地存储的第一序列的相关运算值很低 (z 的值小), 从而使得完整性校验不通过。

如果测距过程受到干扰, 则在有干扰的情况下, 第二设备接收到的用于测距的信号 $y(t)$ 的数学表达式如下述公式 (2-7) 所示:

$$y(t) = s(t) \otimes h_{12}(t) + s_a(t) \otimes h_{a2}(t) + n_2(t) \quad (2-7)$$

其中, $s_a(t)$ 表示干扰信号, $h_{a2}(t)$ 表示干扰信号的发送方到第二设备间的信道冲击响应。按照本申请实施例提供的完整性校验, 最终得到的校验序列 $Y[k]$ 中每个元素将不仅含有原始测距信号的采样值, 还含有干扰信号 $s_a(t) \otimes h_{a2}(t)$ 的采样值, 这会导致 $Y[k]$ 与 $X[k]$ 的相关运算结果 z 低于预设门限, 从而使得完整性校验不通过。

上述内容分析了本申请实施例提供的技术方案能够实现测距信号完整性保护的原因, 下面通过示例性的仿真数据说明本申请实施例能够实现的技术效果。

举例来说, 仿真参数 (simulation parameters) 如下: 128 位的 STS 数据包 (128 bits STS packet with configuration three), 八阶巴特沃斯脉冲 (8th order Butterworth pulse), 长度为 31 位的同

步前导码 1 (SYNC Preamble Code 1 (length 31)), 采样频率 500MHz (Sampling frequency 500MHz), 峰值脉冲重复频率 (pulse repetition frequency, PRF) 499.2MHz (也支持 124.8MHz PRF), 6 位 DAC (也支持 2、4、12), 802.15.4a 超宽带信道模型 (步行视距模式)、100 信道实现, 没有频率偏移和完美的定时 (No frequency offset and perfect timing)。

参见图 5a, 图 5a 是本申请实施例提供有完整性保护和没有完整性保护下的攻击成功率对比示意图。如图 5a 所示, 其纵轴表示攻击成功率, 单位为百分比(%), 横轴表示信噪比(SNR), 单位为分贝 (dB)。由图 5a 可知, 在没有完整性保护的情况下, 攻击成功率大约为 50%。而有完整性保护的情况下 (即采用本申请实施例提供的方法), 攻击成功率很低, 未超过 10%。

参见图 5b, 图 5b 是本申请实施例提供有完整性保护和没有完整性保护下的测距误差率对比示意图。其中, 如果 ToA 测量值与真实 ToA 之间的差值大于 6 ns (即 1.8 m 距离误差), 则识别测距误差。如图 5b 所示, 其纵轴表示测距误差率, 单位为百分比 (%), 横轴表示信噪比 (SNR), 单位为分贝 (dB)。由图 5b 可知, 有干扰情况下, 采用本申请实施例提供的方法 (即有完整性保护的测距信号), 测距误差率显著降低。

参见图 5c, 图 5c 是本申请实施例提供有完整性保护和没有完整性保护下的测距事件检测率。其中, 如果相关器可以输出高于阈值的峰值, 并且完整性检查通过, 则检测到测距事件。如图 5c 所示, 其纵轴表示测距误差率, 单位为百分比 (%), 横轴表示信噪比 (SNR), 单位为分贝 (dB)。由图 5c 可知, 有完整性保护的情况下 (即采用本申请实施例提供的方法), 相对于没有完整性保护的情况下, 测距事件检测率 (The ranging event detection rate) 不会严重降低。而测距事件检测率的轻微下降是由信道估计误差导致的。

实施例三

参见图 6, 图 6 是本申请实施例的 UWB 中的测距信号传输方法的第三种示意流程图。主要介绍接收波形反转的测距信号的生成和完整性保护。如图 6 所示, 该 UWB 中的测距信号传输方法包括但不限于以下步骤:

S201, 第二设备发送原始测距信号, 该原始测距信号基于第一序列生成。

可选的, 第二设备生成原始测距信号 $p(t)$ 的方式如前述公式 (2-1) 所示, 此处不再赘述。其中, 第一序列可以是第一设备和第二设备协商确定的序列, 预设或预定义的序列, 公开的序列, 标准定义的序列等等。举例来说, 第一序列可以是 STS。

可选的, 第一设备可以向第二设备发送请求信号, 该请求信号可以用于请求进行测距过程 (或者用于请求开始测距过程); 第二设备接收到该请求信号后, 向第一设备反馈确认信号, 该确认信号中包含原始测距波形。

S202, 第一设备接收第一信号, 该第一信号为该原始测距信号经过无线信道传输后获得。

可选的, 因为信号在无线信道中传输时, 会被各种障碍物反射、衍射以及散射等, 从而导致发送端发送的信号到达接收端时会发生一些变化。所以, 虽然第二设备发送的是原始测距信号, 但第二设备接收到的是第一信号, 该第一信号为该原始测距信号经过无线信道传输后获得。为便于描述, 本申请实施例将第一设备接收到的第一信号记为 $y_1(t)$ 。 $y_1(t)$ 的数学表达式如下:

$$y_1(t) = p(t) \otimes h_{21}(t) + n_1(t) \quad (2-8)$$

其中, $h_{21}(t)$ 表示第二设备到第一设备的信道冲击响应, $n_1(t)$ 表示第一设备的接收机噪声。

S203, 第一设备对该第一信号进行时间反转, 或者时间反转和共轭处理后, 获得第一测

距信号。

S204, 第一设备发送至少部分第一测距信号, 该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

可选的, 第一设备接收到该第一信号后, 可以对该第一信号 $y_1(t)$ 进行时间反转, 得到第一测距信号。或者, 第一设备对该第一信号 $y_1(t)$ 进行功率归一化、时间反转、以及取共轭等处理后, 获得第一测距信号。其中, 该第一测距信号具有或支持完整性保护功能和测距功能, 或者说该第一测距信号支持完整性校验和测距。为便于描述, 第一测距信号记为 $s(t)$ 。示例性的, 第一测距信号如下述公式 (2-9) 所示:

$$s(t) = \alpha y_1'(t) = \alpha [p'(-t) \otimes h_{21}'(-t) + n_1'(-t)] \quad (2-9)$$

其中, α 表示功率归一化因子, 用于将第一信号 $y_1(t)$ 进行功率归一化处理。 $y_1'(t)$ 表示 $y_1(t)$ 取共轭。第一设备可以使用第一测距信号 $s(t)$ 作为具有完整性保护功能和测距功能的信号, 并将其发送给第二设备。

由上述公式 (2-9) 可知, 第一测距信号的持续期长于原始测距信号的持续期。也就是说, 第一测距信号的长度大于原始测距信号的长度。因此, 对于该第一测距信号, 第一设备有两种处理方式。一种实现方式中, 第一设备可以对该第一测距信号进行截断, 获得部分第一测距信号并发送。示例性的, 截断方式为: 保留第一测距信号的尾部, 且该尾部与原始测距信号 $p(t)$ 等长。另一种实现方式中, 第一设备也可以不对该第一测距信号进行截断, 直接发送该第一测距信号。该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

S205, 第二设备接收该用于测距的信号, 该用于测距的信号为至少部分第一测距信号经过无线信道传输后获得。

S206, 第二设备将该原始测距信号和该用于测距的信号输入相关器进行相关运算, 获得相关器输出的最大值所在的第一时刻。

可选的, 本申请实施例中步骤 S205-步骤 S206 的实现方式可参考前述实施例二中步骤 S106-步骤 S107 的实现方式, 此处不再赘述。

S207, 第二设备对该用于测距的信号进行完整性校验, 获得校验结果。

可选的, 为了检验测距过程是否受到干扰信号的干扰 (即: 第二设备接收到的用于测距的信号是否被干扰信号干扰), 第二设备可以对该用于测距的信号 (记为 $y(t)$) 取实部, 再进行等间隔采样, 获得样本序列。其中, 采样起始时刻为第一时刻 (记为 t_2), 采样间隔为 T (即第一序列中相邻码元的间隔)。样本序列的长度等于第一序列的总长度, 例如 STS 的长度为 128 位, 则样本序列的长度 (或样本总数) 也为 128 位。一种实现方式中, 第二设备可以将该样本序列直接作为校验序列 (记为 $Y[k]$)。另一种实现方式中, 第二设备得到该样本序列后, 根据每个样本的极性生成校验序列 (记为 $Y[k]$)。若样本序列中样本的极性为正, 则校验序列中对应元素为 1; 否则, 即若样本序列中样本的极性为负, 则校验序列中对应元素为 -1。第二设备可以将本地存储的第一序列 $X[k]$ 经过时间反转后得到的 $X[-k]$ 与该校验序列 ($Y[k]$) 进行相关运算, 获得相关运算结果 (记为 z)。该相关运算结果 z 表示为:

$$z = \sum_{k=1}^N X[-k]Y[k] \quad (2-10)$$

其中, N 表示校验序列 $Y[k]$ 的长度。

第二设备可以将相关运算结果 z 与预设门限比较, 获得校验结果。其中, 当该相关运算结果 z 大于或等于该预设门限时, 该校验结果为上述用于测距的信号通过完整性检验, 也就

是说，测距过程未受到干扰信号的干扰。当该相关运算结果 z 小于该预设门限时，该校验结果为上述用于测距的信号未通过完整性检验，也就是说，测距过程受到了干扰信号的干扰。应理解，当该相关运算结果 z 等于该预设门限时，该校验结果是通过还是不通过可根据实际情况确定，本申请实施例不做限制。

S208，若该校验结果为该用于测距的信号通过完整性校验，则第二设备将该第一时刻确定为该用于测距的信号的到达时刻。

可选的，如果上述校验结果为上述用于测距的信号通过完整性校验，说明测距过程未受到干扰信号的干扰；则第二设备可以将上述第一时刻 (t_2) 作为该用于测距的信号的到达时刻。如果上述校验结果为上述用于测距的信号未通过完整性校验，说明测距过程受到了干扰信号的干扰；则第二设备可以告知第一设备重发新的测距信号，或者间隔一段时间重发测距信号，或者不做任何操作等。

本申请实施例中，第一设备对接收到的第一信号进行功率归一化后直接进行反转和共轭，获得具有完整性保护和测距功能的信号（即上述第一测距信号）并发送；第二设备基于接收到的信号，通过相关运算完成飞行时间（time of flight, ToF）测量，并通过采样、判决、相关运算对测距过程是否受到干扰做出判断，从而实现测距信号的完整性保护。不仅可以使得接收端能够对测距过程是否遭受干扰进行检测，对测距信号提供了完整性保护；还可以不损失系统的测距性能。另外，本申请实施例不用进行信道估计，测距性能不受信道估计误差的影响。

下面分别就测距过程中存在干扰和不存在干扰这两种情况，分别分析本申请实施例二提供的技术方案能够使接收端具有检测测距过程是否受到干扰的能力的原因，也就是本申请实施例二提供的技术方案能够实现测距信号完整性保护的原因。

1、在无干扰情况下，第二设备接收到的用于测距的信号 $y(t)$ 的数学表达式如前述公式 (2-4) 所示。假设信道满足互易性，即 $h_{12}(t) = h_{21}(t)$ ；也就是说，第一设备到第二设备的信道冲击响应等于第二设备到第一设备的信道冲击响应。将公式 (2-9) 带入上述公式 (2-4)，可得公式 (2-11)：

$$y(t) = \alpha p'(-t) \otimes h_{12}(t) \otimes h_{12}'(-t) + n_e(t) \quad (2-11)$$

其中， $n_e(t)$ 表示第二设备的接收机等效噪声。 $n_e(t)$ 表达为：

$$n_e(t) = \alpha n_1'(-t) \otimes h_{12}(t) + n_2(t) \quad (2-12)$$

为便于描述，引入如下表达式：

$$h_e(t) = \alpha h_{12}(t) \otimes h_{12}'(-t) \quad (2-13)$$

其中， $h_e(t)$ 表示原始测距信号 $p(t)$ 经过时间反转和取共轭后 $p'(-t)$ 所经历的等效信道的信道冲击响应 (CIR)。对于 UWB 系统，由于其宽带特性， $h_e(t)$ 具有显著的时间聚焦效果，即：当 $t=0$ 时， $h_e(t)$ 为一尖峰；当 $t \neq 0$ 时， $h_e(t)$ 的值接近于 0。这样可以近似地认为：本申请实施例生成的测距信号（即上述第一测距信号），能够使得 $p'(-t)$ 经历的等效信道近似为加性高斯白噪声 (AWGN) 信道。

应理解，即使信道不满足互易性，但因为本申请实施例中步骤 S201 和步骤 S204 的时间间隔很短，所以第二设备到第一设备的信道与第一设备到第二设备的信道之间的差异小，故而 $h_e(t)$ 仍然有时间聚焦效果。也就是说， $p'(-t)$ 所经历的等效信道也可以近似为加性高斯白噪声信道。

2、在有干扰的情况下，干扰行为可能针对两个阶段进行：(1) 利用干扰信号干扰上述步

骤 S201 发送的原始测距信号；(2) 利用干扰信号干扰上述步骤 S204 发送的至少部分第一测距信号，即干扰测距过程。

如果原始测距信号受到干扰，则会导致第一设备接收到的第一信号 $y_1(t)$ 中存在干扰信号。 $y_1(t)$ 经过第一设备处理（即功率归一化，时间反转以及取共轭）后发送，其中的干扰信号会出现在第二设备接收到的用于测距的信号 $y(t)$ 中。那么，按照本申请实施例提供的完整性校验，最终得到的校验序列 $Y[k]$ 中每个元素将不仅含有 $p'(-t)$ 的采样值，还含有干扰信号的采样值，这会导致 $Y[k]$ 与 $X[-k]$ 的相关运算结果 z 低于预设门限，从而使得完整性校验不通过。

如果测距过程受到干扰，则在有干扰的情况下，第二设备接收到的用于测距的信号 $y(t)$ 的数学表达式如前述公式 (2-7) 所示。按照本申请实施例提供的完整性校验，最终得到的校验序列 $Y[k]$ 中每个元素将不仅含有 $p'(-t)$ 的采样值，还含有干扰信号 $s_a(t) \otimes h_{a2}(t)$ 的采样值，这会导致 $Y[k]$ 与 $X[-k]$ 的相关运算结果 z 低于预设门限，从而使得完整性校验不通过。

实施例四

本申请实施例四可以与前述实施例一至三中任一个实施例一起实施，也可以单独实施，本申请实施例不做限制。

参见图 7，图 7 是本申请实施例的 UWB 中的测距信号传输方法的第四种示意流程图。主要介绍一种具有完整性保护功能和测距功能的无线帧。如图 7 所示，该 UWB 中的测距信号传输方法包括但不限于以下步骤：

S301，第一设备生成测距无线帧，该测距无线帧中携带支持完整性保护功能和测距功能的信号。

S302，第一设备发送该测距无线帧。

可选的，为便于描述，上述测距无线帧中携带的支持完整性保护功能和测距功能的信号记为 STS+。该 STS+ 可以是至少部分第一测距信号，具体生成方式可参考前述实施例二中的相应描述，或者前述实施例三中的相应描述；此处不再赘述。该测距无线帧的帧格式可以复用 802.15.4z 中物理层帧格式。

参见图 8，图 8 是本申请实施例提供的测距无线帧的帧格式示意图。其中，图 8 的 8a、8b、8c 示出了三种测距无线帧的格式。如图 8 所示，该测距无线帧包括以下一项或多项：同步（synchronization, SYNC）字段，帧起始定界符（start-of-frame delimiter, SFD），STS+（即支持完整性保护功能和测距功能的信号），物理层头部（physical layer header, PHR）字段，物理层负载（physical layer payload）。

其中，STS+（即支持完整性保护功能和测距功能的信号）有两种格式，分别为格式 1 和格式 2。参见图 9，图 9 是本申请实施例提供的测距无线帧中 STS+ 的帧格式示意图。由前述实施例一和实施例二可知，STS+ 分段（STS+ segment）由 STS segment 和其他信号卷积获得，所以 STS+ segment 会比 STS segment 长。对此，本申请实施例提供两种处理方法，截断 STS+ segment 使其与 STS segment 等长，即为格式 1；不对 STS+ segment 进行截断，即为格式 2。对于格式 1，截断的方法是删除卷积后所得的 STS+ 信号的头部，保留其尾部和 STS segment 长度相等的部分。如图 9 所示，格式 2 的 STS+ segment 比格式 1 的 STS+ segment 长，格式 2 中 STS+ segment 的长度为 $L1+L2-1$ ，格式 1 的 STS+ segment 的长度为 $L1$ 。 $L1$ 为 STS 的长度， $L2$ 为信道冲击响应的长度。但是无论采用哪种格式，接收端均采用相同的处理。图 9 是以图 8 的 8a 所示帧格式为例，本申请实施例提供的 STS+ 的两种格式可以应用于任何图 8 中的一种帧格式。

可选的，为了不影响测距性能的同时具备完整性保护功能，STS+（即支持完整性保护功能和测距功能的信号）的脉冲重复频率（pulse repetition frequency, PRF）可能高于 STS（即仅支持测距功能的信号）的 PRF，所以对于同时支持完整性保护功能和测距功能的信号，可以增加新的 PRF 模式，包括但不限于 249.6MHz、499.2MHz。

S303，第二设备接收测距无线帧。

S304，第二设备解析该测距无线帧。

可选的，第二设备接收到该测距无线帧后，解析该测距无线帧，获得该测距无线帧中携带的支持完整性保护功能和测距功能的信号。

本申请实施例提供一种具有完整性保护功能和测距功能的无线帧，有利于实现对测距信号的完整性保护。

实施例五

本申请实施例五可以与前述实施例一至实施例四中任一个或多个实施例一起实施，也可以单独实施，本申请实施例不做限制。

参见图 10，图 10 是本申请实施例提供的测距配置信息传输方法的示意流程图。如图 10 所示，该测距配置信息传输方法包括但不限于以下步骤：

S401，通信装置发送测距配置信息，所述测距配置信息包括测距无线帧的类型，该测距无线帧的类型为支持测距功能的无线帧类型，或同时支持测距功能和完整性保护功能的无线帧类型。

相应地，其他通信装置接收该测距配置信息。

可选的，在测距过程之前，测距双方可以协商一些测距过程中的配置信息。一种实现方式中，通信装置发送测距配置信息给第二设备。该测距配置信息可以包括测距无线帧的类型。该测距无线帧的类型为支持测距功能的无线帧类型，或同时支持测距功能和完整性保护功能的无线帧类型。也就是说，该测距无线帧是常规的测距无线帧还是同时具有测距功能和完整性保护功能的测距无线帧。换句话说，该测距配置信息包括：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能。

可选的，上述测距配置信息还可以包括 STS 配置格式，或者说测距无线帧的格式。对于常规的测距无线帧（即仅支持测距功能的无线帧），其 STS 配置格式有三种，分别是 STS 配置 1~STS 配置 3（具体格式可参考 802.15.4z 标准的描述，此处不展开说明）。对于同时具有测距功能和完整性保护功能的测距无线帧，其格式如前述图 8 所示。

可选的，上述测距配置信息还可以包括 STS+格式（即截断格式或非截断格式），也就是测距过程中测距信号的长度。对于非截断格式，测距信号的长度大于原始测距信号（采用上述公式（2-1）生成的信号）的长度；对于截断格式，测距信号的长度等于原始测距信号的长度。

可选的，因为同时具有完整性保护功能和测距功能的信号的 PRF 可能高于仅支持测距功能的信号的 PRF，所以还需要配置 PRF 模式。因此，上述测距配置信息还可以包括 PRF 模式（包括但不限于 124.8MHz、249.6MHz、499.2MHz）。

可选的，上述测距配置信息可以携带于测距信道与前导码选择信息单元（Ranging Channel and Preamble Code Selection Information Element, RCPCS IE）中，比如扩展 RCPCS IE 的现有字段，用于携带上述测距配置信息。或者，也可以定义一个新的信息单元来携带上述测距配置信息，例如，可将其称为测距帧配置选择信息单元（Ranging Frame Configuration Selection

Information Element, RFCS IE), 将上述测距配置信息携带于新定义的 RFCS IE 中。

可选的, 上述测距配置信息可以携带于测距响应时间协商信息单元 (Ranging Reply Time Negotiation Information Element, RRTN IE) 中, 比如扩展 RRTN IE 的现有字段, 用于携带该测距配置信息。或者, 也可以定义一个新的信息单元, 例如, 可将其称为测距帧配置选择信息单元 (Ranging Frame Configuration Selection Information Element, RFCS IE), 将测距配置信息携带于新定义的 RFCS IE 中。

可选的, 其他通信装置收到该测距配置信息后将其上报给上层, 并且向该通信装置反馈确认 (Acknowledgement, ACK) 信号帧。在随后的测距过程中, 测距双方将根据上述约定的测距帧完成测距。

本申请实施例针对新增的同时支持测距功能和完整性保护功能的信号或无线帧, 提供一种配置信息的协商方式, 为后续的测距过程奠定基础。

上述内容详细阐述了本申请实施例提供的方法, 为了便于实施本申请实施例的上述方案, 本申请实施例还提供了相应的装置或设备。

本申请实施例可以根据上述方法示例对第一设备和第二设备进行功能模块的划分, 例如, 可以对应各个功能划分各个功能模块, 也可以将两个或两个以上的功能集成在一个处理模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现, 也可以采用软件功能模块的形式实现。需要说明的是, 本申请实施例中对模块的划分是示意性的, 仅仅为一种逻辑功能划分, 实际实现时可以有另外的划分方式。下面将结合图 11 和图 13 详细描述本申请实施例的通信装置。其中, 该通信装置是第一设备或第二设备, 进一步的, 该通信装置可以为第一设备中的装置; 或者, 该通信装置为第二设备中的装置。

在采用集成的单元的情况下, 参见图 11, 图 11 是本申请实施例提供的通信装置 1 的结构示意图。如图 11 所示, 该通信装置 1 包括收发模块 11 和处理模块 12。

一种设计中, 收发模块 11, 用于接收第一信号; 处理模块 12, 用于对该第一信号进行预处理, 获得第二信号, 该预处理包括信道估计或功率归一化; 该处理模块 12, 还用于至少根据该第二信号生成第一测距信号, 其中, 该第一测距信号符合该第二信号经过时间反转, 或者时间反转和共轭处理后与原始测距信号进行卷积处理后的信号, 或者, 该第一测距信号符合该第二信号经过时间反转, 或者时间反转和共轭处理后获得的信号; 该收发模块 11, 还用于发送至少部分第一测距信号, 该至少部分第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

应理解, 上述通信装置 1 可对应执行前述实施例一至三的任一个实施例, 并且该通信装置 1 中的各个单元的上述操作或功能分别为了实现前述实施例一至三的任一个实施例中第一设备的相应操作, 为了简洁, 在此不再赘述。

另一种设计中, 处理模块 12, 用于生成测距无线帧, 该测距无线帧中携带支持完整性保护功能和测距功能的信号; 收发模块 11, 用于发送该测距无线帧。

应理解, 上述通信装置 1 可对应执行前述实施例四, 并且该通信装置 1 中的各个单元的上述操作或功能分别为了实现前述实施例四中第一设备的相应操作, 为了简洁, 在此不再赘述。

又一种设计中, 收发模块 11, 用于发送测距配置信息, 或者, 接收测距配置信息; 其中, 该测距配置信息包括测距无线帧的类型, 该测距无线帧的类型为支持测距功能的无线帧类型, 或同时支持测距功能和完整性保护功能的无线帧类型。可选的, 处理模块 12, 用于生成测距配置信息。

应理解，上述通信装置 1 可对应执行前述实施例五，并且该通信装置 1 中的各个单元的上述操作或功能分别为了实现前述实施例五中第一设备的相应操作，为了简洁，在此不再赘述。

参见图 12，图 12 是本申请实施例提供的通信装置 2 的结构示意图。如图 12 所示，该通信装置 2 包括收发模块 21，相关运算模块 22，完整性校验模块 23，确定模块 24。

一种设计中，收发模块 21，用于发送信号，该信号用于生成第一测距信号；该收发模块 21，还用于测距的信号，该用于测距的信号为至少部分该第一测距信号经过无线信道传输后获得，该至少部分该第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能；相关运算模块 22，用于将原始测距信号和该用于测距的信号输入相关器进行相关运算，获得该相关器输出的最大值所在的第一时刻，该原始测距信号基于第一序列生成；完整性校验模块 23，用于对该用于测距的信号进行完整性校验，获得校验结果；其中，当第二序列和校验序列进行相关运算获得的相关运算结果大于或等于预设门限时，该校验结果为该用于测距的信号通过该完整性校验；当该第二序列和该校验序列进行相关运算获得的相关运算结果小于该预设门限时，该校验结果为该用于测距的信号未通过该完整性校验；该第二序列为该第一序列，或者该第二序列为该第一序列经过时间反转处理后的序列；该校验序列为该用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，该等间隔采样的起始时刻为该第一时刻，该校验序列的长度与该第一序列的长度相等；确定模块 24，用于当该校验结果为该用于测距的信号通过该完整性校验时，将该第一时刻确定为该用于测距的信号到达时刻。

其中，上述相关运算模块 22，上述完整性校验模块 23，以及上述确定模块 24 可以集成作为一个模块，如处理模块。

应理解，上述通信装置 2 可对应执行前述实施例一至三的任一个实施例，并且该通信装置 2 中的各个单元的上述操作或功能分别为了实现前述实施例一至三的任一个实施例中第二设备的相应操作，为了简洁，在此不再赘述。

以上介绍了本申请实施例的第一设备和第二设备，以下介绍所述第一设备和第二设备可能的产品形态。应理解，但凡具备上述图 11 所述的第一设备的功能的任何形态的产品，和但凡具备上述图 12 所述的第二设备的功能的任何形态的产品，都落入本申请实施例的保护范围。还应理解，以下介绍仅为举例，不限制本申请实施例的第一设备和第二设备的产品形态仅限于此。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的第一设备和第二设备，可以由一般性的总线体系结构来实现。

为了便于说明，参见图 13，图 13 是本申请实施例提供的通信装置 1000 的结构示意图。该通信装置 1000 可以为第一设备或第二设备，或其中的芯片。图 13 仅示出了通信装置 1000 的主要部件。除处理器 1001 和收发器 1002 之外，所述通信装置还可以进一步包括存储器 1003、以及输入输出装置（图未示意）。

处理器 1001 主要用于对通信协议以及通信数据进行处理，以及对整个通信装置进行控制，执行软件程序，处理软件程序的数据。存储器 1003 主要用于存储软件程序和数据。收发器 1002 可以包括控制电路和天线，控制电路主要用于基带信号与射频信号的转换以及对射频信号的处理。天线主要用于收发电磁波形式的射频信号。输入输出装置，例如触摸屏、显示屏，键盘等主要用于接收用户输入的数据以及对用户输出数据。

当通信装置开机后，处理器 1001 可以读取存储器 1003 中的软件程序，解释并执行软件程序的指令，处理软件程序的数据。当需要通过无线发送数据时，处理器 1001 对待发送的数据进行基带处理后，输出基带信号至射频电路，射频电路将基带信号进行射频处理后将射频信号通过天线以电磁波的形式向外发送。当有数据发送到通信装置时，射频电路通过天线接收到射频信号，将射频信号转换为基带信号，并将基带信号输出至处理器 1001，处理器 1001 将基带信号转换为数据并对该数据进行处理。

在另一种实现中，所述的射频电路和天线可以独立于进行基带处理的处理器而设置，例如在分布式场景中，射频电路和天线可以与独立于通信装置，呈拉远式的布置。

其中，处理器 1001、收发器 1002、以及存储器 1003 可以通过通信总线连接。

一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例一中第一设备的功能：处理器 1001 可以用于执行图 3 中的步骤 S3-步骤 S4，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 3 中的步骤 S2 和步骤 S5，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

另一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例一中第二设备的功能：处理器 1001 可以用于执行图 3 中的步骤 S7-步骤 S9，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 3 中的步骤 S1 和步骤 S6，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例二中第一设备的功能：处理器 1001 可以用于执行图 4 中的步骤 S102-步骤 S104，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 4 中的步骤 S105，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

另一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例二中第二设备的功能：处理器 1001 可以用于执行图 4 中步骤 S107-步骤 S109，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 4 中的步骤 S101 和步骤 S106，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例三中第一设备的功能：处理器 1001 可以用于执行图 6 中的步骤 S203，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 6 中的步骤 S202 和步骤 S204，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

另一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例三中第二设备的功能：处理器 1001 可以用于执行图 6 中步骤 S206-步骤 S208，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 6 中的步骤 S201 和步骤 S205，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例四中第一设备的功能：处理器 1001 可以用于执行图 7 中的步骤 S301，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 7 中的步骤 S302，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

另一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例四中第二设备的功能：处理器 1001 可以用于执行图 7 中步骤 S304，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 7 中的步骤 S303，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，通信装置 1000 可以用于执行前述实施例五中第一设备的功能：处理器 1001 可以用于生成图 10 中的测距配置信息，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 10 中的步骤 S401，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

在上述任一种设计中，处理器 1001 中可以包括用于实现接收和发送功能的收发器。例如该收发器可以是收发电路，或者是接口，或者是接口电路。用于实现接收和发送功能的收发

电路、接口或接口电路可以是分开的，也可以集成在一起。上述收发电路、接口或接口电路可以用于代码/数据的读写，或者，上述收发电路、接口或接口电路可以用于信号的传输或传递。

在上述任一种设计中，处理器 1001 可以存有指令，该指令可为计算机程序，计算机程序在处理器 1001 上运行，可使得通信装置 1000 执行上述任方法实施例中描述的方法。计算机程序可能固化在处理器 1001 中，该种情况下，处理器 1001 可能由硬件实现。

在一种实现方式中，通信装置 1000 可以包括电路，所述电路可以实现前述方法实施例中发送或接收或者通信的功能。本申请实施例中描述的处理器和收发器可实现在集成电路 (integrated circuit, IC)、模拟 IC、无线射频集成电路 (radio frequency integrated circuit, RFIC)、混合信号 IC、专用集成电路 (application specific integrated circuit, ASIC)、印刷电路板 (printed circuit board, PCB)、电子设备等上。该处理器和收发器也可以用各种 IC 工艺技术来制造，例如互补金属氧化物半导体 (complementary metal oxide semiconductor, CMOS)、N 型金属氧化物半导体 (nMetal-oxide-semiconductor, NMOS)、P 型金属氧化物半导体 (positive channel metal oxide semiconductor, PMOS)、双极结型晶体管 (bipolar junction transistor, BJT)、双极 CMOS (BiCMOS)、硅锗 (SiGe)、砷化镓 (GaAs) 等。

本申请实施例中描述的通信装置的范围并不限于此，而且通信装置的结构可以不受图 13 的限制。通信装置可以是独立的设备或者可以是较大设备的一部分。例如所述通信装置可以是：

- (1) 独立的集成电路 IC，或芯片，或，芯片系统或子系统；
- (2) 具有一个或多个 IC 的集合，可选的，该 IC 集合也可以包括用于存储数据，计算机程序的存储部件；
- (3) ASIC，例如调制解调器 (Modem)；
- (4) 可嵌入在其他设备内的模块；
- (5) 接收机、终端、智能终端、蜂窝电话、无线设备、手持机、移动单元、车载设备、网络设备、云设备、人工智能设备等等；
- (6) 其他等等。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的第一设备和第二设备，可以由通用处理器来实现。

实现第一设备的通用处理器包括处理电路和与所述处理电路内部连接通信的输入输出接口。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例一中第一设备的功能。具体地，处理电路可以用于执行图 3 中的步骤 S3-步骤 S4，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 3 中的步骤 S2 和步骤 S5，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例二中第一设备的功能。具体地，处理电路可以用于执行图 4 中的步骤 S102-步骤 S104，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 4 中的步骤 S105，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例三中第一设备的功能。具体地，处理电路可以用于执行图 6 中的步骤 S203，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 6 中的步骤 S202 和步骤 S204，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

过程。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例四中第一设备的功能。具体地，处理电路可以用于执行图 7 中的步骤 S301，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 7 中的步骤 S302，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例五中第一设备的功能。具体地，处理电路可以用于生成图 10 中的测距配置信息，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 10 中的步骤 S401，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

实现第二设备的通用处理器包括处理电路和与所述处理电路内部连接通信的输入输出接口。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例一中第二设备的功能。具体地，处理电路可以用于执行图 3 中的步骤 S7-步骤 S9，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 3 中的步骤 S1 和步骤 S6，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例二中第二设备的功能。具体地，处理电路可以用于执行图 4 中步骤 S107-步骤 S109，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 4 中的步骤 S101 和步骤 S106，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例三中第二设备的功能。具体地，处理电路可以用于执行图 6 中步骤 S206-步骤 S208，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 6 中的步骤 S201 和步骤 S205，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，该通用处理器可以用于执行前述实施例四中第二设备的功能。具体地，处理电路可以用于执行图 7 中步骤 S304，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；输入输出接口可以用于执行图 7 中的步骤 S303，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

应理解，上述各种产品形态的通信装置，具有上述任一实施例中第一设备或第二设备的任意功能，此处不再赘述。

本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有计算机程序代码，当上述处理器执行该计算机程序代码时，电子设备执行前述任一实施例中的方法。

本申请实施例还提供一种计算机程序产品，当该计算机程序产品在计算机上运行时，使得计算机执行前述任一实施例中的方法。

本申请实施例还提供一种通信装置，该通信装置可以以芯片的产品形态存在，该通信装置的结构中包括处理器和接口电路，该处理器用于通过接收电路与其它装置通信，使得该通信装置执行前述任一实施例中的方法。

本申请实施例还提供一种无线通信系统，包括第一设备和第二设备，该第一设备和第二设备可以执行前述任一实施例中的方法。

结合本申请公开内容所描述的方法或者算法的步骤可以硬件的方式来实现，也可以是由处理器执行软件指令的方式来实现。软件指令可以由相应的软件模块组成，软件模块可以被存放于随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）、闪存、可擦除可编程只读存储器（Erasable Programmable ROM, EPROM）、电可擦可编程只读存储器（Electrically EPROM, EEPROM）、寄存器、硬盘、移动硬盘、只读光盘（CD-ROM）或者本领域熟知的任何其它形式的存储介质中。一种示例性的存储介质耦合至处理器，从而使处理器能够从该存储介质读

取信息，且可向该存储介质写入信息。当然，存储介质也可以是处理器的组成部分。处理器和存储介质可以位于 ASIC 中。另外，该 ASIC 可以位于核心网接口设备中。当然，处理器和存储介质也可以作为分立组件存在于核心网接口设备中。

本领域技术人员应该可以意识到，在上述一个或多个示例中，本申请所描述的功能可以用硬件、软件、固件或它们的任意组合来实现。当使用软件实现时，可以将这些功能存储在计算机可读介质中或者作为计算机可读介质上的一个或多个指令或代码进行传输。计算机可读介质包括计算机可读存储介质和通信介质，其中通信介质包括便于从一个地方向另一个地方传送计算机程序的任何介质。存储介质可以是通用或专用计算机能够存取的任何可用介质。

以上所述的具体实施方式，对本申请的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本申请的具体实施方式而已，并不用于限定本申请的保护范围，凡在本申请的技术方案的基础之上，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包括在本申请的保护范围之内。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，该流程可以由计算机程序来指令相关的硬件完成，该程序可存储于计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，可包括如上述各方法实施例的流程。而前述的存储介质包括：ROM 或随机存储记忆体 RAM、磁碟或者光盘等各种可存储程序代码的介质。

权 利 要 求 书

1. 一种超宽带中的测距信号传输方法，其特征在于，包括：

通信装置接收第一信号；

所述通信装置对所述第一信号进行预处理，获得第二信号，所述预处理包括信道估计或功率归一化；

所述通信装置至少根据所述第二信号生成第一测距信号，其中，所述第一测距信号符合所述第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后与原始测距信号进行卷积处理后的信号，或者，所述第一测距信号符合所述第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后获得的信号；

所述通信装置发送至少部分所述第一测距信号，所述至少部分所述第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第一信号中包含导频信息，所述预处理包括信道估计，所述第二信号为通信装置到所述通信装置的第一信道冲击响应；

所述生成所述第一测距信号，包括：

所述通信装置对所述第一信道冲击响应进行第一处理后，获得第二信道冲击响应，所述第一处理包括时间反转，或者时间反转和共轭处理；

所述通信装置根据所述第二信道冲击响应和所述原始测距信号进行卷积处理。

3. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二信道冲击响应和所述原始测距信号进行卷积处理包括：

归一化处理所述第二信道冲击响应后，与所述原始测距信号进行卷积处理。

4. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第一信号为原始测距信号经过无线信道传输后获得，所述预处理包括功率归一化；

所述生成所述第一测距信号包括：

所述通信装置对所述第二信号进行时间反转，或者时间反转和共轭处理后，获得所述第一测距信号。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少部分所述第一测距信号的长度与所述原始测距信号的长度相等。

6. 根据权利要求1-5中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少部分所述第一测距信号携带于测距无线帧中。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法，其特征在于，所述通信装置发送至少部分所述第一测距信号之前，所述方法还包括：

通信装置接收测距配置信息，或者，所述通信装置发送测距配置信息；

其中，所述测距配置信息用于配置以下一项或多项信息：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能，携带测距信号的测距无线帧的格式，测距过程中测距信号的长度，

脉冲重复频率模式。

8. 一种超宽带中的测距信号传输方法，其特征在于，包括：

通信装置发送信号，所述信号用于生成第一测距信号；

通信装置接收用于测距的信号，所述用于测距的信号为至少部分所述第一测距信号经过无线信道传输后获得，所述至少部分所述第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能；

所述通信装置将原始测距信号和所述用于测距的信号输入相关器进行相关运算，获得所述相关器输出的最大值所在的第一时刻，所述原始测距信号基于第一序列生成；

所述通信装置对所述用于测距的信号进行完整性校验，获得校验结果；

其中，当第二序列和校验序列进行相关运算获得的相关运算结果大于或等于预设门限时，所述校验结果为所述用于测距的信号通过所述完整性检验；当所述第二序列和所述校验序列进行相关运算获得的相关运算结果小于所述预设门限时，所述校验结果为所述用于测距的信号未通过所述完整性检验；所述第二序列为所述第一序列，或者所述第二序列为所述第一序列经过时间反转处理后的序列；所述校验序列为所述用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，所述等间隔采样的起始时刻为所述第一时刻，所述校验序列的长度与所述第一序列的长度相等；

若所述校验结果为所述用于测距的信号通过所述完整性校验，则所述通信装置将所述第一时刻确定为所述用于测距的信号到达时刻。

9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述信号中包含导频信息，所述第二序列与所述第一序列相同。

10. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述信号为原始测距信号，所述第二序列为所述第一序列经过时间反转处理后的序列。

11. 根据权利要求8-10中任一项所述的方法，其特征在于，所述校验序列为所述用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，包括：

所述校验序列基于样本序列的极性生成，所述样本序列为所述用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样后得到。

12. 根据权利要求8-11中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少部分所述第一测距信号携带于测距无线帧中。

13. 根据权利要求8-12中任一项所述的方法，其特征在于，所述通信装置接收用于测距的信号之前，所述方法还包括：

通信装置发送测距配置信息，或者，所述通信装置接收测距配置信息；

其中，所述测距配置信息用于配置以下一项或多项信息：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能，携带测距信号的测距无线帧的格式，测距过程中发送的测距信号的长度，脉冲重复频率模式。

14. 一种测距配置信息传输方法，其特征在于，包括：

通信装置发送测距配置信息，或者，所述通信装置接收测距配置信息；

其中，所述测距配置信息包括测距无线帧的类型，该测距无线帧的类型为支持测距功能的无线帧类型，或同时支持测距功能和完整性保护功能的无线帧类型。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述测距配置信息还包括以下一项或多项：测距无线帧的格式，支持测距功能和/或完整性保护功能的信号的长度，脉冲重复频率模式。

16. 根据权利要求 14 或 15 所述的方法，其特征在于，所述测距配置信息携带于测距信道与前导码选择信息单元，或测距响应时间协商信息单元中。

17. 一种通信装置，其特征在于，包括：

收发模块，用于接收第一信号；

处理模块，用于对所述第一信号进行预处理，获得第二信号，所述预处理包括信道估计或功率归一化；

所述处理模块，还用于至少根据所述第二信号生成第一测距信号，其中，所述第一测距信号符合所述第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后与原始测距信号进行卷积处理后的信号，或者，所述第一测距信号符合所述第二信号经过时间反转、或者时间反转和共轭处理后获得的信号；

所述收发模块，还用于发送至少部分所述第一测距信号，所述至少部分所述第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能。

18. 根据权利要求 17 所述的通信装置，其特征在于，所述第一信号中包含导频信息，所述预处理包括信道估计，所述第二信号为通信装置到所述通信装置的第一信道冲击响应；

所述处理模块，具体用于：对所述第一信道冲击响应进行第一处理后，获得第二信道冲击响应，所述第一处理包括时间反转，或者时间反转和共轭处理；根据所述第二信道冲击响应和所述原始测距信号进行卷积处理。

19. 根据权利要求 18 所述的通信装置，其特征在于，所述处理模块，具体用于：归一化处理所述第二信道冲击响应后，与所述原始测距信号进行卷积处理。

20. 根据权利要求 17 所述的通信装置，其特征在于，所述第一信号为原始测距信号经过无线信道传输后获得，所述预处理包括功率归一化；

所述处理模块，具体用于对所述第二信号进行时间反转，或者时间反转和共轭处理后，获得所述第一测距信号。

21. 根据权利要求 17-20 中任一项所述的通信装置，其特征在于，所述至少部分所述第一测距信号的长度与所述原始测距信号的长度相等。

22. 根据权利要求 17-21 中任一项所述的通信装置，其特征在于，所述至少部分所述第一测距信号携带于测距无线帧中。

23. 根据权利要求 17-22 中任一项所述的通信装置，其特征在于，所述收发模块，还用于接收测距配置信息，或者，发送测距配置信息；

其中，所述测距配置信息用于配置以下一项或多项信息：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能，携带测距信号的测距无线帧的格式，测距过程中测距信号的长度，脉冲重复频率模式。

24. 一种通信装置，其特征在于，包括：

收发模块，用于发送信号，所述信号用于生成第一测距信号；

所述收发模块，还用于接收用于测距的信号，所述用于测距的信号为至少部分所述第一测距信号经过无线信道传输后获得，所述至少部分所述第一测距信号支持完整性保护功能和测距功能；

相关运算模块，用于将原始测距信号和所述用于测距的信号输入相关器进行相关运算，获得所述相关器输出的最大值所在的第一时刻，所述原始测距信号基于第一序列生成；

完整性校验模块，用于对所述用于测距的信号进行完整性校验，获得校验结果；

其中，当第二序列和校验序列进行相关运算获得的相关运算结果大于或等于预设门限时，所述校验结果为所述用于测距的信号通过所述完整性检验；当所述第二序列和所述校验序列进行相关运算获得的相关运算结果小于所述预设门限时，所述校验结果为所述用于测距的信号未通过所述完整性检验；所述第二序列为所述第一序列，或者所述第二序列为所述第一序列经过时间反转处理后的序列；所述校验序列为所述用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，所述等间隔采样的起始时刻为所述第一时刻，所述校验序列的长度与所述第一序列的长度相等；

确定模块，用于当所述校验结果为所述用于测距的信号通过所述完整性校验时，将所述第一时刻确定为所述用于测距的信号到达时刻。

25. 根据权利要求 24 所述的通信装置，其特征在于，所述信号中包含导频信息，所述第二序列与所述第一序列相同。

26. 根据权利要求 24 所述的通信装置，其特征在于，所述信号为原始测距信号，所述第二序列为所述第一序列经过时间反转处理后的序列。

27. 根据权利要求 24-26 中任一项所述的通信装置，其特征在于，所述校验序列为所述用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样获得，包括：

所述校验序列基于样本序列的极性生成，所述样本序列为所述用于测距的信号经过取实部后再等间隔采样后得到。

28. 根据权利要求 24-27 中任一项所述的通信装置，其特征在于，所述至少部分所述第一测距信号携带于测距无线帧中。

29. 根据权利要求 24-28 中任一项所述的通信装置，其特征在于，所述收发模块，还用于发送测距配置信息，或者，接收测距配置信息；

其中，所述测距配置信息用于配置以下一项或多项信息：测距过程中发送的测距信号是否支持完整性保护功能，携带测距信号的测距无线帧的格式，测距过程中发送的测距信号的长度，脉冲重复频率模式。

30. 一种通信装置，其特征在于，包括：

收发模块，用于发送测距配置信息，或者，接收测距配置信息；

其中，所述测距配置信息包括测距无线帧的类型，该测距无线帧的类型为支持测距功能的无线帧类型，或同时支持测距功能和完整性保护功能的无线帧类型。

31. 根据权利要求 30 所述的通信装置，其特征在于，所述测距配置信息还包括以下一项或多项：测距无线帧的格式，支持测距功能和/或完整性保护功能的信号的长度，脉冲重复频率模式。

32. 根据权利要求 30 或 31 所述的通信装置，其特征在于，所述测距配置信息携带于测距信道与前导码选择信息单元，或测距响应时间协商信息单元中。

33. 一种通信装置，其特征在于，包括处理器和收发器，其中所述收发器用于收发信号，所述处理器用于执行程序指令，以使得所述通信装置执行如权利要求 1-13 中任一项所述的方法。

34. 一种通信装置，其特征在于，包括处理器和收发器，其中所述收发器用于收发信息，所述处理器用于执行程序指令，以使得所述通信装置执行如权利要求 14-16 中任一项所述的方法。

35. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序包括程序指令，当所述程序指令被计算机执行时使所述计算机执行如权利要求 1-13 中任一项所述的方法。

36. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序包括程序指令，当所述程序指令被计算机执行时使所述计算机执行如权利要求 14-16 中任一项所述的方法。

37. 一种计算机程序产品，其特征在于，当所述计算机程序产品在计算机上运行时，使得所述计算机执行如权利要求 1-13 中任一项所述的方法。

38. 一种计算机程序产品，其特征在于，当所述计算机程序产品在计算机上运行时，使得所述计算机执行如权利要求 14-16 中任一项所述的方法。