

用户设备、基站和相关方法

技术领域

本公开涉及无线通信技术领域，更具体地，本公开涉及一种用户设备、基站和相关方法。

背景技术

2017 年 3 月，在第三代合作伙伴计划(3rd Generation Partnership Project: 3GPP) RAN#75 次全会上，一个关于机器类通信 (Machine Type Communication: MTC) 进一步增强的新的工作项目 (参见非专利文献 1: RP-170732: New WID on Even further enhanced MTC for LTE) 和一个关于窄带物联网 (NarrowBand-Internet of Things: NB-IoT) 进一步增强的新的工作项目 (参见非专利文献 2: RP-170852: New WID on Further NB-IoT enhancements) 获得批准。在上述 2 个研究项目中，都提到要在 5GPP Rel-15 版本中支持早期数据传输 (Early Data Transmission: EDT)。所述早期数据传输指在随机接入过程中，即在物理随机接入信道 (Physical Random Access Channel: PRACH) 发送后，而在无线资源控制 (Radio Resource Control: RRC) 连接建立前，在专用资源上进行下行和/或上行数据的传输。

2017 年 11 月，在美国里诺举行的 3GPP RAN2#100 次会议达成以下工作假设：除了已有的或基于覆盖增强等级广播的最大传输块大小 (Transmission Block Size: TBS) 外，不支持通过 PRACH 资源的分割来指示用户所要发送的上行数据的大小。也就是说基站或演进的基站 (Evolved Node B: eNB) 不知道用户所要发送的上行数据的大小。但基站可以通过接收 PRACH 估算出用户的上行信道的状况或质量。在这种情况下，基站如何通过媒体接入控制 (Media Access Control: MAC) 的随机接入响应 (Random Access Response: RAR) 中的上行授予 (UL Grant) 来调度承载随机接入消息 3 (Msg3) 的物理上行共享信道 (Physical Uplink Shared Channel: PUSCH) 是需要解决的问题。

如果基站根据最大传输块大小来调度 Msg3 的传输。当 UE 所要传输的数据小于最大传输块大小时，UE 进行数据填充后还是按最大传输块大小来发送 Msg3。这样将导致 UE 发射功率的损耗。

发明内容

为了解决或至少缓解上述问题中的至少一些问题，本发明实施例提出可以通过随机接入响应中的上行授予结合系统广播来调度在随机接入消息 3 (Msg3) 中进行的数据传输的机制。具体地，本发明实施例提出了一种进行早期数据传输的方法，以及执行所述方法的用户设备和基站。

根据本发明的第一方面，提供了一种进行早期数据传输的方法，包括：接收随机接入响应消息和广播消息，所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息；根据所述上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小及其对应的资源和重复次数；根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数；以及，根据所要发送的上行数据的大小选择一个合适的传输块大小的候选值及其对应的资源和重复次数在随机接入消息 3 中进行早期数据传输。

在一些实施例中，确定所述允许的最大传输块大小可以包括：以基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小作为所述进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。备选地，在另一些实施例中，所述上行授予还可以包括指示所述允许的最大传输块大小的索引信息，并且，确定所述允许的最大传输块大小可以包括：根据所述索引信息，从与基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的一组传输块大小中确定进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。

在一些实施例中，每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间存在预定的映射关系。备选地，在另一些实施例中，每个允许的最大传输块大小预先关联有一组可用传输块大小的候选值。

在一些实施例中，所述上行授予包括的指示资源分配的信息可以包括：指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的

资源分配的信息。

在一些实施例中，所述上行授予包括的指示重复次数的信息可以包括：指示对应于用户设备的覆盖增强等级的统一重复次数的信息。备选地，在另一些实施例中，所述上行授予包括的指示重复次数的信息可以包括：指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的重复次数的信息。

根据本发明的第二方面，提供了一种进行早期数据传输的方法，包括：发送随机接入响应消息和广播消息，所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息；根据所述上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小及其对应的资源和重复次数；根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数；以及，基于可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数盲解调检测用户设备在随机接入消息 3 中进行的早期数据传输。

根据本发明的第三方面，提供了一种用户设备，包括：处理器；以及存储器，所述存储器上存储有机器可读指令，所述指令在由所述处理器执行时，使所述处理器执行本发明的第一方面所述的方法。

根据本发明的第四方面，提供了一种基站，包括：处理器；以及存储器，所述存储器上存储有机器可读指令，所述指令在由所述处理器执行时，使所述处理器执行本发明的第二方面所述的方法。

附图说明

通过下文结合附图的详细描述，本公开的上述和其它特征将会变得更加明显，其中：

图 1 示意性示出了基于竞争的随机接入流程的示意图。

图 2 示意性示出了根据本发明实施例的进行早期数据传输的方法在用户设备侧的操作的流程示例图。

图 3 示意性示出了根据本发明实施例的进行早期数据传输的方法在基站侧的操作的流程图。

图 4 示意性示出了根据本发明实施例的基站的框图。

图 5 示意性示出了根据本公开实施例的用户设备的框图。

图 6 示意性示出了根据本公开实施例的可用于实现本公开的基站或用户设备的计算系统的框图。

图 7 示意性示出了根据本公开实施例的 NB-IoT UE 的 MAC RAR 结构框图。

在附图中，相同或相似的结构均以相同或相似的附图标记进行标识。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本公开进行详细阐述。应当注意，本公开不应局限于下文所述的具体实施方式。另外，为了简便起见，省略了对与本公开没有直接关联的公知技术的详细描述，以防止对本公开的理解造成混淆。

如前所述，2017 年 3 月，在第三代合作伙伴计划（3rd Generation Partnership Project: 3GPP）RAN#75 次全会上，一个关于机器类通信（Machine Type Communication: MTC）进一步增强的新的工作项目（参见非专利文献 1：RP-170732：New WID on Even further enhanced MTC for LTE）和一个关于窄带物联网（NarrowBand-Internet of Things: NB-IoT）进一步增强的新的工作项目（参见非专利文献 2：RP-170852：New WID on Further NB-IoT enhancements）获得批准。在上述 2 个研究项目中，都提到要在 5GPP Rel-15 版本中支持早期数据传输（Early Data Transmission: EDT）。所述早期数据传输指在随机接入过程中，即在物理随机接入信道（Physical Random Access Channel: PRACH）发送后，而在无线资源控制（Radio Resource Control: RRC）连接建立前，在专用资源上进行下行和/或上行数据的传输。

随机接入是 3GPP LTE 系统中一个基本且重要的过程，通常存在 2 种方式：基于竞争的随机接入，和基于非竞争的随机接入。图 1 示意性示出了基于竞争的随机接入流程的示意图。如图 1 所示，基于竞争的随机接入包括如下 4 个步骤：

步骤 1：用户设备（user equipment: UE）随机选择一个前导序列（Preamble），并在随机接入信道上发送，即随机接入消息 1（Msg1）。

步骤 2: 基站在检测到有前导序列发送后, 下行发送随机接入响应 (RAR), 即随机接入消息 2 (Msg2)。随机接入响应中至少应包含以下信息:

- 所收到的前导序列的编号
- 定时调整信息;
- 为该 UE 分配的上行授予信息 (UL Grant);
- 临时分配的小区无线网络临时标识 (C-RNTI)。

步骤 3: UE 在收到随机接入响应后, 根据其指示, 在分配的上行资源上发送上行消息, 即随机接入消息 3 (Msg3)。

步骤 4: 基站接收 UE 的上行消息, 并向接入成功的 UE 返回冲突解决消息, 即随机接入消息 4 (Msg4)。

所述的早期数据传输 (EDT) 指的是在 Msg3 (上行) 和/或 Msg4 (下行) 中进行数据传输。本文主要讨论在 Msg3 中进行早期数据传输, 即上行的早期数据传输。

2017 年 10 月, 在捷克布拉格举行的 3GPP RAN2#99bis 次会议上, RAN2 达成以下共识: 可利用 PRACH 资源的分割来告诉基站 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输; 以及可以基于每一覆盖增强等级为 Msg3 广播最大可能的传输块大小。

2017 年 11 月, 在美国里诺举行的 3GPP RAN2#100 次会议达成以下工作假设: 除了已有的或基于覆盖增强等级广播的最大传输块大小 (Transmission Block Size: TBS) 外, 不支持通过 PRACH 资源的分割来指示用户所要发送的上行数据的大小。

由 RAN2 已达成的共识知道: 基站可以通过接收 Msg1 知道 UE 的覆盖增强等级, 并且由此知道 UE 想在 Msg3 中发送的最大传输块大小。基站可以根据该最大传输块大小来调度 Msg3 的传输。当 UE 所要传输的数据小于最大传输块大小时, UE 进行数据填充后还是按最大传输块大小来发送 Msg3。这样将导致 UE 发射功率的损耗。

一种可行的解决方法是通过 Msg2 为 Msg3 提供多个传输块大小, UE 根据所要发送的上行数据大小或传输块大小选择一个合适的传输块大小在 Msg3 中进行早期数据传输。基站通过盲检 UE 可能用到的多种传输块大小得到 UE 发送 Msg3 所用的传输块大小。具体地可以存在如下 2 种解决方案:

方案 1: 对于可能采用的不同的传输块大小, 用相同的重复次数而不同的资源大小, 在 Msg3 中进行早期数据传输;

方案 2: 对于可能采用的不同的传输块大小, 用相同的资源大小而不同的重复次数, 在 Msg3 中进行早期数据传输。

下面结合附图对本发明的方案进行详细描述。

图 2 示意性示出了根据本发明实施例的进行早期数据传输的方法在 UE 侧的操作 200 的流程示例图。

如图所示, 在步骤 S210 中, 接收随机接入响应消息和广播消息。所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予, 其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息。

在一些实施例中, 上行授予中不需要包括指示传输块大小的信息。

在另一些实施例中, 上行授予中可以包括指示传输块大小的信息, 例如可以包括最大传输块大小的索引信息。

在步骤 S220 中, 根据上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小及其对应的资源和重复次数。

在上行授予中不包括指示传输块大小的信息的一些实施例中, 在步骤 S220 中可以根据广播消息来确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小。具体地, 可以以基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小作为进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。

在上行授予中包括指示传输块大小的信息的一些实施例中, 在步骤 S220 中可以根据上行授予和广播消息来确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小。例如, 在系统中为可能广播的最大传输块大小预定义了一组传输块大小并且在上行授予中包括最大传输块大小的索引 (例如, 该最大传输块大小在关联组中的索引) 信息的实施例中, 可以根据所述索引信息, 从与基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的一组传输块大小中确定进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。作为另一示例, 在系统中为可能广播的最大传输块大小预定义了多组可用传输块大小并且在上行授予中包括最大传输块大小的索引 (例如, 该最大传输块大小所在的关联组的索引) 信息的实施例中, 可以根据所述索引信息,

从与基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的多组传输块大小中确定进行早期数据传输时可用的那组传输块大小（也即该最大传输块大小所在的关联组）。

在一些实施例中，上行授予包括的指示资源分配的信息可以包括指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的资源分配的信息。于是，在确定了在早期数据传输时允许的最大传输块大小后，即可根据上行授予中的指示资源分配的信息确定其对应的资源。

在一些实施例中，对于可能采用的不同的传输块大小，用相同的重复次数而不同的资源大小在 Msg3 中进行早期数据传输（如上述方案 1）。在这些实施例中，上行授予包括的指示重复次数的信息可以是：指示对应于用户设备的覆盖增强等级的统一重复次数的信息。

备选地，在另一些实施例中，对于可能采用的不同的传输块大小，用相同的资源大小而不同的重复次数在 Msg3 中进行早期数据传输（如上述方案 2）。在这样的实施例中，上行授予包括的指示重复次数的信息可以是：指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的重复次数的信息。

无论在哪种情况（方案 1 或方案 2）下，在确定了在早期数据传输时允许的最大传输块大小后，即可根据上行授予中的指示信息确定其对应的重复次数。

在步骤 S230 中，根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数。

在一些实施例中，每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间存在预定的映射关系。具体地，可以预先定义每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间的映射关系。例如，假定允许的最大传输块大小为 X ，则其对应的可用传输块大小为 X 、 $(1/2) * X$ 、 $(1/4) * X$ 和 $(1/8) * X$ 等等或其近似值。在实践中，为了兼容性，可以以与 X 、 $(1/2) * X$ 、 $(1/4) * X$ 和 $(1/8) * X$ 等等接近的现有的（如 Rel-13 的 PUSCH 的）传输块大小值作为可用传输块大小。

在另一些实施例中，每个允许的最大传输块大小预先关联有一组可用传输块大小的候选值。例如，可以在系统中预先为可能广播的最大传输块

大小预定义多组可用传输块大小，每组传输块大小对应一个允许的最大传输块大小。在这样的实施例中，可以在上行授予中指示允许的最大传输块大小所在的组的索引。于是根据所述索引信息，UE 可以从与基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的多组传输块大小中确定进行早期数据传输时可用的那组传输块大小。应该理解，在这样的实施例中，确定了进行早期数据传输时可用的那组传输块大小即同时确定了允许的最大传输块大小及其对应的可用传输块大小的候选值。

在确定了可用传输块大小的候选值后，可以获得每一候选值所对应的资源和重复次数。例如，在前述对于可能采用的不同的传输块大小，采用相同的重复次数而不同的资源大小在 Msg3 中进行早期数据传输的实施例（如上述方案 1）中，每一候选值所对应的重复次数与相应的允许的最大传输块大小对应的重复次数（其在步骤 S220 中确定）相同。每一候选值所对应的资源可以是相应的允许的最大传输块大小对应的资源中的一部分。又如，在前述对于可能采用的不同的传输块大小，用相同的资源大小而不同的重复次数在 Msg3 中进行早期数据传输的实施例（如上述方案 2）中，每一候选值所对应的资源与相应的允许的最大传输块大小对应的资源相同。每一候选值所对应的重复次数可以根据相应的允许的最大传输块大小对应的重复次数以及该候选值与相应的允许的最大传输块大小的比例来确定。

在步骤 S240 中，根据所要发送的上行数据的大小选择一个合适的传输块大小的候选值及其对应的资源和重复次数在随机接入消息 3 中进行早期数据传输。

图 3 示意性示出了根据本发明实施例的进行早期数据传输的方法在基站侧的操作 300 的流程图。

在接收到用户设备发送的随机接入前导序列之后，方法 300 开始。

如图所示，在步骤 S310 中，基站发送随机接入响应消息和广播消息。其中，广播消息是周期性发送的，与用户设备发送随机接入前导序列的先后无关。所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息。

在一些实施例中，上行授予中不需要包括指示传输块大小的信息。

在另一些实施例中，上行授予中可以包括指示传输块大小的信息，例如可以包括最大传输块大小的索引信息。

在步骤 S320 中，根据上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小及其对应的资源和重复次数。

在上行授予中不包括指示传输块大小的信息的一些实施例中，在步骤 S320 中可以根据广播消息来确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小。具体地，可以以基站广播的对应用于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小作为进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。

在上行授予中包括指示传输块大小的信息的一些实施例中，在步骤 S320 中可以根据上行授予和广播消息来确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小。例如，在系统中为可能广播的最大传输块大小预定义了一组传输块大小并且在上行授予中包括最大传输块大小的索引（例如，该最大传输块大小在关联组中的索引）信息的实施例中，可以根据所述索引信息，从与基站广播的对应用于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的一组传输块大小中确定进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。作为另一示例，在系统中为可能广播的最大传输块大小预定义了多组可用传输块大小并且在上行授予中包括最大传输块大小的索引（例如，该最大传输块大小所在的关联组的索引）信息的实施例中，可以根据所述索引信息，从与基站广播的对应用于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的多组传输块大小中确定进行早期数据传输时可用的那组传输块大小（也即该最大传输块大小所在的关联组）。

在一些实施例中，上行授予包括的指示资源分配的信息可以包括指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的资源分配的信息。于是，在确定了在早期数据传输时允许的最大传输块大小后，即可根据上行授予中的指示资源分配的信息确定其对应的资源。

在一些实施例中，对于可能采用的不同的传输块大小，用相同的重复次数而不同的资源大小在 Msg3 中进行早期数据传输（如上述方案 1）。在这些实施例中，上行授予包括的指示重复次数的信息可以是：指示对应于用户设备的覆盖增强等级的统一重复次数的信息。

备选地，在另一些实施例中，对于可能采用的不同的传输块大小，用

相同的资源大小而不同的重复次数在 Msg3 中进行早期数据传输(如上述方案 2)。在这样的实施例中,上行授予包括的指示重复次数的信息可以是:指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的重复次数的信息。

无论在哪种情况(方案 1 或方案 2)下,在确定了在早期数据传输时允许的最大传输块大小后,即可根据上行授予中的指示信息确定其对应的重复次数。

在步骤 S330 中,根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数。

在一些实施例中,每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间存在预定的映射关系。具体地,可以预先定义每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间的映射关系。例如,假定允许的最大传输块大小为 X ,则其对应的可用传输块大小为 X 、 $(1/2) * X$ 、 $(1/4) * X$ 和 $(1/8) * X$ 等等或其近似值。在实践中,为了兼容性,可以以与 X 、 $(1/2) * X$ 、 $(1/4) * X$ 和 $(1/8) * X$ 等等接近的现有的(如 Rel-13 的 PUSCH 的)传输块大小值作为可用传输块大小。

在另一些实施例中,每个允许的最大传输块大小预先关联有一组可用传输块大小的候选值。例如,可以在系统中预先为可能广播的最大传输块大小预定义多组可用传输块大小,每组传输块大小对应一个允许的最大传输块大小。在这样的实施例中,可以在上行授予中指示允许的最大传输块大小所在的组的索引。于是根据所述索引信息,UE 可以从与基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的多组传输块大小中确定进行早期数据传输时可用的那组传输块大小。应该理解,在这样的实施例中,确定了进行早期数据传输时可用的那组传输块大小即同时确定了允许的最大传输块大小及其对应的可用传输块大小的候选值。

在确定了可用传输块大小的候选值后,可以获得每一候选值所对应的资源和重复次数。例如,在前述对于可能采用的不同的传输块大小,采用相同的重复次数而不同的资源大小在 Msg3 中进行早期数据传输的实施例(如上述方案 1)中,每一候选值所对应的重复次数与相应的允许的最大传输块大小对应的重复次数(其在步骤 S220 中确定)相同。每一候选值所对

应的资源可以是相应的允许的最大传输块大小对应的资源中的一部分。又如，在前述对于可能采用的不同的传输块大小，用相同的资源大小而不同的重复次数在 Msg3 中进行早期数据传输的实施例（如上述方案 2）中，每一候选值所对应的资源与相应的允许的最大传输块大小对应的资源相同。每一候选值所对应的重复次数可以根据相应的允许的最大传输块大小对应的重复次数以及该候选值与相应的允许的最大传输块大小的比例来确定。

在步骤 S340 中，基于可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数盲解调检测用户设备在随机接入消息 3 中进行的早期数据传输。

应该理解，上面示出的方法仅是示例性的。本发明的方法并不局限于上面示出的步骤和顺序。在上述方法 200 和 300 中，仅示出了与本发明相关的操作，UE 和基站还可以包括其他操作。例如，在步骤 S210 之前，UE 可以发送前导序列以发起随机接入过程。在步骤 S340 之后，基站还可以发送 Msg 4，等等。

图 4 示意性示出了根据本公开实施例的基站 10 的框图。如图所示，基站 10 包括发送单元 12 和接收单元 14。本领域技术人员应理解，发送单元 12 和接收单元 14 可以分开实现，也可以实现在一起作为单个组件。还应该理解，基站 10 还可以包括实现其功能所必需的其他功能单元，如各种处理器、存储器、射频信号处理单元、基带信号处理单元和其它物理下行信道发射处理单元等等。然而为了简便，省略了这些公知元件的详细描述。

发送单元 12 可以配置为：发送随机接入响应消息和广播消息，所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息。

具体地，发送单元 12 可以利用物理下行控制信道（Physical Downlink Control Channel: PDCCH）和/或物理下行共享信道（Physical Downlink Shared Channel: PDSCH）向 UE 发送基于每一覆盖增强等级的最大授予的传输块大小和/或针对最大授予的传输块大小所分配资源数和/或重复次数等信息。所述信息可以是物理层信令和/或 MAC 信令和/或 RRC 信令等。RRC 信令可以是广播信令，例如系统信息，也可以是 UE 专用的 RRC 信令。

接收单元 14 可以配置为：基于可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数盲解调检测用户设备在随机接入消息 3 中进行

的早期数据传输，其中根据所述上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小使用的传输块大小、及其对应的资源分配和重复次数，并且根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数。

具体地，接收单元 14 可以根据 UE 的覆盖增强等级、为该覆盖增强等级所授予的最大传输块大小、以及为所述最大传输块大小所分配的资源数和/或重复次数对 UE 所发送的随机接入消息 3 进行盲检。随机接入消息 3 由物理上行共享信道（Physical Uplink Shared Channel: PUSCH）所承载。

图 5 示出了根据本公开实施例的用户设备 UE 20 的框图。如图所示，UE 20 包括接收单元 22 和发送单元 24。本领域技术人员应理解，接收单元 22 和发送单元 24 可以分开实现，也可以实现在一起作为单个组件。还应理解，UE 20 还可以包括实现其功能所必需的其他功能单元，如各种处理器、存储器、射频信号处理单元、基带信号处理单元和其它物理上行信道发射处理单元等等。然而为了简便，省略了这些公知元件的详细描述。

接收单元 22 可以配置为：接收随机接入响应消息和广播消息，所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息。

具体地，接收单元 22 可以通过 PDCCH 和/或 PDSCH 接收 eNB 发来的基于每一覆盖增强等级的最大授予的传输块大小和/或针对最大授予的传输块大小所分配资源数和/或重复次数等信息。所述信息可以是物理层信令和/或 MAC 信令和/或 RRC 信令等。RRC 信令可以是广播信令，例如系统信息，也可以是 UE 专用的 RRC 信令。

发送单元 24 可以配置为：根据所要发送的上行数据的大小选择一个合适的传输块大小的候选值及其对应的资源和重复次数在随机接入消息 3 中进行早期数据传输，其中根据所述上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小使用的传输块大小、及其对应的资源分配和重复次数，并且根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数。

具体地，发送单元 24 可以根据 UE 的覆盖增强等级、为该覆盖增强等级所授予的最大传输块大小、以及对应于所述最大传输块大小所分配的资源数和/或重复次数，基于 UE 所要发送的数据大小选择一个合适的传输块

大小，并在与所选的传输块大小对应的资源上和/或采用与所选的传输块大小对应的重复次数发送随机接入消息 3。

本发明所述的基站是用于与用户设备通信的一个实体，也可以指 Node B 或演进的 Node B (Evolved Node B, eNB)或接入点 (Access Point, AP)。

本发明所述的用户设备也可以指终端或接入终端或站点或移动站点等。用户设备可以是蜂窝电话或掌上电脑(Personal Digital Assistant, PDA)或无绳电话或笔记本电脑或移动电话或智能手机或手持设备或上网本等。

本发明所述的物理下行控制信道可以指 3GPP LTE/LTE-A (Long Term Evolution/Long Term Evolution-Advanced) 中的 PDCCH 或用于机器类通信的 MPDCCH (MTC PDCCH)或用于窄带物联网通信的 NPDCCH 或 NR (New Radio, 也可称为 5G)的 NR-PDCCH 等。所述物理下行共享信道可以指 3GPP LTE/LTE-A (Long Term Evolution/Long Term Evolution-Advanced) 中的 PDSCH 或用于窄带物联网通信的 NPDSCH 或 NR-PDSCH 等。所述物理上行共享信道可以指 3GPP LTE/LTE-A (Long Term Evolution/Long Term Evolution-Advanced) 中的 PUSCH 或用于窄带物联网通信的 NPUSCH 或 NR-PUSCH 等。

根据本发明实施例的基站可以配置为执行上述方法 300。根据本发明实施例的用户设备可以配置为执行上述方法 200。在此不再对其操作进行赘述。

图 6 示意性示出了根据本公开实施例的可用于实现本公开的基站或用户设备的计算系统的框图。

如图 6 所示, 计算系统 600 包括处理器 610、计算机可读存储介质 620、输出接口 630、以及输入接口 640。该计算系统 600 可以执行上面参考相应的允许描述的方法 200 或 300, 以在随机接入过程中进行早期数据传输。

具体地, 处理器 610 例如可以包括通用微处理器、指令集处理器和/或相关芯片组和/或专用微处理器 (例如, 专用集成电路 (ASIC)), 等等。处理器 610 还可以包括用于缓存用途的板载存储器。处理器 610 可以是用于执行参考图 4 或图 5 描述的方法流程的不同动作的单一处理单元或者是多个处理单元。

计算机可读存储介质 620, 例如可以是能够包含、存储、传送、传播或传输指令的任意介质。例如, 可读存储介质可以包括但不限于电、磁、光、电磁、红外或半导体系统、装置、器件或传播介质。可读存储介质的具体

示例包括：磁存储装置，如磁带或硬盘（HDD）；光存储装置，如光盘（CD-ROM）；存储器，如随机存取存储器（RAM）或闪存；和/或有线/无线通信链路。

计算机可读存储介质 620 可以包括计算机程序 621，该计算机程序 621 可以包括代码/计算机可执行指令，其在由处理器 610 执行时使得处理器 610 执行例如上面结合图 2 或图 3 所描述的方法流程及其任何变形。

计算机程序 621 可被配置为具有例如包括计算机程序模块的计算机程序代码。例如，在示例实施例中，计算机程序 621 中的代码可以包括一个或多个程序模块，例如包括 621A、模块 621B、……。应当注意，模块的划分方式和个数并不是固定的，本领域技术人员可以根据实际情况使用合适的程序模块或程序模块组合，当这些程序模块组合被处理器 610 执行时，使得处理器 610 可以执行例如上面结合图 2 或图 3 所描述的方法流程及其任何变形。

根据本公开的实施例，处理器 610 可以使用输出接口 630 和输入接口 640 来执行上面结合图 2 或图 3 所描述的方法流程及其任何变形。

以下针对 MTC 和 NB-IoT，就上述 2 种解决方案分别给出一些示例来更详细地说明本发明的技术方案。应该理解，下面的示例实施例仅是作为示例而非限制，本发明的方案可以类似地用于其他支持在随机接入过程中进行早期数据传输的系统。

实施例 1

针对 Rel-15 MTC，为可能采用的多个不同的传输块大小，使用相同的重复次数，在不同的资源大小上进行上行的早期数据传输。

在现有的 3GPP 有关 MTC 的标准规范中，PUSCH 的最小资源分配单位是一个物理资源块（PRB），支持 2 种覆盖增强模式：覆盖增强模式 A（CE mode A）和覆盖增强模式 B（CE mode B）。CE mode A 用于信道状态好，不需要覆盖增强或需要较小的覆盖增强，或者说不需要重复发送或重复发送次数很小的 UE；CE mode B 用于信道状态较差，需要较大或很大的覆盖增强，或者说需要重复发送次数较大或很大的 UE。Msg3 的调度信息由

随机接入响应 (Random Access Response: RAR) 的上行授予 (UL Grant) 指示。表 1 是 RAR 上行授予的内容 (参见非专利文献 3: 3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的表 6-2)。

表1 RAR上行授予内容

DCI 内容	CE Mode A	CE Mode B
Msg3 PUSCH narrowband index	N_{NB}^{index}	2
Msg3 PUSCH Resource allocation	4	3
Number of Repetitions for Msg3 PUSCH	2	3
MCS	3	0
TBS	0	2
TPC	3	0
CSI request	1	0
UL delay	1	0
Msg3/4 MPDCCH narrowband index	2	2
Zero padding	$4 - N_{NB}^{index}$	0
Total Nr-bits	20	12

表中的“Msg3 PUSCH narrowband index”栏指示在系统带宽中窄带的位置,在频域上,一个窄带为 6 个连续的物理资源块;“Msg3 PUSCH Resource allocation”栏指在窄带中为承载 Msg3 的 PUSCH 所分配的资源;“Number of Repetitions for Msg3 PUSCH”栏指承载 Msg3 的 PUSCH 的重复发送次数;“MCS”栏指发送 Msg3 所采用的调制编码等级;“TBS”栏指发送 Msg3 所采用的传输块大小;其它内容就不一一说明了,可以参见非专利文献 3。

上行早期数据传输的 RAR 上行授予的设计可以采用现有的 RAR 上行授予的设计,即总的比特数和所含的字符段不变,而重新解释某些字符段的含义。备选地,可以保持总的比特数不变,而重新设计上行授予的字符段数以及各字符段的内容。考虑到后向兼容,可以通过 RAR 中的预留比特来指示所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还早期数据传输的上行授予。备选地,可以随机接入-无线网络临时标识 (Random Access- Radio Network Temporary Identity: RA-RNTI)来区分所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还早期数据传输的上行授予。

根据 3GPP RAN2 达成的共识,基站通过接受随机接入 Msg1 可以知道 UE 的覆盖增强等级,并由覆盖增强等级可以得到 UE 的最大可能的传输块大小或 UE 采用早期数据传输所要发送的最大数据量,而不可能知道 UE 采用早期数据传输实际所要发送的数据量。因此,基站只能根据 UE 最大可能

的传输块大小来为 UE 的 Msg3 PUSCH 分配资源和确定其重复发送次数。如果 UE 采用早期数据传输所要发送的上行数据量大大小于最大传输块大小,将会导致 UE 功率的额外损耗。我们可以针对每一覆盖增强等级的最大传输块大小,定义一组的 TBS, UE 根据在 Msg3 中进行早期数据传输所要发送的数据量大小选择一个接近其数据大小的 TBS 值以进行早期数据传输。由此,可以减少 UE 功率的消耗。以下以 CE Mode B 和一组中含有 4 个 TBS 值的情况进行详细说明。主要考虑传输块大小、资源和重复次数的确定等。

1. 如何得到四个 TBS 值

四个 TBS 值的获得有以下三种方式:

方式 1:

针对某一覆盖增强等级的 UE, 其在 Msg3 中进行早期数据传输的最大传输块大小等于依据其覆盖增强等级而广播的最大 TBS (X)。其它的 TBS 值为 $(1/2) * X$ 、 $(1/4) * X$ 和 $(1/8) * X$ 。例如, 为覆盖增强等级 1 的 UE 所广播的最大 TBS 为 1000 比特, 那么, 其它三个 TBS 值为 500 比特、250 比特和 125 比特。由于 500、250 和 125 比特的 TBS 值不是如下表 2 Rel-13 PUSCH 传输块大小表中的数值(参见非专利文献 3: 3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的表 7.1.7.2.1-1), 我们选择表 2 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此, 我们可以得到以下 TBS 值: 504 比特、256 比特和 120 比特。

在该方式中, UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS 就可以直接得到四个 TBS 值。因此, 在 Msg3 中进行早期数据传输时, 其 RAR 上行授予中的 TBS 字段可以不用。

表2 Rel-13 PUSCH传输块大小表

I_{TBS}	N_{PRB}									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	16	32	56	88	120	152	176	208	224	256
1	24	56	88	144	176	208	224	256	328	344
2	32	72	144	176	208	256	296	328	376	424
3	40	104	176	208	256	328	392	440	504	568
4	56	120	208	256	328	408	488	552	632	696
5	72	144	224	328	424	504	600	680	776	872
6	328	176	256	392	504	600	712	808	936	1032
7	104	224	328	472	584	712	840	968	1096	1224
8	120	256	392	536	680	808	968	1096	1256	1384
9	136	296	456	616	776	936	1096	1256	1416	1544
10	144	328	504	680	872	1032	1224	1384	1544	1736
11	176	376	584	776	1000	1192	1384	1608	1800	2024

12	208	440	680	904	1128	1352	1608	1800	2024	2280
13	224	488	744	1000	1256	1544	1800	2024	2280	2536
14	256	552	840	1128	1416	1736	1992	2280	2600	2856
15	280	600	904	1224	1544	1800	2152	2472	2728	3112
16	328	632	968	1288	1608	1928	2280	2600	2984	3240
17	336	696	1064	1416	1800	2152	2536	2856	3240	3624
18	376	776	1160	1544	1992	2344	2792	3112	3624	4008
19	408	840	1288	1736	2152	2600	2984	3496	3880	4264
20	440	904	1384	1864	2344	2792	3240	3752	4136	4584
21	488	1000	1480	1992	2472	2984	3496	4008	4584	4968
22	520	1064	1608	2152	2664	3240	3752	4264	4776	5352
23	552	1128	1736	2280	2856	3496	4008	4584	5160	5736
24	584	1192	1800	2408	2984	3624	4264	4968	5544	5992
25	616	1256	1864	2536	3112	3752	4392	5160	5736	6200

方式 2:

为每一个可能广播的最大 TBS 预先定义一组 TBS，每组 TBS 中含有 4 个 TBS 值。UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS，可以知道与所述广播的最大 TBS 相对应的一组 TBS。再由 RAR 上行授予中的 TBS 字符段指示该组 TBS 中的一个 TBS 值。由此所得到的 TBS 值即为所述 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所能用到的最大 TBS (Y)。其它的 TBS 值为 $(1/2) * Y$ 、 $(1/4) * Y$ 和 $(1/8) * Y$ 。例如，1000 比特的 TBS 为基站可能广播的一个最大的 TBS，为该最大 TBS 预先定义的一组 TBS 为 {1000, 808, 600, 328}。RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 2 比特，00 对应于 1000，01 对应于 808，10 对应于 600，11 对应于 328。那么，当 RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 01 时，可以得知该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所能用到的最大 TBS 为 808。此时，其它三个 TBS 应为 404、202 和 101 比特。由于 404、202 和 101 比特的 TBS 值不是如下表 2 Rel-13 PUSCH 传输块大小表中的数值(参见非专利文献 3:3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的表 7.1.7.2.1-1)，我们选择表 2 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下三个 TBS 值：408、208 和 104 比特。

方式 3:

为每一个可能广播的最大 TBS 预先定义四组 TBS，每组 TBS 中含有 4 个 TBS 值。UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS，可以知道与所述广播的最大 TBS 相对应的四组 TBS。再由 RAR 上行授予中的 TBS 字符段指示四组 TBS 中的一组 TBS。由此可以得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的一组 TBS，即 4 个 TBS 值。例如，1000 比特的 TBS 为基站可能广播的一个最大的 TBS，为该最大 TBS 预先定义如下四组 TBS：

{1000, 504, 256, 120}, {808, 408, 208, 104}, {600, 296, 144, 88}, {328, 176, 88, 56}。RAR 上行授予中的 TBS 字段为 2 比特，通过该字段可以为 UE 指示四组 TBS 中的一组用于在 Msg3 中进行早期数据传输。

2. 如何为上述 1 小节中的四个 TBS 值确定资源

在 RAR 上行授予中有一个 Msg3 PUSCH 的资源分配字段。与 Rel-13 CE mode B 一样，该字段有 3 个比特，用于指示窄带中的物理资源块（Physical Resource Block: PRB）分配。具体内容如表 3 所示。

表 3

3比特的资源分配域	所分配的资源块
‘000’	窄带中的第1个PRB
‘001’	窄带中的第2个PRB
‘010’	窄带中的第3个PRB
‘011’	窄带中的第4个PRB
‘100’	窄带中的第5个PRB
‘101’	窄带中的第6个PRB
‘110’	窄带中的第1和第2个PRB
‘111’	窄带中的第3和第4个PRB

由表 3 可知，Msg3 PUSCH 所能分配的 PRB 数为 1 个 PRB 或 2 个 PRB。我们可以规定 RAR 上行授予中所分配的资源对应于 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输的最大 TBS。也就是说，如果 UE 选择用最大 TBS 来进行早期数据传输，则 UE 将在 RAR 上行授予中所分配的资源上发送 Msg3。而用于其它三个 TBS 发送的资源将由 RAR 上行授予中所分配的资源推导出来。如果 RAR 上行授予中所分配到的资源为一个 PRB，则规定 1PRB、6 子载波、3 子载波和 2 子载波的资源可分别用于上述 1 小节中所得到的四个 TBS 值的传输。资源数由大到小的四个对应于 TBS 由大到小的四个值。如果 RAR 上行授予中所分配到的资源为 2 个 PRB，则规定 2 PRB、1 PRB、6 子载波和 3 子载波的资源可分别用于上述 1 小节中所得到的四个 TBS 值的传输。资源数由大到小的四个对应于 TBS 由大到小的四个值。6 子载波、3 子载波、

2 子载波或 1 PRB 的位置是预先确定的, 例如, 对于所分配到的资源为 1 个 PRB 的情况, 其 6 子载波、3 子载波、2 子载波为所分配到的 1 个 PRB 中的开头的 6 子载波、3 子载波或 2 子载波; 对于所分配到的资源为 2 个 PRB 的情况, 其 1 PRB、6 子载波、3 子载波为所分配到的 2 个 PRB 中的开头的 1 个 PRB、以及开头 1 个 PRB 中的头 6 子载波、3 子载波。

3. 如何为上述 1 小节中的四个 TBS 值确定重复次数

在 RAR 上行授予中有一个 Number of Repetitions for Msg3 PUSCH 的字符段。该字符段与 Rel-13 CE mode B 的定义一样, 有 3 个比特, 用于指示 Msg3 PUSCH 的重复传输次数。

对于在 Msg3 中进行早期数据传输而言, 上述字符段指示的是某一覆盖增强等级采用最大 TBS 时的 Msg3 PUSCH 重复传输次数。对于同一覆盖增强等级的其它三个 TBS 值, 将采用与最大 TBS 时相同的 Msg3 PUSCH 重复传输次数。即上述字符段所指示的重复次数作用于同一覆盖增强等级的所有 TBS 值。也即相同的重复次数应用于同一覆盖增强等级的所有 TBS 值。

4. UE 和基站的行为

UE 根据下行参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power: RSRP) 可以知道其自身的覆盖增强等级。当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, 将选择与其覆盖增强等级相对应的 PRACH 资源进行 Msg1 的传输。

基站通过系统广播信息广播每一覆盖增强等级的最大可能的 TBS, 或者广播允许 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的数据传输量。或者基站通过 RAR 上行授予信息通知 UE, 当该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时可用的最大 TBS。

UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到, 当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, 对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS。或者 UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到, 对应于其覆盖增强等级, 基站许可该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时最大的数据传输量。

当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, UE 根据其得到的对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS, 可以采用本实施例小节 1 “如何得到四个 TBS 值”的方法得到四个 TBS 值; 采用本实施例小节 2 “如何为上述 1 小节中的四个 TBS 值确定资源”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 的上行传输资源; 采用本实施例小节 3 “如何为上述 1 小节中的四个 TBS 值确定重复次数”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 的重复传输次数。因此, 当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, UE 根据其想要发送的数据大小选择一个合适的 TBS 值, 并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 PUSCH 的传输。

基站通过接收 Msg1 知道 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输, 并且知道该 UE 的覆盖增强等级。基站根据其广播的对应于该 UE 覆盖增强等级的最大 TBS 或根据其在 RAR 上行授予信息中指示的最大 TBS 可以得到该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的 TBS。再采用本实施例小节 1 “如何得到四个 TBS 值”的方法得到四个 TBS 值; 采用本实施例小节 2 “如何为上述 1 小节中的四个 TBS 值确定资源”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 的上行传输资源; 采用本实施例小节 3 “如何为上述 1 小节中的四个 TBS 值确定重复次数”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 的重复传输次数。因此, 基站可以在对应于 4 个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 资源上, 以对应于该 4 个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 重复次数盲检 Msg3 PUSCH。从而检出 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所传输的数据。

如果 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所要传输的数据量大于 RAR 上行授予信息中所指示的最大的 TBS, UE 将放弃在 Msg3 中采用早期数据传输来传输 UE 所要传输的数据, 而是在 Msg3 中采用早期数据传输的方式来传输已有(Legacy)的 Msg3 信息, 即只进行已有的 Msg3 传输。也就是说, UE 根据已有的 Msg3 信息量选择一个适合的 TBS 值, 并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 PUSCH 的传输。而该 Msg3 PUSCH 所传输的内容只有已有的 Msg3 信息。

实施例 2

针对 Rel-15 NB-IoT, 为可能采用的多个不同的传输块大小, 使用相同的重复次数, 在不同的资源大小上进行上行的早期数据传输。

在现有的 3GPP 有关 NB-IoT 的标准规范中，用于调度 Msg3 NPUSCH 的 RAR UL Grant 有 15 个比特，具体内容如下：

- 上行子载波间隔 Δf ：‘0’ = 3.75 kHz 或 ‘1’ = 15 kHz - 1 比特
- 分配的子载波指示 - 6 比特
- 调度延迟 - 2 bits
- Msg3 重复次数 - 3 bits
- 调制编码方案索引（指示 TBS、调制方式和资源单元数（Resource Unit: RU）） - 3 比特

RAR 上行授予中的调制编码方案索引定义如表 4。

表 4：Msg3 NPUSCH 的调制编码方案索引

MCS 索引 I_{MCS}	调制		RU 的数目 N_{RU}	TBS
	$\Delta f = 3.75 \text{ kHz}$ 或 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 以及 $I_{sc} = 0, 1, \dots, 11$	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 以及 $I_{sc} > 11$		
‘000’	pi/2 BPSK	QPSK	4	88 bits
‘001’	pi/4 QPSK	QPSK	3	88 bits
‘010’	pi/4 QPSK	QPSK	1	88 bits
‘011’	预留	预留	预留	预留
‘100’	预留	预留	预留	预留
‘101’	预留	预留	预留	预留
‘110’	预留	预留	预留	预留
‘111’	预留	预留	预留	预留

有关 NB-IoT RAR UL Grant 的具体内容参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的 16.3.3 小节：窄带随机接入响应授予。

从上述的 RAR 上行授予中，我们可以看没有单独的资源单元分配信息，而是用 3 比特来统一指示包括 TBS、调制方式和资源单元数。这与正常的 NPUSCH 调度不同，所述正常的 NPUSCH 调度指由 NPDCCH 承载 NPUSCH 的调度信息，即由 NPDCCH 来调度 NPUSCH 而非由 RAR 上行授予来调度 NPUSCH。正常的 NPUSCH 的调度采用下行控制信息（Downlink Control Information: DCI）格式 N0（DCI Format N0）。其具体内容如下：

- 格式 N0/N1 的区分标记 - 1 比特

- 分配的子载波指示 - 6 比特
- 资源分配 - 3 比特
- 调度延迟 - 2 比特
- 调制编码方案 - 4 比特
- 冗余版本 - 1 比特
- 重复次数 - 3 比特
- 新数据指示 - 1 比特
- DCI 子帧重复次数 - 2 比特

有关DCI format N0的具体描述参见非专利文献4：3GPP TS 36.212 V13.6.0 (2017-06)，复用与信道编码中的6.4.3.1小节。

而NB-IoT的MAC RAR的具体结构如图3所示(参见非专利文献5：3GPP TS 36.321 V13.7.0 (2017-09)，媒体接入控制协议规范中的6.1.5小节：RAR的MAC协议数据单元(Protocol Data Unit: PDU)。

从图3中，我们可以看出，虽然RAR上行授予为15比特，但RAR中有5比特的预留。而正常的NPUSCH调度的资源分配字符段只需3比特。因此，我们利用现有Msg3 NPUSCH的调制编码方案索引预留状态和/或RAR中的预留比特来设计早期数据传输的RAR上行授予或早期数据传输的MAC RAR。

在设计早期数据传输的RAR上行授予时，现有RAR上行授予的上行子载波间隔、分配的子载波指示和调度延迟字符段可以保持不变。主要考虑在Msg3中进行早期数据传输时的Msg3 NPUSCH的TBS、资源单元数和重复次数的确定。以下详细论述几种可能的确定TBS、资源单元数和重复次数的方法。

方法一：在RAR上行授予中用3个字符段分别指示TBS、资源单元数和重复次数

我们可以重新设计NB-IoT UE在Msg3中进行早期数据传输的RAR上行授予。即增加一个3比特的资源分配字符段，其定义与正常的NPUSCH调度的DCI format N0中的资源分配字符段一样。并且保留目前已有RAR上行授予中的MCS索引字符段，但其大小可以与已有RAR上行授予中的MCS索引字符段的大小不一样。例如，为2比特而非3比特。现有RAR上行授予

中的其它字符段可以保持不变。这样的话，类似于实施例 1 中为 MTC 设计的方法可以应用于 NB-IoT。

由于采用 RAR 中的预留比特指示早期数据传输的 Msg3 NPUSCH 的资源分配，NB-IoT UE 的总 RAR 比特数保持不变。考虑到后向兼容，可以通过 RAR 中的剩余的预留比特来指示所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还是早期数据传输的上行授予。备选地，可以随机接入-无线网络临时标识 (Random Access- Radio Network Temporary Identity: RA-RNTI) 来区分所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还是早期数据传输的上行授予。

根据 3GPP RAN2 达成的共识，基站通过接受随机接入 Msg1 可以知道 UE 的覆盖增强等级，并由覆盖增强等级可以得到 UE 的最大可能的传输块大小或 UE 采用早期数据传输所要发送的最大数据量，而不可能知道 UE 采用早期数据传输时实际所要发送的数据量。因此，基站只能根据 UE 最大可能的传输块大小来为 UE 的 Msg3 PUSCH 分配资源和确定其重复发送次数。如果 UE 采用早期数据传输所要发送的上行数据量大大小于最大传输块大小，将会导致 UE 功率的额外损耗。我们可以针对每一覆盖增强等级的最大传输块大小，定义一组的 TBS，UE 根据在 Msg3 中进行早期数据传输所要发送的数据量大小选择一个接近其数据大小的 TBS 值以进行早期数据传输。由此，可以减少 UE 功率的消耗。以下以一组中含有 4 个 TBS 值的情况进行详细说明。

1. TBS 值的确定

四个 TBS 值的获得有以下三种方式：

方式 1：

针对某一覆盖增强等级的 UE，其在 Msg3 中进行早期数据传输的最大传输块大小等于依据其覆盖增强等级而广播的最大 TBS (X)。其它的 TBS 值为 $(1/2) * X$ 、 $(1/4) * X$ 和 $(1/8) * X$ 。例如，为覆盖增强等级 1 的 UE 所广播的最大 TBS 为 1000 比特，那么，其它三个 TBS 值为 500 比特、250 比特和 125 比特。由于 500、250 和 125 比特的 TBS 值不是如表 5 NPUSCH 传输块大小表中的数值（参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的表 16.5.1.2-2），我们选择表 5 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下 TBS 值：504 比特、

256 比特和 120 比特。

在该方式中，UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS 就可以直接得到四个 TBS 值。因此，在 Msg3 中进行早期数据传输时，其 RAR 上行授予中的 TBS 字符段可以不用。

表 5 NPUSCH TBS 表

I_{TBS}	I_{RU}							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	16	32	56	88	120	152	208	256
1	24	56	88	144	176	208	256	344
2	32	72	144	176	208	256	328	424
3	40	104	176	208	256	328	440	568
4	56	120	208	256	328	408	552	680
5	72	144	224	328	424	504	680	872
6	88	176	256	392	504	600	808	1000
7	104	224	328	472	584	712	1000	
8	120	256	392	536	680	808		
9	136	296	456	616	776	936		
10	144	328	504	680	872	1000		
11	176	376	584	776	1000			
12	208	440	680	1000				

方式 2:

为每一个可能广播的最大 TBS 预先定义一组 TBS，每组 TBS 中含有 4 个 TBS 值。UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS，可以知道与所述广播的最大 TBS 相对应的一组 TBS。再由 RAR 上行授予中的 TBS 字符段指示该组 TBS 中的一个 TBS 值。由此所得到的 TBS 值即为所述 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所能用到的最大 TBS (Y)。其它的 TBS 值为 $(1/2) * Y$ 、 $(1/4) * Y$ 和 $(1/8) * Y$ 。例如，1000 比特的 TBS 为基站可能广播的一个最大的 TBS，为该最大 TBS 预先定义的一组 TBS 为 {1000, 808, 600, 328}。RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 2 比特，00 对应于 1000，01 对应于 808，10 对应于 600，11 对应于 328。那么，当 RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 01 时，可以得知该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所能用到的最大 TBS 为 808。此时，其它三个 TBS 应为 404、202 和 101 比特。由于 404、202 和 101 比特的 TBS 值不是如下表 5 NPUSCH 传输块大小表中的数值（参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的表 16.5.1.2-2），我们选择表 5 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下三个 TBS 值：408、208 和 104 比特。

方式 3:

为每一个可能广播的最大 TBS 预先定义四组 TBS, 每组 TBS 中含有 4 个 TBS 值。UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS, 可以知道与所述广播的最大 TBS 相对应的四组 TBS。再由 RAR 上行授予中的 TBS 字符段指示四组 TBS 中的一组 TBS。由此可以得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的一组 TBS, 即 4 个 TBS 值。例如, 1000 比特的 TBS 为基站可能广播的一个最大的 TBS, 为该最大 TBS 预先定义如下四组 TBS: {1000, 504, 256, 120}, {808, 408, 208, 104}, {600, 296, 144, 88}, {328, 176, 88, 56}。RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 2 比特, 通过该字符段可以为 UE 指示四组 TBS 中的一组用于在 Msg3 中进行早期数据传输。

2. 资源的确定

如上所述, 在 NB-IoT RAR 上行授予中增加一个 3 比特的资源分配字符段。其定义与正常的 NPUSCH 调度中的资源分配字符段一样。该 3 比特的资源字符段的定义如表 6 所示 (参见参见非专利文献 3: 3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的表 16.5.1.1-2)。

表 6 NPUSCH 的资源单元数

I_{RU}	N_{RU}
0	1
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	8
7	10

由表 6 可知 NPUSCH 可分配的资源单元数为 1、2、3、4、5、6、8 和 10。我们可以规定 RAR 上行授予中所分配的资源对应于 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输的最大 TBS。也就是说, 如果 UE 选择用最大 TBS 来进行早期数据传输, 则 UE 将在 RAR 上行授予中所分配的资源上发送 Msg3。而用于其它三个 TBS 发送的资源将由 RAR 上行授予中所分配的资源推导出来。例如, 如果 RAR 上行授予中所分配到的资源单元数为 10, 则规定所分配到的 10 个资源单元中的 10、 $\text{ceil}(10/2)=5$ 、 $\text{ceil}(10/4)=3$ 和 $\text{ceil}(10/8)$

=2 个资源单元可分别用于上述 1 小节中所得到的四个 TBS 值的传输。资源单元数由大到小的四个资源单元数对应于 TBS 由大到小的四个 TBS 值；如果 RAR 上行授予中所分配到的资源为 8 个资源单元，则规定所分配到的 8 个资源单元中的 8、 $\text{ceil}(8/2)=4$ 、 $\text{ceil}(8/4)=2$ 和 $\text{ceil}(8/8)=1$ 个资源单元可分别用于上述 1 小节中所得到的四个 TBS 值的传输。资源单元数由大到小的四个资源单元数对应于 TBS 由大到小的四个 TBS 值。上述 10 个资源单元中的 10、5、3 和 2 个资源单元或上述 8 个资源单元中的 8、4、2 和 1 个资源单元的位置是预先确定的。例如，对于所分配到的资源单元为 10 的情况，其 5、3 和 2 个资源单元为所分配到的 10 个资源单元中的前 5、3 和 2 个资源单元；对于所分配到的资源单元为 8 的情况，其 4、2 和 1 个资源单元为所分配到的 8 个资源单元中的前 4、2 和 1 个资源单元。

3. 重复次数的确定

在 RAR 上行授予中有一个 Msg3 repetition number (Msg3 重复次数) 的字符段。该字符段与 Rel-13 NB-IoT RAR 上行授予的定义一样，为 3 个比特，用于指示 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。

对于在 Msg3 中进行早期数据传输而言，上述字符段指示的是某一覆盖增强等级采用最大 TBS 时的 Msg3 NPUSCH 重复传输次数。对于同一覆盖增强等级的其它三个 TBS 值，将采用与最大 TBS 时相同的 Msg3 NPUSCH 重复传输次数。即上述字符段所指示的重复次数作用于同一覆盖增强等级的所有 TBS 值。也即相同的重复次数应用于同一覆盖增强等级的所有 TBS 值。

4. UE 和基站的行为

UE 根据下行参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power: RSRP) 可以知道其自身的覆盖增强等级。当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时，将选择与其覆盖增强等级相对应的 PRACH 资源进行 Msg1 的传输。

基站通过系统广播信息广播每一覆盖增强等级的最大可能的 TBS，或者广播允许 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的数据传输量。或者

基站通过 RAR 上行授予信息通知 UE，当该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时可用的最大 TBS。

UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到，当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时，对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS。或者 UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到，对应于其覆盖增强等级，基站许可该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时最大的数据传输量。

当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时，UE 根据其得到的对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS，可以采用本实施例小节 1 “TBS 值的确定”的方法得到四个 TBS 值；采用本实施例小节 2 “资源的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的上行传输资源；采用本实施例小节 3 “重复次数的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。因此，当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时，UE 根据其想要发送的数据大小选择一个合适的 TBS 值，并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 NPUSCH 的传输。

基站通过接收 Msg1 知道 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输，并且知道该 UE 的覆盖增强等级。基站根据其广播的对应于该 UE 覆盖增强等级的最大 TBS 或根据其在 RAR 上行授予信息中指示的最大 TBS 可以得到该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的 TBS。再采用本实施例小节 1 “TBS 值的确定”的方法得到四个 TBS 值；采用本实施例小节 2 “资源的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的上行传输资源；采用本实施例小节 3 “重复次数的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。因此，基站可以在对应于 4 个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 资源上，以对应于该 4 个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 重复次数盲检 Msg3 PUSCH。从而检出 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所传输的数据。

如果 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所要传输的数据量大于 RAR 上行授予信息中所指示的最大的 TBS，UE 将放弃在 Msg3 中采用早期数据传输来传输 UE 所要传输的数据，而是在 Msg3 中采用早期数据传输的方式来传输已有(Legacy)的 Msg3 信息，即只进行已有的 Msg3 传输。也就是说，UE 根据已有的 Msg3 信息量选择一个适合的 TBS 值，并在与该 TBS 对应

的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 NPUSCH 的传输。而该 Msg3 NPUSCH 所传输的内容只有已有的 Msg3 信息。

方法二：在 RAR 上行授予中用 2 个字符段来指示 TBS、资源单元数和重复次数。其中，用一个字符段统一指示 TBS 和资源单元数，另一个字符段单独指示重复次数。

在现有的 3GPP 有关 NB-IoT 的标准规范中，用于调度 Msg3 NPUSCH 的 RAR UL Grant 有 15 个比特，具体内容如下：

- 上行子载波间隔 Δf ：‘0’ = 3.75 kHz 或 ‘1’ = 15 kHz - 1 比特
- 分配的子载波指示 - 6 比特
- 调度延迟 - 2 bits
- Msg3 重复次数 - 3 bits
- 调制编码方案索引（指示 TBS、调制方式和资源单元数（Resource Unit: RU）） - 3 比特

RAR 上行授予中的调制编码方案索引定义如表 4。有关 NB-IoT RAR UL Grant 的具体内容参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的 16.3.3 小节：窄带随机接入响应授予。

从上述的 RAR 上行授予中，我们可以看没有单独的资源单元分配信息，而是用 3 比特来统一指示包括 TBS、调制方式和资源单元数。由表 4 可以看到，现有 RAR 的上行授予只用到 3 比特的 8 个状态中的 3 个状态来指示 Msg3 NPUSCH 的 TBS、调制方式和资源单元数的组合，还有 5 个状态为预留状态。我们可以利用预留的 5 个状态来为在 Msg3 中进行早期数据传输的 Msg3 NPUSCH 指示 TBS、调制方式和资源单元数。而现有 RAR 上行授予中的其它内容不变。例如，我们可以设计表 7 所示的调制编码方案索引表。

表7: Msg3 NPUSCH的调制编码方案索引

MCS 索引 I_{MCS}	调制		RU数目 N_{RU}	TBS
	$\Delta f = 3.75 \text{ kHz}$ 或 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 以及 $I_{\text{sc}} = 0, 1, \dots, 11$	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 以及 $I_{\text{sc}} > 11$		
'000'	pi/2 BPSK	QPSK	4	88 bits
'001'	pi/4 QPSK	QPSK	3	88 bits
'010'	pi/4 QPSK	QPSK	1	88 bits
'011'	pi/4 QPSK	QPSK	10	TBS3
'100'	pi/4 QPSK	QPSK	8	TBS4
'101'	pi/4 QPSK	QPSK	6	TBS5
'110'	pi/4 QPSK	QPSK	4	TBS6
'111'	pi/4 QPSK	QPSK	2	TBS7

在表 7 中, 前 3 个状态 (或前 3 项) 保留不变, 以支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输, 而不进行早期数据传输。即当 MCS Index 为 '000'、'001' 或 '010' 时, 已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将退回到现有的 Msg3 传输。而当 MCS Index 为 '011'、'100'、'101'、'110' 或 '111' 时, 已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将在 Msg3 中进行早期数据传输。

由于采用 RAR 上行授予中的预留状态指示早期数据传输的 Msg3 NPUSCH 的资源分配, NB-IoT UE 的总 RAR 比特数保持不变。考虑到后向兼容, 可以通过 RAR 中的剩余的预留比特来指示所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还是早期数据传输的上行授予。备选地, 可以随机接入-无线网络临时标识 (Random Access- Radio Network Temporary Identity: RA-RNTI) 来区分所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还早期数据传输的上行授予。

根据 3GPP RAN2 达成的共识, 基站通过接受随机接入 Msg1 可以知道 UE 的覆盖增强等级, 并由覆盖增强等级可以得到 UE 的最大可能的传输块大小或 UE 采用早期数据传输所要发送的最大数据量, 而不可能知道 UE 采用早期数据传输时实际所要发送的数据量。因此, 基站只能根据 UE 最大可能的传输块大小来为 UE 的 Msg3 PUSCH 分配资源和确定其重复发送次数。如果 UE 采用早期数据传输所要发送的上行数据量大大小于最大传输块大小, 将会导致 UE 功率的额外损耗。我们可以针对每一覆盖增强等级的最大传输块大小, 定义一组的 TBS, UE 根据在 Msg3 中进行早期数据传输所要发送的数据量大小选择一个接近其数据大小的 TBS 值以进行早期数据传输。由此, 可以减少 UE 功率的消耗。

1. TBS 值及其对应的资源单元数的确定

方式 1.

设计一个或多个类似表 7 的 MCS 索引表, 例如, 设计 4 个 MCS 索引表。其中, 第一个 MCS 索引表的其前 3 个状态 (或前 3 项) 保留不变, 即与现有的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表中的前 3 项保持一致, 以支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输, 而不进行早期数据传输。即当 MCS Index 为 '000'、'001' 或 '010' 时, 已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将退回到现有的 Msg3 传输。而当 MCS Index 为 '011'、'100'、'101'、'110' 或 '111' 时, 已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将在 Msg3 中进行早期数据传输。而其它三个 MCS 索引表中的所有项都重新设计, 如表 8。

表8: Msg3 NPUSCH的调制编码方案索引

MCS 索引 I_{MCS}	调制		RU 的数目 N_{RU}	TBS
	$\Delta f = 3.75 \text{ kHz}$ 或 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 以及 $I_{\text{sc}} = 0, 1, \dots, 11$	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 以及 $I_{\text{sc}} > 11$		
'000'	pi/4 QPSK	QPSK	10	TBS0
'001'	pi/4 QPSK	QPSK	8	TBS1
'010'	pi/4 QPSK	QPSK	6	TBS2
'011'	pi/4 QPSK	QPSK	5	TBS3
'100'	pi/4 QPSK	QPSK	4	TBS4
'101'	pi/4 QPSK	QPSK	3	TBS5
'110'	pi/4 QPSK	QPSK	2	TBS6
'111'	pi/4 QPSK	QPSK	1	TBS7

如果只有一个 MCS 索引表, 则该 MCS 索引表为上述第一个 MCS 索引表, 即表 7。可以用 RAR 中预留的 5 比特中的 2 个比特来指示当次调度的 Msg3 NPUSCH 所用到的 MCS 索引表。

上述第一个 MCS 索引表 (如表 7) 中的 TBS3、TBS4、TBS5、TBS6 和 TBS7 和其它 3 个 MCS 索引表 (如表 8) 中的 TBS0、TBS1、TBS2、TBS3、TBS4、TBS5、TBS6 和 TBS7 是基站可能广播的最大 TBS 或基站通过 RAR 上行授予可能指示的最大 TBS。上述的 TBS 值可以是一样的, 也可以是不一样或部分不一样。基站通过 RAR 上行授予中的 MCS 索引字符段为 UE 指示一个 MCS 索引值, 由该索引值可以得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所用的资源单元数、TBS 和调制方式。可以规定该 TBS 为 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时能用到的最大 TBS。所指示的资源单元数则对应于该最大 TBS 所用到的资

源单元数，并由该 TBS 得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时能用到的其它的 TBS 值，以及对应于其它 TBS 所用的资源单元数。例如，RAR 上行授予中的 MCS 索引为表 7 中的 ‘011’，其所指示的 TBS1 为 1000 比特，其资源单元数为 10。假设该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时有 4 个 TBS 值可供选择，则其它 3 个 TBS 值可以为： $(1/2) * TBS1 = 500$ 、 $(1/4) * TBS1 = 250$ 和 $(1/8) * TBS1 = 125$ 。由于 500、250 和 125 比特的 TBS 值不是如表 5 NPUSCH 传输块大小表中的数值（参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的表 16.5.1.2-2），我们选择表 5 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下 TBS 值：504 比特、256 比特和 120 比特。而与这 3 个 TBS 值对应的资源单元数为 $\text{ceil}(10/2) = 5$ 、 $\text{ceil}(10/4) = 3$ 和 $\text{ceil}(10/8) = 2$ 。备选地，为每一个在 RAR 上行授予中可能指示到的最大 TBS 定义一组 TBS 值及其对应的一组资源单元数。例如，假设定义一组 TBS 中有 4 个 TBS 值，为 1000 比特的最大 TBS 定义的一组 TBS 值为 {1000, 504, 256, 120}，该组 TBS 对应的资源单元数为 {10, 5, 3, 2}。TBS 组中的 TBS 值与资源单元数组中的资源单元数一一对应，即 TBS 1000 对应于资源单元数 10；TBS 504 对应于资源单元数 5；TBS 256 对应于资源单元数 3；TBS 120 对应于资源单元数 2。上述 10 个资源单元中的 10、5、3 和 2 个资源单元的位置是预先确定的。例如，对于所分配到的资源单元为 10 的情况，其 5、3 和 2 个资源单元为所分配到的 10 个资源单元中的前 5、3 和 2 个资源单元。

方式 2

可以为每一个可能广播的最大 TBS 设计一个类似于表 7 的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表；或者可以为每一覆盖增强等级一个类似于表 7 的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表。所述类似于表 7 的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表，其前 3 个状态（或前 3 项）保留不变，即与现有的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表中的前 3 项保持一致，以支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输，而不进行早期数据传输。即当 MCS Index 为 ‘000’、‘001’ 或 ‘010’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将退回到现有的 Msg3 传输。而当 MCS Index 为 ‘011’、‘100’、‘101’、‘110’ 或 ‘111’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将在 Msg3 中进行早

期数据传输。这样，UE 基于其覆盖增强等级，根据基站为该覆盖增强等级所广播的最大 TBS 来解释或读取 MCS 索引表中的内容。或 UE 根据其覆盖增强等级来解释或读取 MCS 索引表中的内容。备选地，可以设计多个类似于表 7 内容的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表，所述所有的类似于表 7 的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表，其前 3 个状态（或前 3 项）保留不变，即与现有的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表中的前 3 项保持一致，以支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输，而不进行早期数据传输。即当 MCS Index 为 ‘000’、‘001’ 或 ‘010’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将退回到现有的 Msg3 传输。而当 MCS Index 为 ‘011’、‘100’、‘101’、‘110’ 或 ‘111’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将在 Msg3 中进行早期数据传输。可以采用 RAR 中的预留比特来指示所采用的 MCS 索引表。例如，设计了 4 个 MCS 索引表，可以用 2 比特的信息来指示：‘00’ 指示第一个 MCS 索引表，在该表中的前 3 项于表 7 中的内容一样，用于支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输；‘01’ 指示第二个 MCS 索引表；‘10’ 指示第三个 MCS 索引表；‘11’ 指示第四个 MCS 索引表。UE 根据 RAR 中的预留比特来解释 MCS 索引表的内容。由于每一个 MCS 索引表中有 5 个状态可以用于 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时 Msg3 NPUSCH 可用到的 5 种不同的 TBS、调制方式和资源单元数的组合。因此，可以为基站可能广播的每一个最大的 TBS 或每一覆盖增强等级或所设计的多个 MCS 索引表中的每一 MCS 索引表设计不多于 5 种的不同 TBS、调制方式和资源单元数的组合。UE 基于其覆盖增强等级或基于对应于其覆盖增强等级广播的最大 TBS 或基于所接收的 RAR 预留比特就可以得到一个可用于 Msg3 NPUSCH 传输的 MCS 索引表，再由所得到的 MCS 索引表可以得到多个 TBS 及其对应的资源单元数。备选地，可以通过 RAR 中的预留比特来指示 UE 所得到的 MCS 索引表中的哪几个 MCS 索引可用于 Msg3 NPUSCH 传输。如上所述，MCS 索引表中最多有 5 个状态可用于早期数据传输的 Msg3 NPUSCH。因此，可以用 3 比特指示所得到的 MCS 索引表中 5 个 MCS 索引中有几个可用于早期数据传输的 Msg3 NPUSCH。备选地，可以通过 RAR 上行授予中的 MCS 索引表中预留的 5 个状态来指示 UE 所得到的 MCS 索引表中的哪几个 MCS 索引可用于 Msg3

NPUSCH 传输。如上所述，MCS 索引表中最多有 5 个状态可用于早期数据传输的 Msg3 NPUSCH。也就是说，一个 MCS 索引表中最多有 5 个 MCS 索引可用于早期数据传输。因此，可以 5 个预留状态来指示 1、2、3、4 和 5 个可能的 MCS 索引用于早期数据传输。例如，5 个预留状态中的‘011’指示有 1 个 MCS 索引可用于早期数据传输；‘100’指示有 2 个 MCS 索引可用于早期数据传输；‘101’指示有 3 个 MCS 索引可用于早期数据传输；‘110’指示有 4 个 MCS 索引可用于早期数据传输；‘111’指示有 5 个 MCS 索引可用于早期数据传输。

具体是 MCS 索引表中 5 个 MCS 索引哪几个可用于早期数据传输的 Msg3 NPUSCH 可以是预先确定的。例如，RAR 中的预留比特指示有 2 个 MCS 索引可用于早期数据传输的 Msg3 NPUSCH，可以规定是 MCS 索引表中 5 个 MCS 索引‘011’、‘100’、‘101’、‘110’和‘111’中的‘011’和‘100’或者‘011’和‘101’可用于早期数据传输的 Msg3 NPUSCH。UE 由此可以得到 2 个 TBS 值及其对应的 2 个资源单元数可用于早期数据传输的 Msg3 NPUSCH。

方式 3

基站为每一个覆盖增强等级或为基于每一个覆盖增强等级所广播的最大 TBS 配置一个 TBS 及其对应的资源单元数或多个 TBS 及其对应的资源单元数。备选地，我们将表 7 中对应于某一 MCS 索引所含有的参数：调制方式、资源单元数和 TBS 值作为一组参数，我们称之为参数组。基站为每一个覆盖增强等级或为基于每一个覆盖增强等级所广播的最大 TBS 配置一个或多个所述的参数组。UE 基于其覆盖增强等级或基于对应于其覆盖增强等级广播的最大 TBS 可以得到一个或多个 TBS 及其对应的资源单元数，或可以得到一个或多个参数组。从而，得到一个或多个 TBS 值及其对应的一个或多个资源单元数。

2. 重复次数的确定

在 RAR 上行授予中有一个 Msg3 repetition number 的字符段。该字符段与 Rel-13 NB-IoT RAR 上行授予的定义一样，为 3 个比特，用于指示 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。以下以 4 个 TBS 候选值为例进行说明。

对于在 Msg3 中进行早期数据传输而言,上述字符段指示的是某一覆盖增强等级采用最大 TBS 时的 Msg3 NPUSCH 重复传输次数。对于同一覆盖增强等级的其它三个 TBS 值,将采用与最大 TBS 时相同的 Msg3 NPUSCH 重复传输次数。即上述字符段所指示的重复次数作用于同一覆盖增强等级的所有 TBS 值。也即相同的重复次数应用于同一覆盖增强等级的所有 TBS 值。

3. UE 和基站的行为

UE 根据下行参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power: RSRP) 可以知道其自身的覆盖增强等级。当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时,将选择与其覆盖增强等级相对应的 PRACH 资源进行 Msg1 的传输。

基站通过系统广播信息广播每一覆盖增强等级的最大可能的 TBS,或者广播允许 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的数据传输量。或者基站通过 RAR 上行授予信息通知 UE,当该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时可用的最大 TBS。

UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到,当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时,对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS。或者 UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到,对应于其覆盖增强等级,基站许可该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时最大的数据传输量。

当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时,UE 根据其得到的对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS,可以采用本实施例小节 1 “TBS 值及其对应的资源单元数的确定”的方法得到四个 TBS 值及其对应的资源;采用本实施例小节 2 “重复次数的确定”的方法得到对应于所述四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。因此,当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时,UE 根据其想要发送的数据大小选择一个合适的 TBS 值,并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 NPUSCH 的传输。

基站通过接收 Msg1 知道 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输,并且知道该 UE 的覆盖增强等级。基站根据其广播的对应于该 UE 覆盖增强等级的

最大 TBS 或根据其在 RAR 上行授予信息中指示的最大 TBS 可以得到该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的 TBS。再采用本实施例小节 1 “TBS 值及其对应的资源单元数的确定”的方法得到四个 TBS 值及其对应的资源；采用本实施例小节 2 “重复次数的确定”的方法得到对应于所述四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。因此，基站可以在对应于所述四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 资源上，以对应于所述四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 重复次数盲检 Msg3 PUSCH。从而检出 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所传输的数据。

如果 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所要传输的数据量大于 RAR 上行授予信息中所指示的最大的 TBS，UE 将放弃在 Msg3 中采用早期数据传输来传输 UE 所要传输的数据，而是在 Msg3 中采用早期数据传输的方式来传输已有(Legacy)的 Msg3 信息，即只进行已有的 Msg3 传输。也就是说，UE 根据已有的 Msg3 信息量选择一个适合的 TBS 值，并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 NPUSCH 的传输。而该 Msg3 NPUSCH 所传输的内容只有已有的 Msg3 信息。

实施例 3

针对 Rel-15 MTC，为可能采用的多个不同的传输块大小，使用不同的重复次数，在相同的资源大小上进行上行的早期数据传输。

在现有的 3GPP 有关 MTC 的标准规范中，PUSCH 的最小资源分配单位是一个物理资源块 (PRB)，支持 2 种覆盖增强模式：覆盖增强模式 A (CE mode A) 和覆盖增强模式 B (CE mode B)。CE mode A 用于信道状态好，不需要覆盖增强或需要较小的覆盖增强，或者说不需要重复发送或重复发送次数很小的 UE；CE mode B 用于信道状态较差，需要较大或很大的覆盖增强，或者说需要重复发送次数较大或很大的 UE。Msg3 的调度信息由随机接入响应 (Random Access Response: RAR) 的上行授予 (UL Grant) 指示。表 1 是 RAR 上行授予的内容 (参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的表 6-2)。

表中的 “Msg3 PUSCH narrowband index” 栏指示在系统带宽中窄带的位置，在频域上，一个窄带为 6 个连续的物理资源块；“Msg3 PUSCH Resource

allocation”栏指在窄带中为承载 Msg3 的 PUSCH 所分配的资源；“Number of Repetitions for Msg3 PUSCH”栏指承载 Msg3 的 PUSCH 的重复发送次数；“MCS”栏指发送 Msg3 所采用的调制编码等级；“TBS”栏指发送 Msg3 所采用的传输块大小；其它内容就不一一说明了，可以参见非专利文献 3。

上行早期数据传输的 RAR 上行授予的设计可以采用现有的 RAR 上行授予的设计，即总的比特数和所含的字符段不变，而重新解释某些字符段的含义。备选地，可以保持总的比特数不变，而重新设计上行授予的字符段数以及各字符段的内容。考虑到后向兼容，可以通过 RAR 中的预留比特来指示所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还早期数据传输的上行授予。备选地，可以随机接入-无线网络临时标识 (Random Access- Radio Network Temporary Identity: RA-RNTI) 来区分所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还早期数据传输的上行授予。

根据 3GPP RAN2 达成的共识，基站通过接受随机接入 Msg1 可以知道 UE 的覆盖增强等级，并由覆盖增强等级可以得到 UE 的最大可能的传输块大小或 UE 采用早期数据传输所要发送的最大数据量，而不可能知道 UE 采用 EDT 实际所要发送的数据量。因此，基站只能根据 UE 最大可能的传输块大小来为 UE 的 Msg3 PUSCH 分配资源和确定其重复发送次数。如果 UE 采用 EDT 所要发送的上行数据量大大小于最大传输块大小，将会导致 UE 功率的额外损耗。我们可以针对每一覆盖增强等级的最大传输块大小，定义一组的 TBS，UE 根据在 Msg3 中进行早期数据传输所要发送的数据量大小选择一个接近其数据大小的 TBS 值以进行早期数据传输。由此，可以减少 UE 功率的消耗。以下以 CE Mode B 和一组中含有 4 个 TBS 值的情况进行详细说明。主要考虑传输块大小、资源和重复次数的确定等。

1. TBS 值的确定

四个 TBS 值的获得有以下三种方式：

方式 1：

针对某一覆盖增强等级的 UE，其在 Msg3 中进行早期数据传输的最大传输块大小等于依据其覆盖增强等级而广播的最大 TBS (X)。其它的 TBS 值为 $(1/2) * X$ 、 $(1/4) * X$ 和 $(1/8) * X$ 。例如，为覆盖增强等级 1 的 UE 所广播的最大 TBS 为 1000 比特，那么，其它三个 TBS 值为 500 比特、250

比特和 125 比特。由于 500、250 和 125 比特的 TBS 值不是如下表 2 Rel-13 PUSCH 传输块大小表中的数值(参见非专利文献 3:3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的表 7.1.7.2.1-1), 我们选择表 2 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此, 我们可以得到以下 TBS 值: 504 比特、256 比特和 120 比特。

在该方式中, UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS 就可以直接得到四个 TBS 值。因此, 在 Msg3 中进行早期数据传输时, 其 RAR 上行授予中的 TBS 字符段可以不用。

方式 2:

为每一个可能广播的最大 TBS 预先定义一组 TBS, 每组 TBS 中含有 4 个 TBS 值。UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS, 可以知道与所述广播的最大 TBS 相对应的一组 TBS。再由 RAR 上行授予中的 TBS 字符段指示该组 TBS 中的一个 TBS 值。由此所得到的 TBS 值即为所述 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所能用到的最大 TBS (Y)。其它的 TBS 值为 $(1/2) * Y$ 、 $(1/4) * Y$ 和 $(1/8) * Y$ 。例如, 1000 比特的 TBS 为基站可能广播的一个最大的 TBS, 为该最大 TBS 预先定义的一组 TBS 为 {1000, 808, 600, 328}。RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 2 比特, 00 对应于 1000, 01 对应于 808, 10 对应于 600, 11 对应于 328。那么, 当 RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 01 时, 可以得知该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所能用到的最大 TBS 为 808。此时, 其它三个 TBS 应为 404、202 和 101 比特。由于 404、202 和 101 比特的 TBS 值不是如下表 2 Rel-13 PUSCH 传输块大小表中的数值(参见非专利文献 3:3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的表 7.1.7.2.1-1), 我们选择表 2 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此, 我们可以得到以下三个 TBS 值: 408、208 和 104 比特。

方式 3:

为每一个可能广播的最大 TBS 预先定义四组 TBS, 每组 TBS 中含有 4 个 TBS 值。UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS, 可以知道与所述广播的最大 TBS 相对应的四组 TBS。再由 RAR 上行授予中的 TBS 字符段指示四组 TBS 中的一组 TBS。由此可以得到 UE 在 Msg3 中

进行早期数据传输时的一组 TBS，即 4 个 TBS 值。例如，1000 比特的 TBS 为基站可能广播的一个最大的 TBS，为该最大 TBS 预先定义如下四组 TBS： $\{1000, 504, 256, 120\}$ ， $\{808, 408, 208, 104\}$ ， $\{600, 296, 144, 88\}$ ， $\{328, 176, 88, 56\}$ 。RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 2 比特，通过该字符段可以为 UE 指示四组 TBS 中的一组用于在 Msg3 中进行早期数据传输。

2. 资源的确定

在 RAR 上行授予中有一个 Msg3 PUSCH 的资源分配字符段。与 Rel-13 CE mode B 一样，该字符段有 3 个比特，用于指示窄带中的物理资源块 (Physical Resource Block: PRB) 分配。具体内容如表 3 所示。

由表 3 可知，Msg3 PUSCH 所能分配的 PRB 数为 1 个 PRB 或 2 个 PRB。我们可以规定 RAR 上行授予中所分配的资源对应于 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输的最大 TBS。也就是说，如果 UE 选择用最大 TBS 来进行早期数据传输，则 UE 将在 RAR 上行授予中所分配的资源上发送 Msg3。而用于其它三个 TBS 发送的资源与 RAR 上行授予中所分配的资源一样。也就是说，对于本实施例小节 1 “如何得到四个 TBS 值” 所得到的 4 个 TBS 值将采用相同的资源进行早期数据传输。而且，所用的资源为 RAR 上行授予中所分配到的资源。

3. 重复次数的确定

在 RAR 上行授予中有一个 Number of Repetitions for Msg3 PUSCH 的字符段。该字符段与 Rel-13 CE mode B 的定义一样，有 3 个比特，用于指示 Msg3 PUSCH 的重复传输次数。

对于在 Msg3 中进行早期数据传输而言，上述字符段指示的是某一覆盖增强等级采用最大 TBS 时的 Msg3 PUSCH 重复传输次数 (N_{Rep})。对于同一覆盖增强等级的其它三个 TBS 值：TBS2、TBS3 和 TBS4。其中 $\text{TBS2} > \text{TBS3} > \text{TBS4}$ 。其对应的 Msg3 PUSCH 重复传输次数可以由以下方式获得：TBS2 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为： $\text{ceil}((1/2) * N_{\text{Rep}})$ ；TBS3 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为： $\text{ceil}((1/4) * N_{\text{Rep}})$ ；TBS4 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为： $\text{ceil}((1/8) * N_{\text{Rep}})$ 。

4. UE 和基站的行为

UE 根据下行参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power: RSRP) 可以知道其自身的覆盖增强等级。当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, 将选择与其覆盖增强等级相对应的 PRACH 资源进行 Msg1 的传输。

基站通过系统广播信息广播每一覆盖增强等级的最大可能的 TBS, 或者广播允许 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的数据传输量。或者基站通过 RAR 上行授予信息通知 UE, 当该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时可用的最大 TBS。

UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到, 当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, 对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS。或者 UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到, 对应于其覆盖增强等级, 基站许可该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时最大的数据传输量。

当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, UE 根据其得到的对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS, 可以采用本实施例小节 1 “TBS 值的确定”的方法得到四个 TBS 值; 采用本实施例小节 2 “资源的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 的上行传输资源; 采用本实施例小节 3 “重复次数的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 的重复传输次数。因此, 当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, UE 根据其想要发送的数据大小选择一个合适的 TBS 值, 并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 PUSCH 的传输。

基站通过接收 Msg1 知道 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输, 并且知道该 UE 的覆盖增强等级。基站根据其广播的对应于该 UE 覆盖增强等级的最大 TBS 或根据其在 RAR 上行授予信息中指示的最大 TBS 可以得到该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的 TBS。再采用本实施例小节 1 “TBS 值的确定”的方法得到四个 TBS 值; 采用本实施例小节 2 “资源的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 的上行传输资源; 采用本实施例小节 3 “重复次数的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 的重复传输次数。因此, 基站可以在对应于 4 个 TBS 值的

Msg3 PUSCH 资源上, 以对应于该 4 个 TBS 值的 Msg3 PUSCH 重复次数盲检 Msg3 PUSCH。从而检出 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所传输的数据。

如果 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所要传输的数据量大于 RAR 上行授予信息中所指示的最大的 TBS, UE 将放弃在 Msg3 中采用早期数据传输来传输 UE 所要传输的数据, 而是在 Msg3 中采用早期数据传输的方式来传输已有(Legacy)的 Msg3 信息, 即只进行已有的 Msg3 传输。也就是说, UE 根据已有的 Msg3 信息量选择一个适合的 TBS 值, 并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 PUSCH 的传输。而该 Msg3 PUSCH 所传输的内容只有已有的 Msg3 信息。

实施例 4

针对 Rel-15 NB-IoT, 为可能采用的多个不同的传输块大小, 使用不相同的重复次数, 在相同的资源大小上进行上行的早期数据传输。

在现有的 3GPP 有关 NB-IoT 的标准规范中, 用于调度 Msg3 NPUSCH 的 RAR UL Grant 有 15 个比特, 具体内容如下:

- 上行子载波间隔 Δf : ‘0’ = 3.75 kHz 或 ‘1’ = 15 kHz - 1 比特
- 分配的子载波指示 - 6 比特
- 调度延迟 - 2 bits
- Msg3 重复次数 - 3 bits
- 调制编码方案索引 (指示 TBS、调制方式和资源单元数 (Resource Unit: RU)) - 3 比特

RAR 上行授予中的调制编码方案索引定义如表 4。

有关 NB-IoT RAR UL Grant 的具体内容参见非专利文献 3: 3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的 16.3.3 小节: 窄带随机接入响应授予。

从上述的 RAR 上行授予中, 我们可以看没有单独的资源单元分配信息, 而是用 3 比特来统一指示包括 TBS、调制方式和资源单元数。这与正常的 NPUSCH 调度不同, 所述正常的 NPUSCH 调度指由 NPDCCH 承载 NPUSCH 的调度信息, 即由 NPDCCH 来调度 NPUSCH 而非由 RAR 上行授予来调度 NPUSCH。正常的

NPUSCH的调度采用下行控制信息 (Downlink Control Information: DCI) 格式 N0 (DCI Format N0)。其具体内容如下:

- 格式 N0/N1 的区分标记 - 1 比特
- 分配的子载波指示 - 6 比特
- 资源分配 - 3 比特
- 调度延迟 - 2 比特
- 调制编码方案 - 4 比特
- 冗余版本 - 1 比特
- 重复次数 - 3 比特
- 新数据指示 - 1 比特
- DCI 子帧重复次数 - 2 比特

有关DCI format N0的具体描述参见非专利文献4: 3GPP TS 36.212 V13.6.0 (2017-06), 复用与信道编码中的6.4.3.1小节。

而NB-IoT的MAC RAR的具体结构如图3所示(参见非专利文献5: 3GPP TS 36.321 V13.7.0 (2017-09), 媒体接入控制协议规范中的6.1.5小节: RAR的MAC协议数据单元 (Protocol Data Unit: PDU)。

从图3中, 我们可以看出, 虽然RAR上行授予为15比特, 但RAR中有5比特的预留。而正常的NPUSCH调度的资源分配字段只需3比特。因此, 我们利用现有Msg3 NPUSCH的调制编码方案索引预留状态和/或RAR中的预留比特来设计早期数据传输的RAR上行授予或早期数据传输的MAC RAR。

在设计早期数据传输的RAR上行授予时, 现有RAR上行授予的上行子载波间隔、分配的子载波指示和调度延迟字段可以保持不变。主要考虑在Msg3中进行早期数据传输时的Msg3 NPUSCH的TBS、资源单元数和重复次数的确定。以下详细论述几种可能的确定TBS、资源单元数和重复次数的方法。

方法一: 在RAR上行授予中用3个字段分开指示TBS、资源单元数和重复次数

我们可以重新设计NB-IoT UE在Msg3中进行早期数据传输的RAR上行授予。即增加一个3比特的资源分配字段, 其定义与正常的NPUSCH调度

的 DCI format N0 中的资源分配字符段一样。并且保留目前已有 RAR 上行授予中的 MCS 索引字符段，但其大小可以与已有 RAR 上行授予中的 MCS 索引字符段的大小不一样。例如，为 2 比特而非 3 比特。现有 RAR 上行授予中的其它字符段可以保持不变。这样的话，类似于实施例 1 中为 MTC 设计的方法可以应用于 NB-IoT。

由于采用 RAR 中的预留比特指示早期数据传输的 Msg3 NPUSCH 的资源分配，NB-IoT UE 的总 RAR 比特数保持不变。考虑到后向兼容，可以通过 RAR 中的剩余的预留比特来指示所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还是早期数据传输的上行授予。备选地，可以随机接入-无线网络临时标识 (Random Access- Radio Network Temporary Identity: RA-RNTI) 来区分所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还是早期数据传输的上行授予。

根据 3GPP RAN2 达成的共识，基站通过接受随机接入 Msg1 可以知道 UE 的覆盖增强等级，并由覆盖增强等级可以得到 UE 的最大可能的传输块大小或 UE 采用早期数据传输所要发送的最大数据量，而不可能知道 UE 采用早期数据传输时实际所要发送的数据量。因此，基站只能根据 UE 最大可能的传输块大小来为 UE 的 Msg3 PUSCH 分配资源和确定其重复发送次数。如果 UE 采用早期数据传输所要发送的上行数据量大大小于最大传输块大小，将会导致 UE 功率的额外损耗。我们可以针对每一覆盖增强等级的最大传输块大小，定义一组的 TBS，UE 根据在 Msg3 中进行早期数据传输所要发送的数据量大小选择一个接近其数据大小的 TBS 值以进行早期数据传输。由此，可以减少 UE 功率的消耗。以下以一组中含有 4 个 TBS 值的情况进行详细说明。

1. TBS 值的确定

四个 TBS 值的获得有以下三种方式：

方式 1：

针对某一覆盖增强等级的 UE，其在 Msg3 中进行早期数据传输的最大传输块大小等于依据其覆盖增强等级而广播的最大 TBS (X)。其它的 TBS 值为 $(1/2) * X$ 、 $(1/4) * X$ 和 $(1/8) * X$ 。例如，为覆盖增强等级 1 的 UE 所广播的最大 TBS 为 1000 比特，那么，其它三个 TBS 值为 500 比特、250 比特和 125 比特。由于 500、250 和 125 比特的 TBS 值不是如表 5 NPUSCH

传输块大小表中的数值（参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的表 16.5.1.2-2），我们选择表 5 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下 TBS 值：504 比特、256 比特和 120 比特。

在该方式中，UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS 就可以直接得到四个 TBS 值。因此，在 Msg3 中进行早期数据传输时，其 RAR 上行授予中的 TBS 字符段可以不用。

方式 2:

为每一个可能广播的最大 TBS 预先定义一组 TBS，每组 TBS 中含有 4 个 TBS 值。UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS，可以知道与所述广播的最大 TBS 相对应的一组 TBS。再由 RAR 上行授予中的 TBS 字符段指示该组 TBS 中的一个 TBS 值。由此所得到的 TBS 值即为所述 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所能用到的最大 TBS (Y)。其它的 TBS 值为 $(1/2) * Y$ 、 $(1/4) * Y$ 和 $(1/8) * Y$ 。例如，1000 比特的 TBS 为基站可能广播的一个最大的 TBS，为该最大 TBS 预先定义的一组 TBS 为 {1000, 808, 600, 328}。RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 2 比特，00 对应于 1000，01 对应于 808，10 对应于 600，11 对应于 328。那么，当 RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 01 时，可以得知该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所能用到的最大 TBS 为 808。此时，其它三个 TBS 应为 404、202 和 101 比特。由于 404、202 和 101 比特的 TBS 值不是如下表 5 NPUSCH 传输块大小表中的数值（参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的表 16.5.1.2-2），我们选择表 5 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下三个 TBS 值：408、208 和 104 比特。

方式 3:

为每一个可能广播的最大 TBS 预先定义四组 TBS，每组 TBS 中含有 4 个 TBS 值。UE 根据基站为其对应的覆盖增强等级所广播的最大 TBS，可以知道与所述广播的最大 TBS 相对应的四组 TBS。再由 RAR 上行授予中的 TBS 字符段指示四组 TBS 中的一组 TBS。由此可以得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的一组 TBS，即 4 个 TBS 值。例如，1000 比特的 TBS

为基站可能广播的一个最大的 TBS, 为该最大 TBS 预先定义如下四组 TBS: {1000, 504, 256, 120}, {808, 408, 208, 104}, {600, 296, 144, 88}, {328, 176, 88, 56}。RAR 上行授予中的 TBS 字符段为 2 比特, 通过该字符段可以为 UE 指示四组 TBS 中的一组用于在 Msg3 中进行早期数据传输。

2. 资源的确定

如上所述, 在 NB-IoT RAR 上行授予中增加一个 3 比特的资源分配字符段。其定义与正常的 NPUSCH 调度中的资源分配字符段一样。该 3 比特的资源字符段的定义如表 6 所示 (参见参见非专利文献 3: 3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09), 物理层步骤中的表 16.5.1.1-2)。

由表 6 可知 NPUSCH 可分配的资源单元数为 1、2、3、4、5、6、8 和 10。我们可以规定 RAR 上行授予中所分配的资源单元数对应于 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输的最大 TBS。也就是说, 如果 UE 选择用最大 TBS 来进行早期数据传输, 则 UE 将采用 RAR 上行授予中所分配的资源单元数来发送 Msg3。而用于其它三个 TBS 发送的资源单元数与 RAR 上行授予中所分配的资源单元数一样。也就是说, 对于本实施例小节 1 “如何得到四个 TBS 值”所得到的 4 个 TBS 值将采用相同的资源单元数进行早期数据传输。而且, 所用的资源单元数为 RAR 上行授予中所分配到的资源单元数。

3. 重复次数的确定

在 RAR 上行授予中有一个 Msg3 repetition number 的字符段。该字符段与 Rel-13 NB-IoT 的定义一样, 有 3 个比特, 用于指示 Msg3 PUSCH 的重复传输次数。

对于在 Msg3 中进行早期数据传输而言, 上述字符段指示的是某一覆盖增强等级采用最大 TBS 时的 Msg3 PUSCH 重复传输次数 (N_{Rep})。对于同一覆盖增强等级的其它三个 TBS 值: TBS2、TBS3 和 TBS4。其中 $TBS2 > TBS3 > TBS4$ 。其对应的 Msg3 PUSCH 重复传输次数可以由以下方式获得: TBS2 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为: $\text{ceil}((1/2)*N_{Rep})$; TBS3 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为: $\text{ceil}((1/4)*N_{Rep})$; TBS4 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为: $\text{ceil}((1/8)*N_{Rep})$ 。

4. UE 和基站的行为

UE 根据下行参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power: RSRP) 可以知道其自身的覆盖增强等级。当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, 将选择与其覆盖增强等级相对应的 PRACH 资源进行 Msg1 的传输。

基站通过系统广播信息广播每一覆盖增强等级的最大可能的 TBS, 或者广播允许 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的数据传输量。或者基站通过 RAR 上行授予信息通知 UE, 当该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时可用的最大 TBS。

UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到, 当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, 对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS。或者 UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到, 对应于其覆盖增强等级, 基站许可该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时最大的数据传输量。

当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, UE 根据其得到的对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS, 可以采用本实施例小节 1 “TBS 值的确定”的方法得到四个 TBS 值; 采用本实施例小节 2 “资源的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的上行传输资源; 采用本实施例小节 3 “重复次数的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。因此, 当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时, UE 根据其想要发送的数据大小选择一个合适的 TBS 值, 并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 NPUSCH 的传输。

基站通过接收 Msg1 知道 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输, 并且知道该 UE 的覆盖增强等级。基站根据其广播的对应于该 UE 覆盖增强等级的最大 TBS 或根据其在 RAR 上行授予信息中指示的最大 TBS 可以得到该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的 TBS。再采用本实施例小节 1 “TBS 值的确定”的方法得到四个 TBS 值; 采用本实施例小节 2 “资源的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的上行传输资源; 采用本实施例小节 3 “重复次数的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。因此, 基站可以在对应于 4 个 TBS 值的

Msg3 NPUSCH 资源上，以对应于该 4 个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 重复次数盲检 Msg3 PUSCH。从而检出 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所传输的数据。

如果 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所要传输的数据量大于 RAR 上行授予信息中所指示的最大的 TBS，UE 将放弃在 Msg3 中采用早期数据传输来传输 UE 所要传输的数据，而是在 Msg3 中采用早期数据传输的方式来传输已有(Legacy)的 Msg3 信息，即只进行已有的 Msg3 传输。也就是说，UE 根据已有的 Msg3 信息量选择一个适合的 TBS 值，并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 NPUSCH 的传输。而该 Msg3 NPUSCH 所传输的内容只有已有的 Msg3 信息。

方法二：在 RAR 上行授予中用 2 个字符段来指示 TBS、资源单元数和重复次数。其中，用一个字符段统一指示 TBS 和资源单元数，另一个字符段单独指示重复次数。

在现有的 3GPP 有关 NB-IoT 的标准规范中，用于调度 Msg3 NPUSCH 的 RAR UL Grant 有 15 个比特，具体内容如下：

- 上行子载波间隔 Δf ：‘0’ = 3.75 kHz 或 ‘1’ = 15 kHz - 1 比特
- 分配的子载波指示 - 6 比特
- 调度延迟 - 2 bits
- Msg3 重复次数 - 3 bits
- 调制编码方案索引（指示 TBS、调制方式和资源单元数（Resource Unit: RU）） - 3 比特

RAR 上行授予中的调制编码方案索引定义如表 4。有关 NB-IoT RAR UL Grant 的具体内容参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的 16.3.3 小节：窄带随机接入响应授予。

从上述的 RAR 上行授予中，我们可以看没有单独的资源单元分配信息，而是用 3 比特来统一指示包括 TBS、调制方式和资源单元数。由表 4 可以看到，现有 RAR 的上行授予只用到 3 比特的 8 个状态中的 3 个状态来指示 Msg3 NPUSCH 的 TBS、调制方式和资源单元数的组合，还有 5 个状态为预留状态。我们可以利用预留的 5 个状态来为在 Msg3 中进行早期数据传输的 Msg3 NPUSCH 指示

TBS、调制方式和资源单元数。而现有RAR上行授予中的其它内容不变。例如，我们可以设计表7所示的调制编码方案索引表。

在表 7 中，前 3 个状态（或前 3 项）保留不变，以支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输，而不进行早期数据传输。即当 MCS Index 为 ‘000’、‘001’ 或 ‘010’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将退回到现有的 Msg3 传输。而当 MCS Index 为 ‘011’、‘100’、‘101’、‘110’ 或 ‘111’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将在 Msg3 中进行早期数据传输。

由于采用 RAR 上行授予中的预留状态指示早期数据传输的 Msg3 NPUSCH 的资源分配，NB-IoT UE 的总 RAR 比特数保持不变。考虑到后向兼容，可以通过 RAR 中的剩余的预留比特来指示所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还是早期数据传输的上行授予。备选地，可以随机接入-无线网络临时标识（Random Access- Radio Network Temporary Identity: RA-RNTI）来区分所述的 RAR 上行授予是现有的上行授予还早期数据传输的上行授予。

根据 3GPP RAN2 达成的共识，基站通过接受随机接入 Msg1 可以知道 UE 的覆盖增强等级，并由覆盖增强等级可以得到 UE 的最大可能的传输块大小或 UE 采用早期数据传输所要发送的最大数据量，而不可能知道 UE 采用早期数据传输时实际所要发送的数据量。因此，基站只能根据 UE 最大可能的传输块大小来为 UE 的 Msg3 PUSCH 分配资源和确定其重复发送次数。如果 UE 采用早期数据传输所要发送的上行数据量大大小于最大传输块大小，将会导致 UE 功率的额外损耗。我们可以针对每一覆盖增强等级的最大传输块大小，定义一组的 TBS，UE 根据在 Msg3 中进行早期数据传输所要发送的数据量大小选择一个接近其数据大小的 TBS 值以进行早期数据传输。由此，可以减少 UE 功率的消耗。

1. TBS 值及其对应的资源单元数的确定

方式 1.

设计一个或多个类似表 7 的 MCS 索引表，例如，设计 4 个 MCS 索引表。其中，第一个 MCS 索引表的其前 3 个状态（或前 3 项）保留不变，即与现有的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表中的前 3 项保持一致，以支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输，而不进行早

期数据传输。即当 MCS Index 为 ‘000’、‘001’ 或 ‘010’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将退回到现有的 Msg3 传输。而当 MCS Index 为 ‘011’、‘100’、‘101’、‘110’ 或 ‘111’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将在 Msg3 中进行早期数据传输。而其它三个 MCS 索引表中的所有项都重新设计，如表 8。

如果只有一个 MCS 索引表，则该 MCS 索引表为上述第一个 MCS 索引表，即表 7。可以用 RAR 中预留的 5 比特中的 2 个比特来指示当次调度的 Msg3 NPUSCH 所用到的 MCS 索引表。

上述第一个 MCS 索引表（如表 7）中的 TBS3、TBS4、TBS5、TBS6 和 TBS7 和其它 3 个 MCS 索引表（如表 8）中的 TBS0、TBS1、TBS2、TBS3、TBS4、TBS5、TBS6 和 TBS7 是基站可能广播的最大 TBS 或基站通过 RAR 上行授予可能指示的最大 TBS。上述的 TBS 值可以是一样的，也可以是不一样或部分不一样。基站通过 RAR 上行授予中的 MCS 索引字符段为 UE 指示一个 MCS 索引值，由该索引值可以得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所用的资源单元数、TBS 和调制方式。可以规定该 TBS 为 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时能用到的最大 TBS。所指示的资源单元数则对应于该最大 TBS 所用到的资源单元数，并由该 TBS 得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时能用到的其它的 TBS 值。例如，RAR 上行授予中的 MCS 索引为表 7 中的 ‘011’，其所指示的 TBS1 为 1000 比特，其资源单元数为 10。假设该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时有 4 个 TBS 值可供选择，则其它 3 个 TBS 值可以为： $(1/2) * TBS1 = 500$ 、 $(1/4) * TBS1 = 250$ 和 $(1/8) * TBS1 = 125$ 。由于 500、250 和 125 比特的 TBS 值不是如表 5 NPUSCH 传输块大小表中的数值（参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的表 16.5.1.2-2），我们选择表 5 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下 TBS 值：504 比特、256 比特和 120 比特。备选地，为每一个在 RAR 上行授予中可能指示到的最大 TBS 定义一组 TBS 值。例如，假设定义一组 TBS 中有 4 个 TBS 值，为 1000 比特的最大 TBS 定义的一组 TBS 值为 {1000, 504, 256, 120}。

同一资源单元数应用于上述 4 个 TBS 值。该资源单元数由 RAR 上行授予中的 MCS 索引字符段为 UE 所指示 MCS 索引值所得到。

方式 2

可以为每一个可能广播的最大 TBS 设计一个类似于表 7 的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表；或者可以为每一覆盖增强等级一个类似于表 7 的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表。所述类似于表 7 的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表，其前 3 个状态（或前 3 项）保留不变，即与现有的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表中的前 3 项保持一致，以支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输，而不进行早期数据传输。即当 MCS Index 为 ‘000’、‘001’ 或 ‘010’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将退回到现有的 Msg3 传输。而当 MCS Index 为 ‘011’、‘100’、‘101’、‘110’ 或 ‘111’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将在 Msg3 中进行早期数据传输。这样，UE 基于其覆盖增强等级，根据基站为该覆盖增强等级所广播的最大 TBS 来解释或读取 MCS 索引表中的内容。或 UE 根据其覆盖增强等级来解释或读取 MCS 索引表中的内容。备选地，可以设计多个类似于表 7 内容的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表，所述所有的类似于表 7 的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表，其前 3 个状态（或前 3 项）保留不变，即与现有的 Msg3 NPUSCH MCS 索引表中的前 3 项保持一致，以支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输，而不进行早期数据传输。即当 MCS Index 为 ‘000’、‘001’ 或 ‘010’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将退回到现有的 Msg3 传输。而当 MCS Index 为 ‘011’、‘100’、‘101’、‘110’ 或 ‘111’ 时，已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 将在 Msg3 中进行早期数据传输。可以采用 RAR 中的预留比特来指示所采用的 MCS 索引表。例如，设计了 4 个 MCS 索引表，可以用 2 比特的信息来指示：‘00’ 指示第一个 MCS 索引表，在该表中的前 3 项于表 7 中的内容一样，用于支持基站指示已申请在 Msg3 中进行早期数据传输的 UE 退回到现有的 Msg3 传输；‘01’ 指示第二个 MCS 索引表；‘10’ 指示第三个 MCS 索引表；‘11’ 指示第四个 MCS 索引表。UE 根据 RAR 中的预留比特来解释 MCS 索引表的内容。由于每一个 MCS 索引表中有 5 个状态可以用于 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时 Msg3 NPUSCH 可用到的 5 种不同的 TBS、调制方式和资源单元数的组合。因此，可以为基站可能广播的每一个最大的 TBS 或每一覆盖增强等级或所设计的多个 MCS 索引表中的每一

MCS 索引表设计不多于 5 种的不同 TBS、调制方式和资源单元数的组合。UE 基于其覆盖增强等级或基于对应于其覆盖增强等级广播的最大 TBS 或基于所接收的 RAR 预留比特就可以得到一个可用于 Msg3 NPUSCH 传输的 MCS 索引表，再由 RAR 上行授予中的 MCS 索引指示字符段可以知道 MCS 索引表中的 5 个可用于早期数据传输的 MCS 索引中的哪一个 MCS 索引用于当次的 Msg3 NPUSCH 的传输，或者 UE 需要退回现有的 Msg3 的传输。

由所获得的 MCS 索引可以得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所用的资源单元数、TBS 和调制方式。可以规定该 TBS 为 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时能用到的最大 TBS。所指示的资源单元数则对应于该最大 TBS 所用到的资源单元数，并由该 TBS 得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时能用到的其它的 TBS 值。例如，RAR 上行授予中的 MCS 索引为表 7 中的‘011’，其所指示的 TBS1 为 1000 比特，其资源单元数为 10。假设该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时有 4 个 TBS 值可供选择，则其它 3 个 TBS 值可以为： $(1/2) * TBS1 = 500$ 、 $(1/4) * TBS1 = 250$ 和 $(1/8) * TBS1 = 125$ 。由于 500、250 和 125 比特的 TBS 值不是如表 5 NPUSCH 传输块大小表中的数值（参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的表 16.5.1.2-2），我们选择表 5 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下 TBS 值：504 比特、256 比特和 120 比特。备选地，为每一个在 RAR 上行授予中可能指示到的最大 TBS 定义一组 TBS 值。例如，假设定义一组 TBS 中有 4 个 TBS 值，为 1000 比特的最大 TBS 定义的一组 TBS 值为{1000, 504, 256, 120}。

同一资源单元数应用于上述 4 个 TBS 值。该资源单元数由 RAR 上行授予中的 MCS 索引字符段为 UE 所指示 MCS 索引值所得到。

方式 3

基站为每一个覆盖增强等级或为基于每一个覆盖增强等级所广播的最大 TBS 配置一个 TBS 及其对应的资源单元数或多个 TBS 及其对应的资源单元数。备选地，我们将表 7 中对应于某一 MCS 索引所含有的参数：调制方式、资源单元数和 TBS 值作为一组参数，我们称之为参数组。基站为每一个覆盖增强等级或为基于每一个覆盖增强等级所广播的最大 TBS 配置一个或多个所述的参数组。UE 基于其覆盖增强等级或基于对应于其覆盖增强等

级广播的最大 TBS 可以得到一个或多个 TBS 及其对应的资源单元数，或可以得到一个或多个参数组。从而，得到一个或多个 TBS 值及其对应的一个或多个资源单元数。

可以通过 RAR 上行授予中的 MCS 索引表中预留的 5 个状态来指示 UE 所得到一个或多个 TBS 及其对应的资源单元数，或一个或多个参数组中的哪一个 TBS 及其对应的资源单元数或哪一个参数组。例如，有 5 个 TBS 及其对应的资源单元数，或 5 个参数组。则 5 个预留状态中的‘011’可以指示有第一个 TBS 及其对应的资源单元数，或第一个参数组；‘100’可以指示有第二个 TBS 及其对应的资源单元数，或第二个参数组；‘101’可以指示有第三个 TBS 及其对应的资源单元数，或第三个参数组；‘110’可以指示有第四个 TBS 及其对应的资源单元数，或第四个参数组；‘111’可以指示有第五个 TBS 及其对应的资源单元数，或第五个参数组。

由所获得的 TBS 及其对应的资源单元数或参数组可以得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时所用的资源单元数和 TBS。可以规定该 TBS 为 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时能用到的最大 TBS。所指示的资源单元数则对应于该最大 TBS 所用到的资源单元数，并由该 TBS 得到 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时能用到的其它的 TBS 值。例如，RAR 上行授予中的 MCS 索引为表 7 中的‘011’，其所指示的 TBS1 为 1000 比特，其资源单元数为 10。假设该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时有 4 个 TBS 值可供选择，则其它 3 个 TBS 值可以为： $(1/2)*TBS1=500$ 、 $(1/4)*TBS1=250$ 和 $(1/8)*TBS1=125$ 。由于 500、250 和 125 比特的 TBS 值不是如表 5 NPUSCH 传输块大小表中的数值（参见非专利文献 3：3GPP TS 36.213 V13.7.0 (2017-09)，物理层步骤中的表 16.5.1.2-2），我们选择表 5 中最接近上述数值的 TBS 值来替代上述数值。由此，我们可以得到以下 TBS 值：504 比特、256 比特和 120 比特。备选地，为每一个在 RAR 上行授予中可能指示到的最大 TBS 定义一组 TBS 值。例如，假设定义一组 TBS 中有 4 个 TBS 值，为 1000 比特的最大 TBS 定义的一组 TBS 值为{1000, 504, 256, 120}。

同一资源单元数应用于上述 4 个 TBS 值。该资源单元数由 RAR 上行授予中的 MCS 索引字符段为 UE 所指示 TBS 及其对应的资源单元数，或参数组所得到。

2. 重复次数的确定

在 RAR 上行授予中有一个 Msg3 repetition number 的字符段。该字符段与 Rel-13 NB-IoT 的定义一样，有 3 个比特，用于指示 Msg3 PUSCH 的重复传输次数。以下以 4 个 TBS 候选值为例进行说明。

对于在 Msg3 中进行早期数据传输而言，上述字符段指示的是某一覆盖增强等级采用最大 TBS 时的 Msg3 PUSCH 重复传输次数(N_{Rep})。对于同一覆盖增强等级的其它三个 TBS 值：TBS2、TBS3 和 TBS4。其中 $TBS2 > TBS3 > TBS4$ 。其对应的 Msg3 PUSCH 重复传输次数可以由以下方式获得：TBS2 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为： $\text{ceil}((1/2)*N_{Rep})$ ；TBS3 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为： $\text{ceil}((1/4)*N_{Rep})$ ；TBS4 的 Msg3 PUSCH 重复传输次数为： $\text{ceil}((1/8)*N_{Rep})$ 。

3. UE 和基站的行为

UE 根据下行参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power: RSRP) 可以知道其自身的覆盖增强等级。当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时，将选择与其覆盖增强等级相对应的 PRACH 资源进行 Msg1 的传输。

基站通过系统广播信息广播每一覆盖增强等级的最大可能的 TBS，或者广播允许 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的数据传输量。或者基站通过 RAR 上行授予信息通知 UE，当该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时可用的最大 TBS。

UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到，当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时，对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS。或者 UE 通过接收系统广播信息或 RAR 上行授予信息可以得到，对应于其覆盖增强等级，基站许可该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时最大的数据传输量。

当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时，UE 根据其得到的对应于其覆盖增强等级的最大的 TBS，可以采用本实施例小节 1 “TBS 值及其对应

的资源单元数的确定”的方法得到四个 TBS 值及其对应的资源；采用本实施例小节 2 “重复次数的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。因此，当 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输时，UE 根据其想要发送的数据大小选择一个合适的 TBS 值，并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 NPUSCH 的传输。

基站通过接收 Msg1 知道 UE 想在 Msg3 中进行早期数据传输，并且知道该 UE 的覆盖增强等级。基站根据其广播的对应于该 UE 覆盖增强等级的最大 TBS 或根据其在 RAR 上行授予信息中指示的最大 TBS 可以得到该 UE 在 Msg3 中进行早期数据传输时的最大的 TBS。再采用本实施例小节 1 “TBS 值及其对应的资源单元数的确定”的方法得到四个 TBS 值及其对应的资源；采用本实施例小节 2 “重复次数的确定”的方法得到对应于四个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 的重复传输次数。因此，基站可以在对应于 4 个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 资源上，以对应于该 4 个 TBS 值的 Msg3 NPUSCH 重复次数盲检 Msg3 PUSCH。从而检出 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所传输的数据。

如果 UE 在 Msg3 中采用早期数据传输所要传输的数据量大于 RAR 上行授予信息中所指示的最大的 TBS，UE 将放弃在 Msg3 中采用早期数据传输来传输 UE 所要传输的数据，而是在 Msg3 中采用早期数据传输的方式来传输已有(Legacy)的 Msg3 信息，即只进行已有的 Msg3 传输。也就是说，UE 根据已有的 Msg3 信息量选择一个适合的 TBS 值，并在与该 TBS 对应的资源上采用与该 TBS 对应的重复传输次数进行 Msg3 NPUSCH 的传输。而该 Msg3 NPUSCH 所传输的内容只有已有的 Msg3 信息。

下面的编号示例是实施例。

1. 一种进行早期数据传输的方法，包括：

接收随机接入响应消息和广播消息，所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息；

根据所述上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小及其对应的资源和重复次数；根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数。以及

根据所要发送的上行数据的大小选择一个合适的传输块大小的候选值及其对应的资源和重复次数在随机接入消息 3 中进行早期数据传输。

2. 根据示例 1 所述的方法，其中，确定所述允许的最大传输块大小，包括：

以基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小作为所述进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。

3. 根据示例 1 所述的方法，其中，所述上行授予还包括指示所述允许的最大传输块大小的索引信息，并且，确定所述允许的最大传输块大小，包括：

根据所述索引信息，从与基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的一组传输块大小中确定进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。

4. 根据示例 1 所述的方法，其中，

每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间存在预定的映射关系；或者

每个允许的最大传输块大小预先关联有一组可用传输块大小的候选值。

5. 根据示例 1 所述的方法，其中，所述上行授予包括的指示资源分配的信息包括：指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的资源分配的信息。

6. 根据示例 1 所述的方法，其中，所述上行授予包括的指示重复次数的信息包括：

指示对应于用户设备的覆盖增强等级的统一重复次数的信息；或者

指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的重复次数的信息。

7. 一种用户设备，包括：

接收单元，配置为：接收随机接入响应消息和广播消息，所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息；

处理单元，配置为：根据所述上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小使用的传输块大小、及其对应的资源分配和

重复次数；根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数；以及

发送单元，配置为：根据所要发送的上行数据的大小选择一个合适的传输块大小的候选值及其对应的资源和重复次数在随机接入消息 3 中进行早期数据传输。

8. 根据示例 7 所述的用户设备，其中，所述处理单元进一步配置为：

以基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小作为所述进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。

9. 根据示例 7 所述的用户设备，其中，所述上行授予还包括指示所述允许的最大传输块大小的索引信息，并且，所述处理单元进一步配置为：

根据所述索引信息，从与基站广播的对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小预关联的一组传输块大小中确定进行早期数据传输时允许的最大传输块大小。

10. 根据示例 7 所述的用户设备，其中，

每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间存在预定的映射关系；或者

每个允许的最大传输块大小预先关联有一组可用传输块大小的候选值。

11. 根据示例 7 所述的用户设备，其中，所述上行授予包括的指示资源分配的信息包括：指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的资源分配的信息。

12. 根据示例 7 所述的用户设备，其中，所述上行授予包括的指示重复次数的信息包括：

指示对应于用户设备的覆盖增强等级的统一重复次数的信息；或者

指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的重复次数的信息。

13. 一种进行早期数据传输的方法，包括：

发送随机接入响应消息和广播消息，所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息；

根据所述上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传

传输块大小及其对应的资源和重复次数；根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数；以及

基于可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数盲解调检测用户设备在随机接入消息 3 中进行的早期数据传输。

14. 根据示例 13 所述的方法，其中，确定允许的最大传输块大小，包括：

以对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小作为所述允许的最大传输块大小。

15. 根据示例 13 所述的方法，其中，所述上行授予还包括指示允许的最大传输块大小的索引信息。

16. 根据示例 13 所述的方法，其中，

每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间存在预定的映射关系；或者

每个允许的最大传输块大小预先关联有一组可用传输块大小的候选值。

17. 根据示例 13 所述的方法，其中，所述上行授予包括的指示资源分配的信息包括：指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的资源分配的信息。

18. 根据示例 13 所述的方法，其中，所述上行授予包括的指示重复次数的信息包括：

指示对应于用户设备的覆盖增强等级的统一重复次数的信息；或者

指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的重复次数的信息。

19. 一种基站，包括：

发送单元，配置为：发送随机接入响应消息和广播消息，所述随机接入响应消息包括用于用户设备进行早期数据传输的上行授予，其中所述上行授予包括指示资源分配的信息和指示重复次数的信息；

处理单元，配置为：根据所述上行授予和/或广播消息确定在早期数据传输时允许的最大传输块大小使用的传输块大小、及其对应的资源分配和重复次数；根据允许的最大传输块大小得到可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数；

接收单元，配置为：基于可用传输块大小的候选值以及每一候选值所对应的资源和重复次数盲解调检测用户设备在随机接入消息 3 中进行的早期数据传输。

20. 根据示例 19 所述的基站，其中，确定所述允许的最大传输块大小，包括：

以对应于用户设备的覆盖增强等级的最大传输块大小作为所述允许的最大传输块大小。

21. 根据示例 19 所述的基站，其中，所述上行授予还包括指示所述允许的最大传输块大小的索引信息。

22. 根据示例 19 所述的基站，其中，

每个允许的最大传输块大小与其关联的一组可用传输块大小的候选值之间存在预定的映射关系；或者

每个允许的最大传输块大小预先关联有一组可用传输块大小的候选值。

23. 根据示例 19 所述的基站，其中，所述上行授予包括的指示资源分配的信息包括：指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的资源分配的信息。

24. 根据示例 19 所述的基站，其中，所述上行授予包括的指示重复次数的信息包括：

指示对应于用户设备的覆盖增强等级的统一重复次数的信息；或者

指示对应于在用户设备的覆盖增强等级上采用允许的最大传输块大小时的重复次数的信息。

25. 一种用户设备，包括：

处理器；以及

存储器，所述存储器上存储有机器可读指令，所述指令在由所述处理器执行时，使所述处理器执行根据示例 1~6 中任一项所述的方法。

26. 一种基站，包括：

处理器；以及

存储器，所述存储器上存储有机器可读指令，所述指令在由所述处理器执行时，使所述处理器执行根据示例 13~18 中任一项所述的方法。

27. 一种机器可读介质，其上存储有机器可读指令，所述指令在由至少

一个处理器执行时，使所述至少一个处理器执行根据示例 1~6 中或 13~18 中任一项所述的方法。

上文已经结合优选实施例对本发明的方法和涉及的设备进行了描述。本发明提供了用于在随机接入过程中进行早期数据传输的方案，其可以提高数据传输效率，降低 UE 的功耗，和/或提高资源利用率。

本领域技术人员可以理解，上面示出的方法仅是示例性的。本发明的方法并不局限于上面示出的步骤和顺序。上面示出的基站和用户设备可以包括更多的模块，例如还可以包括已经开发的或者将来开发的可用于基站或 UE 的模块等等。上文中示出的各种标识仅是示例性的而不是限制性的，本发明并不局限于作为这些标识的示例的具体信元。本领域技术人员根据所示实施例的教导可以进行许多变化和修改。

应该理解，本发明的上述实施例可以通过软件、硬件或者软件和硬件两者的结合来实现。例如，上述实施例中的基站和用户设备内部的各种组件可以通过多种器件来实现，这些器件包括但不限于：模拟电路器件、数字电路器件、数字信号处理（DSP）电路、可编程处理器、专用集成电路（ASIC）、现场可编程门阵列（FPGA）、可编程逻辑器件（CPLD），等等。

在本申请中，“基站”是指具有较大发射功率和较广覆盖面积的移动通信数据和交换中心，包括资源分配调度、数据接收发送等功能。“用户设备”是指用户移动终端，例如包括移动电话、笔记本等可以与基站或者微基站进行无线通信的终端设备。

此外，这里所公开的本发明的实施例可以在计算机程序产品上实现。更具体地，该计算机程序产品是如下的一种产品：具有计算机可读介质，计算机可读介质上编码有计算机程序逻辑，当在计算设备上执行时，该计算机程序逻辑提供相关的操作以实现本发明的上述技术方案。当在计算系统的至少一个处理器上执行时，计算机程序逻辑使得处理器执行本发明实施例所述的操作（方法）。本发明的这种设置典型地提供为设置或编码在例如光介质（例如 CD-ROM）、软盘或硬盘等的计算机可读介质上的软件、代码和/或其他数据结构、或者诸如一个或多个 ROM 或 RAM 或 PROM 芯片上的固件或微代码的其他介质、或一个或多个模块中的可下载的软件图像、共享数据库等。软件或固件或这种配置可安装在计算设备上，以使得计算

设备中的一个或多个处理器执行本发明实施例所描述的技术方案。

尽管以上已经结合本发明的优选实施例示出了本发明，但是本领域的技术人员将会理解，在不脱离本发明的精神和范围的情况下，可以对本发明进行各种修改、替换和改变。因此，本发明不应由上述实施例来限定，而应由所附权利要求及其等价物来限定。