

请发明人员自行

复印和保留复本

**发**

**明**

**报**

**告**

**书**

**(1)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 提交日： 年 月 日 | 将以本报告书为基础进行专利检索和申请，以下**\***部分为必填项目。 | | |
| **\***发明名称(**中+英**)：一种联邦学习中，基于sidelink增强的 性能提升方案 及 用户选择机制。  A performance improvement and UE selection scheme based on sidelink enhancement in federated learning | | | |
| **\***发明概要：(请用100字左右总结该发明)  此专利考虑联邦学习（FL）中，通信不可靠的问题。即参与联邦学习的UE，在上行传输时可能发生错误，本地模型无法被gNB/Server正确接收。针对FL的聚合的特征，将上行链路较差的典型UE（typical UE）的本地模型，通过sidelink传输至 参与FL的临近UE。临近UE将自己的本地模型和典型UE的本地模型聚合后上传至gNB/Server，以解决不可靠通信（unreliable communication）问题。此方案优点在于，临近UE的上行通信链路没有增加额外的负载。此外，该方案在提升系统性能的同时，将会对FL中的用户选择造成影响。 | | | |
| **\***Inventor Information Sheet(超过两位请另填Excel附件)  1. 发明人是指对本发明区别于现有技术的部分作出实质性贡献的人员。  2. 发明人员中包括公司外人员，或者本发明是与其他单位联合研发时，请明确注明。   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  | 第一发明人 | 第二发明人 | | 英文名（拼音） | Ce ZHENG |  | | 中文名 | 郑策 |  | | 员工号 | 700027697 |  | | 所属单位/部门/联系电话 |  |  | | 居住地 (做出发明时所在的居住地) | Beijing, China |  | | 国籍 | China |  | | 中文通信地址 | 北京市朝阳区新源南路1号平安国际金融中心商业栋3层301室 100027 |  | | 英文通信地址 | Room 301, 3/F, Commercial Podium, Ping An International Financial Center，No.1 South Xinyuan Rd. Chaoyang District, Beijing 100027 Beijing China |  | | 电子邮箱 |  |  | | 身份证号（中国籍的第一发明人须填写） | 231121199110150635 | N/A | | | | |
| **\***技术领域(e.g. 移动通信LTE-A)：  **\***涉及具体项目：□是，项目名称 □否  **\***涉及技术标准：□是，标准名称 □否  发明独特性：□唯一解法 □少数解法中的一种 □多种解法中的一种 | | | **\***研发状态：  □创意阶段  □研发/试作阶段  □产品化阶段，机型 | |
| **\***公开计划：  □无 □有，预定日期  公开方式：  □展示 □销售 □订货 □出厂 □发表论文 □其它 | | **\***现有技术调查：□未调查 □已调查  检索结果：（与发明重点相关的参考文献或专利申请号。空间不够时请添加附件） | | |

以下评价表格为**部门填写**：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 统括课长 | **\***技术及市场角度综合评价（请领导填写） | 统括部长 | 知产负责人 |
|  | □重点，原因  □一般  □不申请，原因  （e.g.无保护必要，可对外公开；以商业秘密等其他形式保护） |  |  |
| 意见： | | | |

**发**

**明**

**报**

**告**

**书**

(2)

**发明的重点**

专利说明书中的[权利要求范围]（CLAIM）的栏目内容。发明的要点（CLAIM）**至少7项**，其中，第1项发明重点应当包括对最主要创新点的概括，其他项发明重点可以是在第1项基础上附加的创新点的概括，并且请对每一项发明重点中包含的创新点所带来的技术问题及效果进行说明。

|  |  |
| --- | --- |
| **权利要求** | **技术问题及效果** |
| 1. **一种联邦学习下，sidelink增强的性能提升方案**   该方案包括四种场景下的解决方案：  场景1：双用户场景（单向UE Pair），单方向边侧链路（one-way sidelink）；  场景2：双用户场景（双向UE Pair），双方向边侧链路（two-way sidelink）；  场景3：多用户场景（Centralized M-UE group），单方向边侧链路（one-way sidelink）；  场景4：多用户场景（Decentralized M-UE group），全方向边侧链路（full-way sidelink）。  定义： **本地模型成功贡献概率**，即UE#m的模型最终参与gNB或server端的全局聚合 的 概率。 当不考虑sidelink增强的上述四种解决方案时，该概率等于模型通过上行链路成功传输的概率。 | **此权利要求为本专利的主要创新点**。  **传统FL，上行传输失败，该模型便无法参与最终聚合。** |
| 1. 根据权利要求1，场景1为两相邻用户，存在单向的sidelink。即UE#1和UE#2，存在 UE#1🡪UE#2 的sidelink。 2. UE#1通过sidelink发送本地模型至UE#2处； 3. UE#2将 接收到的模型和自己的本地模型聚合，得到。 随后将聚合后的模型 通过Uplink上传至gNB； 4. 此外，UE#1仍然需要通过Uplink上传本地模型至gNB。   该方案下，UE#1或UE#2的Uplink传输成功（即 或者）， 都可以保证UE#1的本地模型 -- 最终用于全局聚合。  因此，可以提升UE#1的 本地模型成功贡献概率，进一步提升FL性能。 | 场景1：UE端的操作 |
| 1. 根据权利要求1，场景2为两相邻用户，存在双向的sidelink。即UE#1和UE#2，存在 UE#1🡪UE#2 和 UE#2🡪UE#1 的sidelink。 2. UE#1通过sidelink发送本地模型至UE#2处； 3. UE#2通过sidelink发送本地模型至UE#1处； 4. UE#2将 接收到的模型和自己的本地模型聚合，得到。随后将聚合后的模型 通过Uplink上传至gNB； 5. UE#1将 接收到的模型和自己的本地模型聚合，得到。随后将聚合后的模型 通过Uplink上传至gNB。   该方案下，UE#1或UE#2的Uplink传输成功（即 或者），都可以保证 UE#1和UE#2的本地模型 --- 和最终用于全局聚合。  因此，可以提升UE#1和UE#2的 本地模型成功贡献概率，进一步提升FL性能。 | 场景2：UE端的操作 |
| 1. 根据权利要求1，场景3为相邻多用户（假设用户数为M），存在**指向同一中心UE的sidelink**。即UE#1,…,UE#M，存在 UE#1🡪UE#M 和 UE#(M-1)🡪UE#M 的sidelink，UE#M为中心UE。 2. UE#1,…,UE#(M-1) 通过sidelink发送 各自本地模型,…,至UE#M处； 3. UE#M将 接收到的本地模型,…,和自己的本地模型聚合，得到。将聚合后的模型 通过Uplink上传至gNB； 4. 此外，UE#1,…,UE#(M-1)仍然需要通过Uplink上传本地模型至gNB。   该方案下，UE#i(i=1,…,M-1)或UE#M的上行链路传输成功（即 或者），都可以保证UE#i的本地模型 -- 最终用于全局聚合。  因此，可以提升UE#i的 本地模型成功贡献概率，进一步提升FL性能。 | 场景3：UE端的操作 |
| 1. 根据权利要求1，场景4为相邻多用户（假设用户数为M），每两个用户之间均存在双向的sidelink。即UE#1,…,UE#M，存在 UE#i🡪UE#j 和 UE#j🡪UE#i 的sidelink (i=1,…,M; j=1,…,M)。 2. UE#1通过sidelink发送本地模型至M个UE中的其他UE，即UE#2,…,UE#M 3. UE#2通过sidelink发送本地模型至M个UE中的其他UE，即UE#1, UE#3,…,UE#M; 4. 依此类推，最终每个UE处均拥有M个UE的本地模型； 5. 每个UE将其所拥有的M个本地模型聚合，将聚合后的模型 通过Uplink上传至gNB。如UE#m，进行模型聚合后得到 ，将聚合后的模型上传。   该方案下，M个UE中的任意一个UE的上行链路传输成功（即 或或…或），都可以保证M个UE的本地模型 -- ,…, 最终用于全局聚合。  因此，可以提升UE#1,…,UE#M 的 本地模型成功贡献概率，进一步提升FL性能。 | 场景4：UE端的操作 |
| 1. **根据权利要求1-5，**   场景1中，sidelink上的模型传输失败时，场景1演变为传统的联邦学习过程。  场景2中，其中单方向sidelink上的模型传输失败时，场景2演变为场景1。当两个sidelink同时传输失败时，场景2演变为传统的联邦学习过程。  场景3中，当单方向sidelink上的模型传输失败时，该场景由 M个UE 变为 M-1个UE，即剔除sidelink传输失败的**发送UE**。该UE依然可以通过上行链路传输本地模型。同理，多(K)个sidelink的模型传输失败时，依此类推(M-K)个UE。当M-K=2时，场景3演变为场景2。  场景4中，当单个sidelink上的模型传输失败时，可采用以下方式：同时剔除sidelink上模型传输失败的**发送UE**和**接收UE**。该场景由 M个UE 变为 M-2个UE。被剔除的两个UE组对演变为场景1，依然可以参与联邦学习。同理，多个sidelink的模型传输失败时，依此类推。 | Sidelink传输失败如何处理 |
| 1. 一种位于UE#i端的设备，用于：   1). 收集和上报UE#i的本地信息；  2). 接收来自gNB的指示信息及全局模型；  3). 基于本地数据和来自gNB的全局模型，完成本地模型的训练更新；  4). 根据gNB的指示信息 和/或 来自于其他UE的指示信息，执行模型的发送、接收、聚合等操作，包括  5). （可能）接收来自于其他UE的指示信息；  6). （可能）向其他UE发送该UE的指示信息 | UE端设备 |
| 1. 一种位于gNB端的设备，用于：   1). 接收来自于UE的本地信息；  2). 基于本地信息，进行**用户选择及生成指示信息**；  3). 接收来自于UE的本地模型或本地聚合模型；  4). 基于所有接收到的 模型和本地信息，结合上行链路的传输（模型是否成功接收），进行全局模型聚合；  5). 广播 聚合后的全局模型 至各UE； | gNB或server端设备 |
| 1. **根据权利要求7，**包括：   a). 该UE的位置信息；  b). 该UE本身的上下行链路的通信质量，RSRP，RSRQ，RSRI，SNR等；  3). 该UE与其他UE之间的sidelink状态，如 是否存在sidelink连接，对应的sidelink的RSRP，RSRQ，RSRI，SNR等；  4). 该UE的计算能力（如CPU占用率），UE本身的数据量大小等；  5). 该UE对其他UE的信任程度，即同意将自己的本地模型发送至哪些UE;  6).（可能）该UE的sidelink上的模型传输是否成功，哪些sidelink传输成功或失败---该信息用来指示UE端的模型聚合； | 创新点：  1. 需要上报**sidelink状态**给gNB或者server，用于FL的用户选择。传统的联邦学习不需要考虑sidelink。  2. 用户的信任程度。  3. 可能需要上报sidelink上的模型传输是否成功给gNB或server。 |
| 1. **根据权利要求7- 4). 和 8-2).，**来自gNB的指示信息 包括：   1). **该UE是否被选中参与联邦学习**；  2). 该UE是否需要通过sidelink发送本地模型至其他UE，发送至哪些UE;  3). 该UE是否需要通过sidelink接收来自于其他UE的本地模型，接收来自于哪些UE的本地模型；  4). 该UE的uplink/downlink和sidelink的资源分配信息；  5). （可能）该UE要选取哪些其他UE的本地模型进行本地聚合 |  |
| 1. **根据权利要求7，**执行发送，接收，聚合等操作，包括   1). 接收来自于gNB的全局模型； --- 即 权利要求7中的 2).  2). 接收来自于其他UE的本地模型；  3). 向其他UE发送该UE的本地模型；  4). 将UE#i的本地模型和接收到的其他UE的本地模型进行 模型聚合；  5). 上传UE#i的本地模型或者聚合后的模型至gNB； |  |
| 1. **根据权利要求7，**5). – 6).中的指示信息用来指示UE端的模型聚合，可以是：   1). UE的sidelink上的模型传输是否成功，哪些sidelink传输成功或失败  或  2). UE的本地模型是否参与本地聚合 | 与权利要求6. 相对应。  场景4中sidelink传输失败 两种方式：  1.传输失败上报至gNB，gNB做决策，组内剔除UE参与本地聚合（即权利要求8中的6)和权利要求9）  2. 直接发送给组内其他UE，告知传输失败，不参与本地聚合。  **创新点：向其他UE告知本UE的sidelink传输是否成功。** |

（超出10项请追加）

**中英文关键词：**

FL --- Federated Learning 拆分学习/分割学习（CCSA的白皮书输入报告中，使用的是分割学习）

UE --- User Equipment 用户设备

Sidelink --- 边侧链路

专利说明书中描述[现有技术]的栏目。请尽可能引用专利公报、学术论文、标准提案等来说明现有技术，例如**概括若干文献中的技术方案**并说明其欠缺点。

**现有技术及其问题点**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **General background** | 1. **Federated Learning** 2. **V2X** | | |
| **具体内容：** | | | |
| **TS/TR SPEC**  **（if possible）** | **SPEC No.** | | **TR 38.331 TS 22.186** |
| **Chapter No.** | | **6.3.2** |
| **具体内容（直接粘贴-与你技术方案相关的）-<如果标准化，会对标准的哪个章节有影响？>：**   1. **TR 22.874** AMMT   7. Split AI/ML operation between AI/ML endpoints   1. **TR 22.876** Study on AI/ML Model Transfer Phase2 2. **TR 23.700-80** **Key issue#3**: 5GC Information Exposure to authorized 3rd party for Application Layer AI / ML Operation:   It is required for 5GC to expose different types of assistance information to AF for AI / ML operation. This KI will study the following aspects:  - Whether and what assistance information and events are exposed from 5GS to AF, more specifically, the prediction of UE and/or network conditions and performance (e.g. location, QoS, load, Congestion, etc.) as described in TS 22.261 [2]? How?  将5GS的参数，特别是sidelink暴露给AF。发送接收UE的sidelink传输成功与否信息暴露给其他UE。  NOTE: User consent is assumed only for UE-related information. Coordination with SA WG3 on exposing UE-related information to an AF is required to ensure privacy and security requirements are met | | | |
| **Meeting/agreements** | **Meeting No.** | |  |
| **Meeting date** | |  |
| **SPEC No.** | |  |
| **具体内容（直接粘贴）：** | | | |
| **Techical Problem** | | | |
|  | | | |
| **Existing solution for above problem** | | **Other companies’ proposals (one or more)?** | |
| **Company/Tdoc No.** |  |
|  | |  | |
|  | | | |
| **Disadvantage or problem of above existing solution** | | | |
| **解决方案具体说明(可把要点粘贴，并作必要的解释说明)：** | | | |
| **Summary of potential standardized points(你认为可能标准化的点列出来，以标准的形式，like proposal)**  SA1 和SA在Release-19提的WID “Study on AI/ML Model Transfer Phase 2” 。文件是SP-220439 “**Distributed AI training/inference based on direct device connection**”. The objectives are to study new use cases and potential service and performance requirements to support efficient AI/ML operations using direct device connection , including:Distributed AI training/inference based on direct device connection, e.g. traffic KPIs, different QoS and functional requirements on slidelink transmission.Charging and security aspects. **主要是考虑了Federated Learning 下的Learning，考虑Learning下，结合联邦学习模型聚合的特征，如何使用sidelink提升系统性能，以及对UE的选择影响。** | | | |

**发**

**明**

**报**

**告**

**书**

(3)

1. 请写明为了实现此发明、你认为最佳的实施状态是怎样的（包括发明所要使用的设备、系统及重要部件等全部内容）。
2. 请尽可能详细写明此发明重要部件的结构、运行方式、作用等。
3. **请写出由此发明引申出的、其他相近似的方案的至少两个示例。**
4. **对于所列出的公式请说明公式整体含义及各个参数的具体含义，并给出可选的其他公式示例。**

注 参照图纸、图表、流程图等资料时，请编号进行说明、描述；如果有技术报告等材料，请充分利用，加以辅助说明。

发明的具体说明

专利说明书中关于[实施实例]的部分。请按照下列顺序加以详细说明。

Beijing

1. **发明背景**
   1. **联邦学习（Federated Learning, FL）基本原理**

联邦学习网络结构如图1所示

图形用户界面

低可信度描述已自动生成

图1. 传统的联邦学习网络结构

以FedAvg算法为例，各用户（User Equipment, UE）通过无线信道接入聚合节点（aggregator，如Server或gNB）进行通信，将本地所学习到的模型上传至gNB，gNB进行聚合后再下发至各设备。具体流程如下：

1). 各UE接入gNB，通过gNB下行链路传输，获取初始全局学习模型；

2). 各UE使用存储在本地的数据进行学习，完成一次或次本地模型更新的迭代更新；

3). 各UE通过上行链路，将学习到的本地模型上传至gNB；

4). gNB将收集到的来自各设备的本地模型进行聚合

其中，

5). gNB将更新后的全局模型再次下发到各设备，运行 2). -- 4). 直至模型收敛。

**为UE#k的数据量。**

* 1. **不可靠通信问题**

如图2所示，由于通信的不可靠性，部分UE的本地模型可能无法成功上传至gNB，如远端用户（distant UE）。此时，全局模型的更新，即公式（1）变为：

其中，

其中，，表示UE#k的模型成功上传，表示UE#k的模型传输失败。

**通信的不可靠性的存在，会使得聚合后的 全局模型 向 通信质量较好的UE偏斜。同时，参与聚合的本地模型减少。最终导致FL的性能下降。**

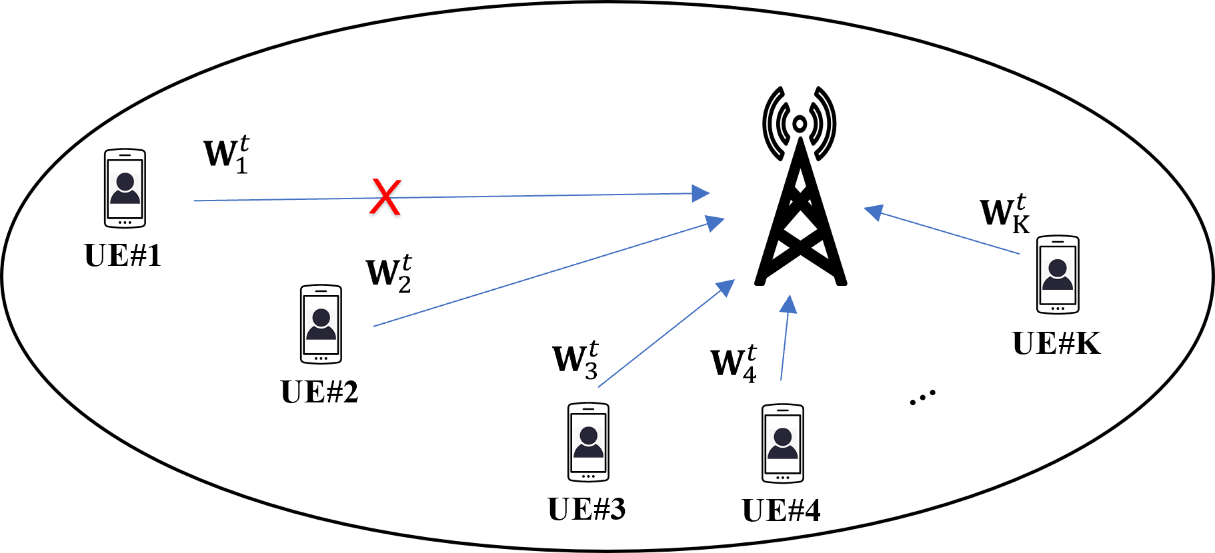
****

图2.

1. **解决方案及发明内容**

为了解决1.2小节中描述的不可靠通信问题，我们结合FL的聚合特性，我们给出通用的解决方案：对于通信质量较差的典型UE，在正常上传本地模型的同时，还可以将本地模型通过sidelink传输至（也参与FL的）临近UE。临近UE将自己的本地模型 和 典型UE的本地模型 聚合后，在上传至gNB。

* + 1. **在不增加UE的上行链路数据量的情况下增加各个UE（尤其是上行链路通信质量较差的UE）的本地模型对于全局模型的贡献率，进而避免全局模型向通信质量较好的UE的偏斜，从而整体上提高联邦学习的效率。此外，根据本公开，可以适当放宽联邦学习的参与标准，从而使更多UE参与联邦学习，或者能够确保期望的UE能够参与到联邦学习中。**

接下来，我们给出四种场景下可行的**具体解决方案（其中场景1和2可以认为是场景3和4的特例）**：

* 1. **场景1：**双用户场景（单向UE Pair），单方向边侧链路（one-way sidelink）。

解决方案#1：不失一般性，假设典型UE#1选择临近UE#2。即存在单向的sidelink: UE#1🡪 UE#2，UE#2为主UE。

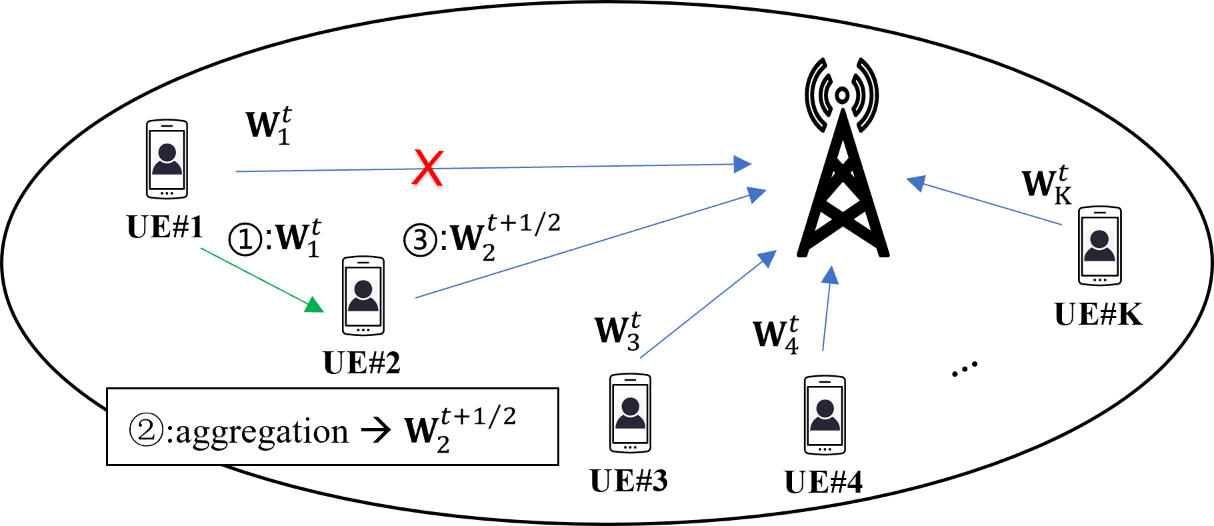


图3.

如图3所示，

1). UE#1 完成本地模型更新后，将本地模型传输至UE#2;

2). UE#2 将本地模型与进行聚合:

3). UE#2 将上传至gNB参与全局聚合。

4). gNB进行全局聚合。公式(1)变为：

其中，

即UE#2传输成功时，无需再考虑UE#1的传输。

根据式（6）和式（7），当UE#1和UE#2中的至少一个传输成功时，UE#1的模型将贡献于全局模型的聚合。

**具体分析：**假设UE#1上行传输模型的成功概率为，失败的概率为；UE#2上行传输模型 或者 的概率为，失败的概率为。

注： 和 具有相同的网络结构，因此可以认为的模型大小（model size）相同，所以传输成功概率相同。

不使用该解决方案，UE#1的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：

使用该解决方案，UE#1的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：

因此，UE#1的模型最终成功贡献于全局模型聚合的**概率提升了**。

此外， UE可以 1). 先将 sidelink的传输成功/失败直接上报至gNB，gNB接收后下发聚合的决策；

或者 2). 直接聚合或上传本地模型，与此同时上传模型对应的UE。如图3-1，3-2，3-3，3-4所示。

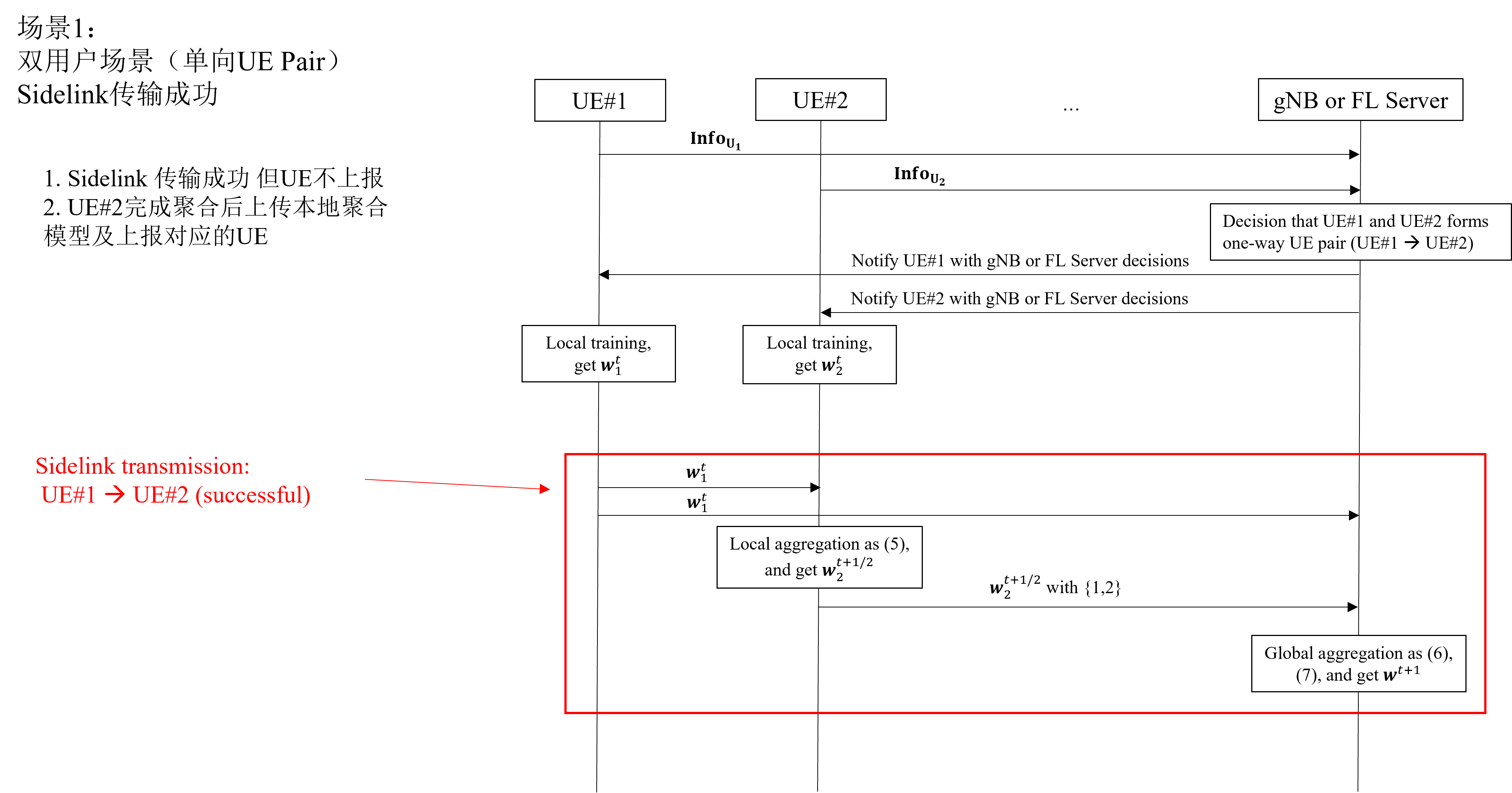


图3-1

图形用户界面, 应用程序

描述已自动生成

图3-2

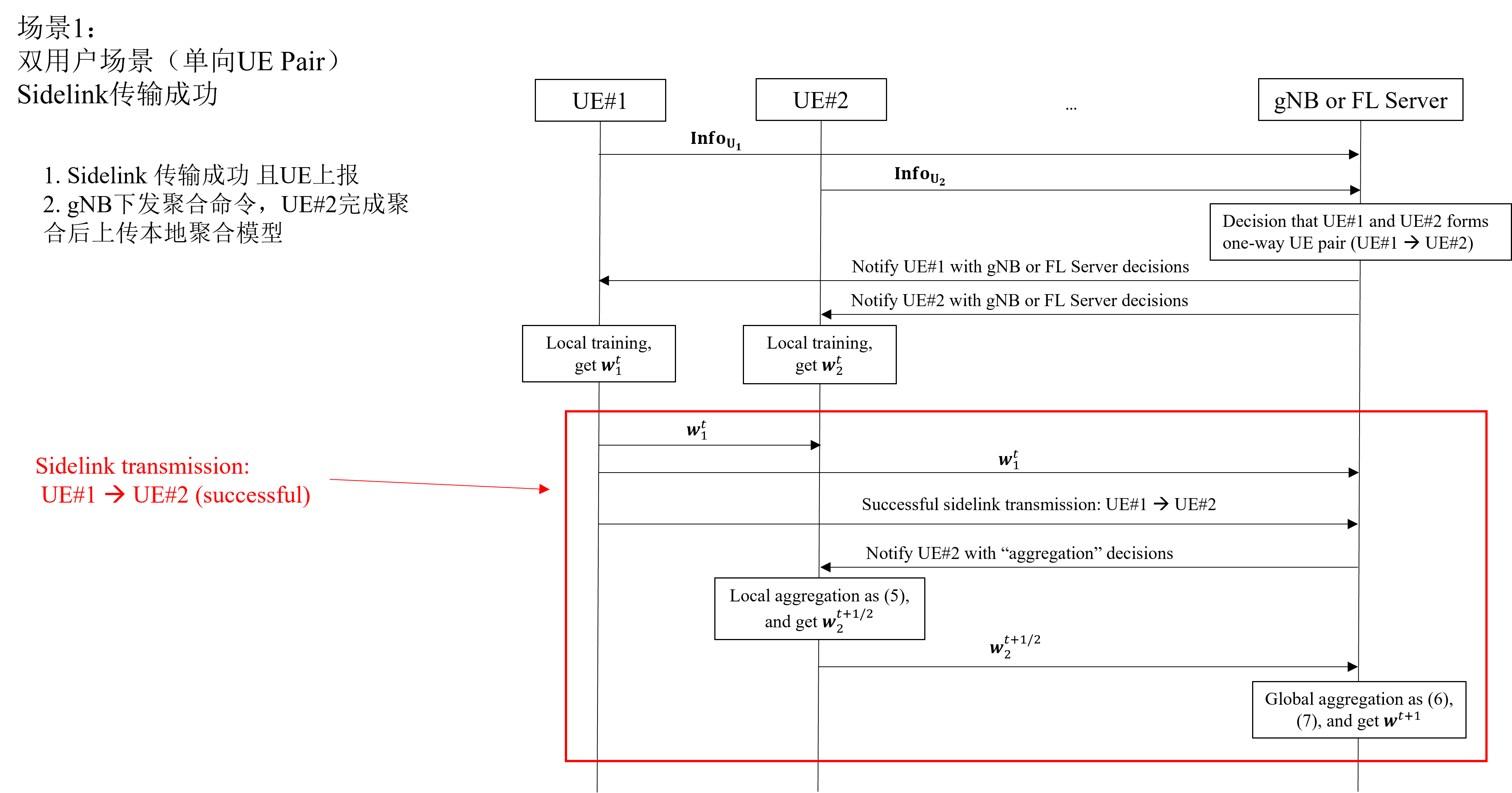


图3-3

图形用户界面

描述已自动生成

图3-4

**注意：当sidelink: UE#1🡪 UE#2 上的模型传输失败时，场景1演变为传统的联邦学习过程。**

* 1. **场景2：**双用户场景（双向UE Pair），双方向边侧链路（two-way sidelink）

解决方案#2：不失一般性，假设两个相邻的用户：UE#1和UE#2。即存在双向向的sidelink: UE#1🡪 UE#2, UE#2 🡪 UE#1。

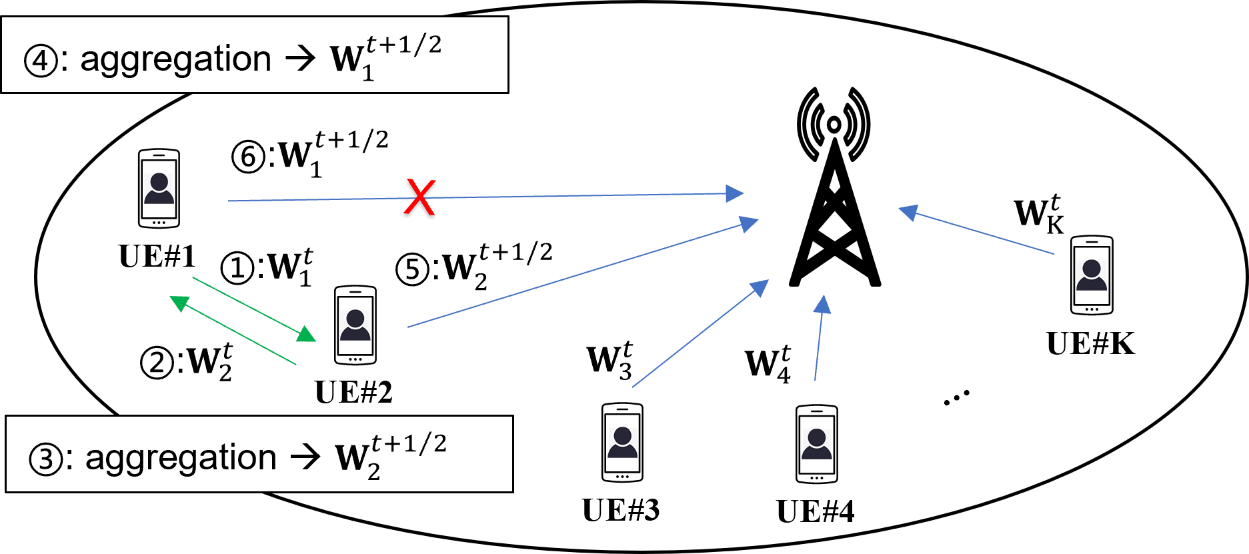


图4.

如图4所示，

1). UE#1 完成本地模型更新后，将本地模型传输至UE#2;

2). UE#2 完成本地模型更新后，将本地模型传输至UE#1;

3). UE#2 将本地模型与进行聚合:

4). UE#1 将本地模型与进行聚合:

其中，

5). UE#2 将上传至gNB参与全局聚合;

6). UE#1 将上传至gNB参与全局聚合。

7). gNB进行全局聚合，公式(2)变为：

其中，

即UE#2和UE#1只需满足其中一者的成功传输，两者的模型便都可以成功贡献于全局模型聚合。

**具体分析**：类似于解决方案#1，

不使用该解决方案，UE#1的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：；UE#2的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：；

使用该解决方案，UE#1的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：； UE#2的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：。

因此，UE#1的模型最终成功贡献于全局模型聚合的**概率提升了**；

UE#2的模型最终成功贡献于全局模型聚合的**概率提升了**。

此外， UE可以 1). 先将 sidelink的传输成功/失败直接上报至gNB，gNB接收后下发聚合的决策；

或者 2). 直接聚合或上传本地模型，与此同时上传模型对应的UE。如图3-1，3-2，3-3，3-4所示。

**日程表

描述已自动生成**

图4-1

**日程表

描述已自动生成**

图4-2

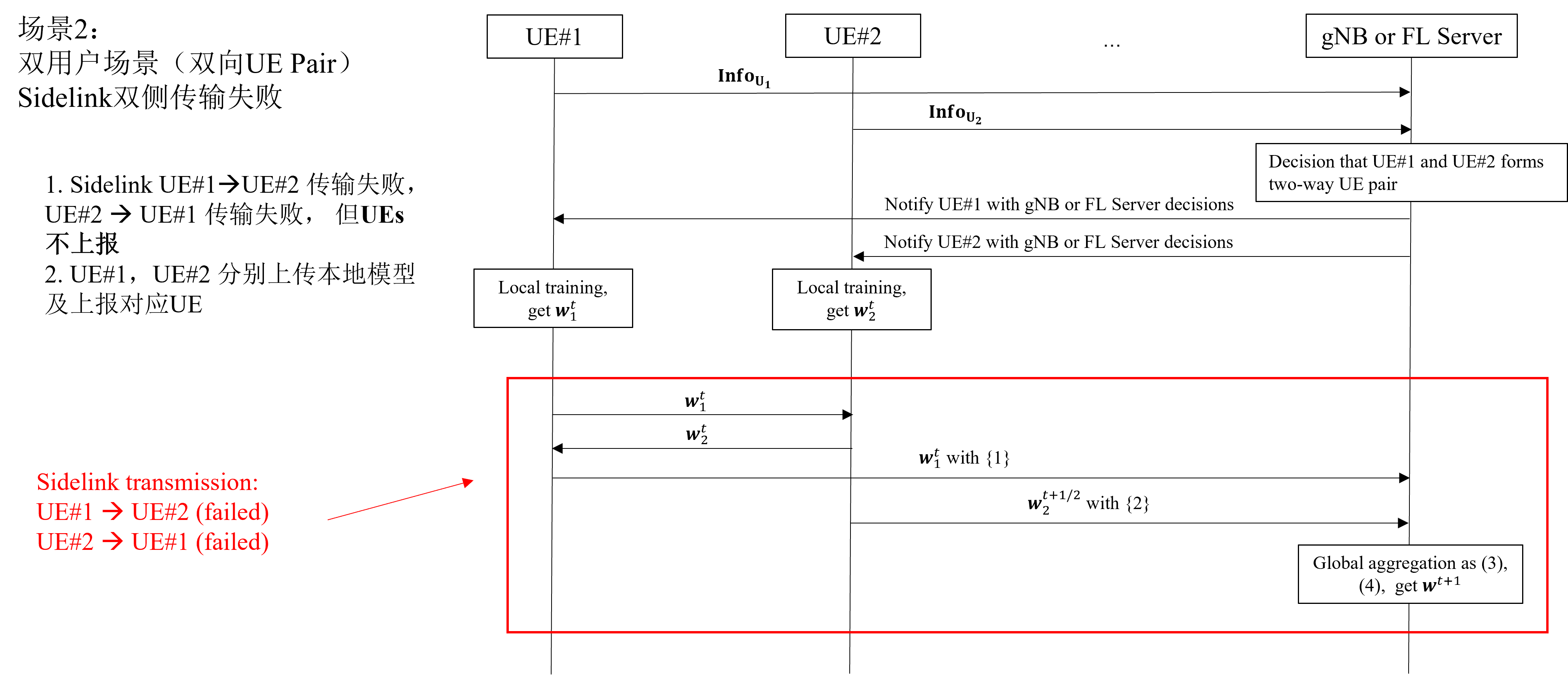
****

图4-3

**日程表

描述已自动生成**

图4-4

**日程表

中度可信度描述已自动生成**

图4-5

**文本

描述已自动生成**

图4-6

**注意：当sidelink: UE#1🡪 UE#2 或 sidelink: UE#2🡪 UE#1 其中之一上的模型传输失败时，场景2演变为场景1。当两者同时传输失败时，场景2演变为传统的联邦学习过程。**

* 1. **场景3：**多用户场景（**Centralized M-UE group**），单方向边侧链路（one-way sidelink）

解决方案#3：不失一般性，假设典型UE#1, UE#2,…, UE#(M-1)与临近UE#M。即存在多个单向的sidelink: UE#1🡪 UE# M, …, UE#(M-1) 🡪 UE# M，**中心UE为UE#M**。

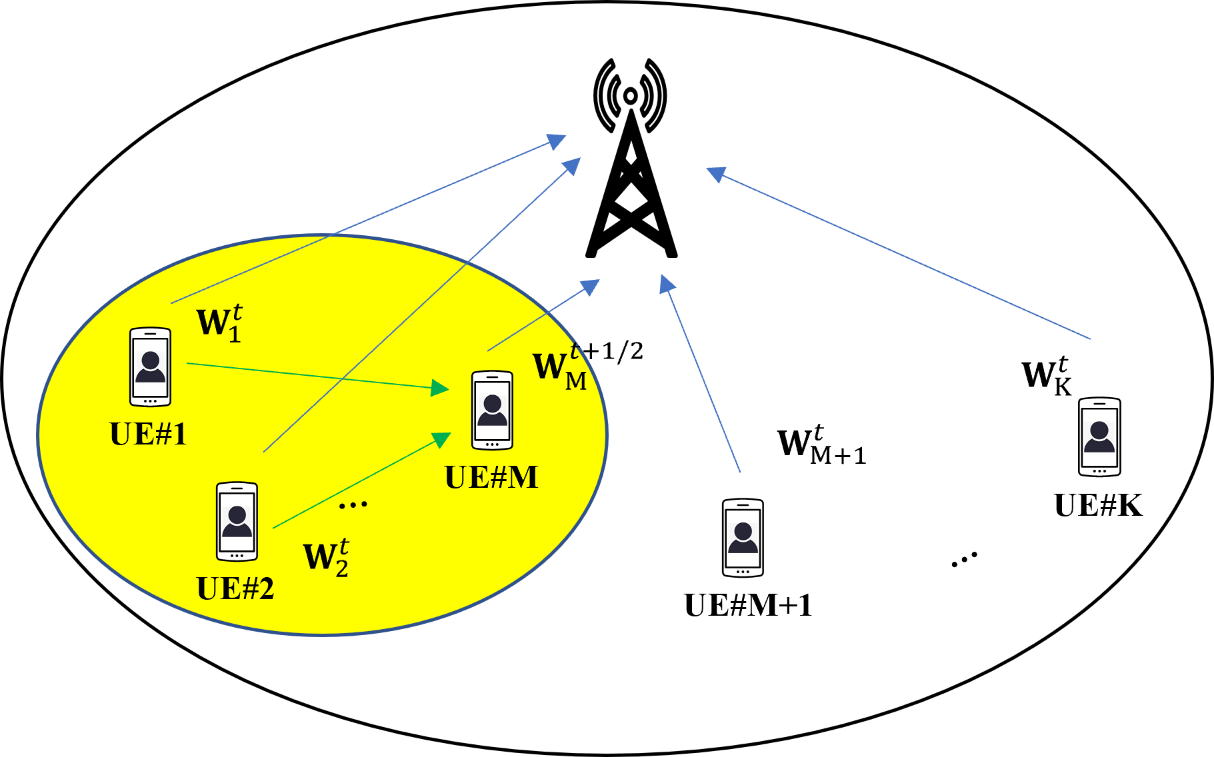


图5.

如图5所示，

1). UE#1, UE#2,…, UE#(M-1) 完成本地模型更新后，将本地模型,…,传输至UE#M;

2). UE#M 将本地模型 与 ,…,进行聚合:

3). UE#M 将上传至gNB参与全局聚合。

4). gNB进行全局聚合。公式(2)变为：

其中，

即UE#M传输成功时，无需再考虑UE#1,…, UE#(M-1)的传输。

当UE#M和UE#m (m=1,…,M-1)中的至少一个传输成功时，UE#m的模型将贡献于全局模型的聚合。

**具体分析**：类似于解决方案#1，

不使用该解决方案，UE#m的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：；

使用该解决方案，UE#m的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：；

因此，UE#m的模型最终成功贡献于全局模型聚合的**概率提升了**。

**注意：当单个sidelink: UE#m🡪 UE#M上的模型传输失败时，该场景由 M个UE组成一个组 变为 M-1个UE组成的组，即剔除sidelink传输失败的UE#m，UE#m依然可以通过上行链路传输本地模型。同理，多个sidelink的模型传输失败时，依此类推。**

举例：UE#1 🡪 UE#M 传输失败，此时，式（13）变为：

式（14）变为：

式（15）变为：

此外， UE可以 1). 先将 sidelink的传输成功/失败直接上报至gNB，gNB接收后下发聚合的决策；

或者 2). 直接聚合或上传本地模型，与此同时上传模型对应的UE。如图3-1，3-2，3-3，3-4所示。

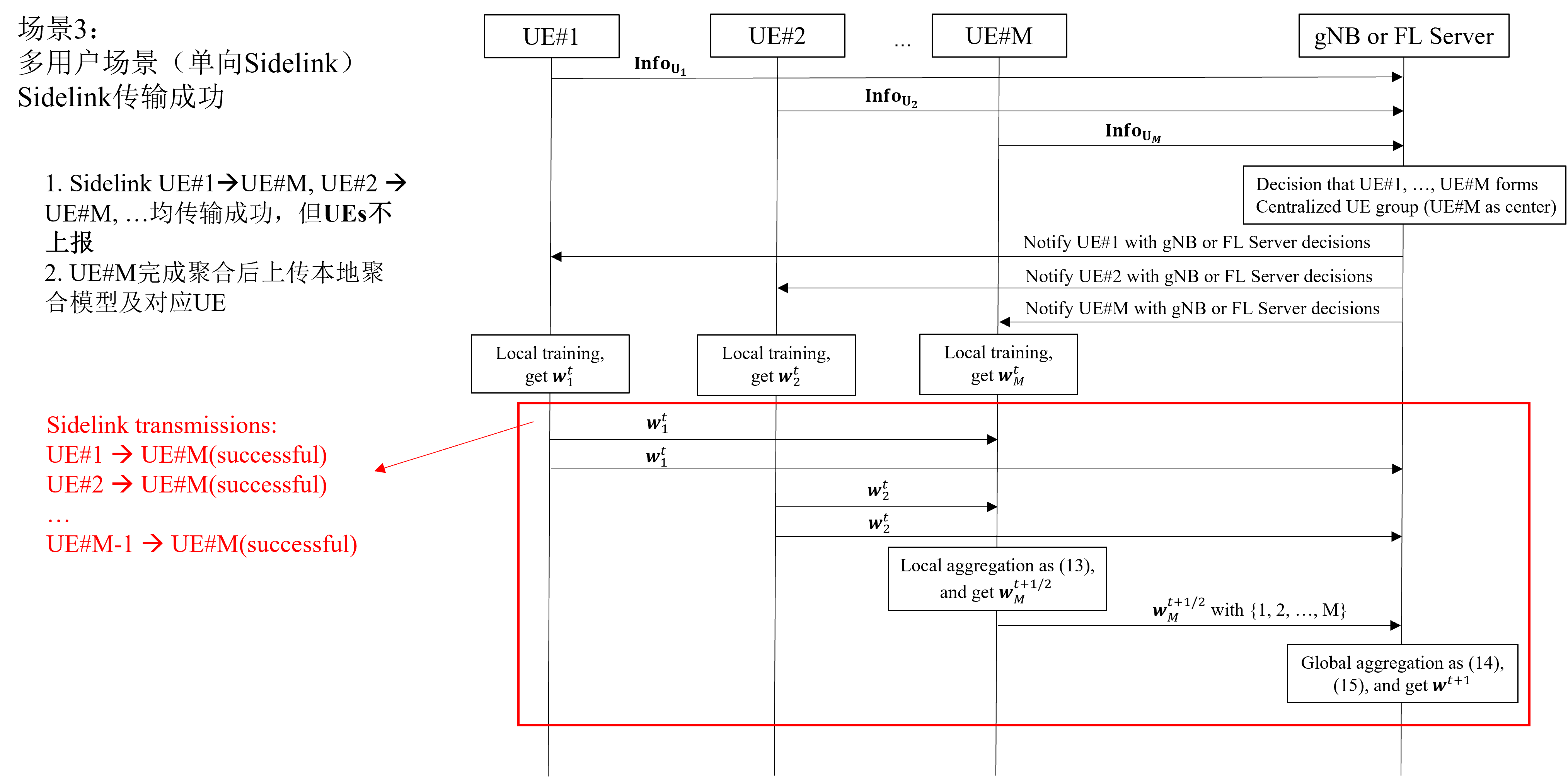


图5-1

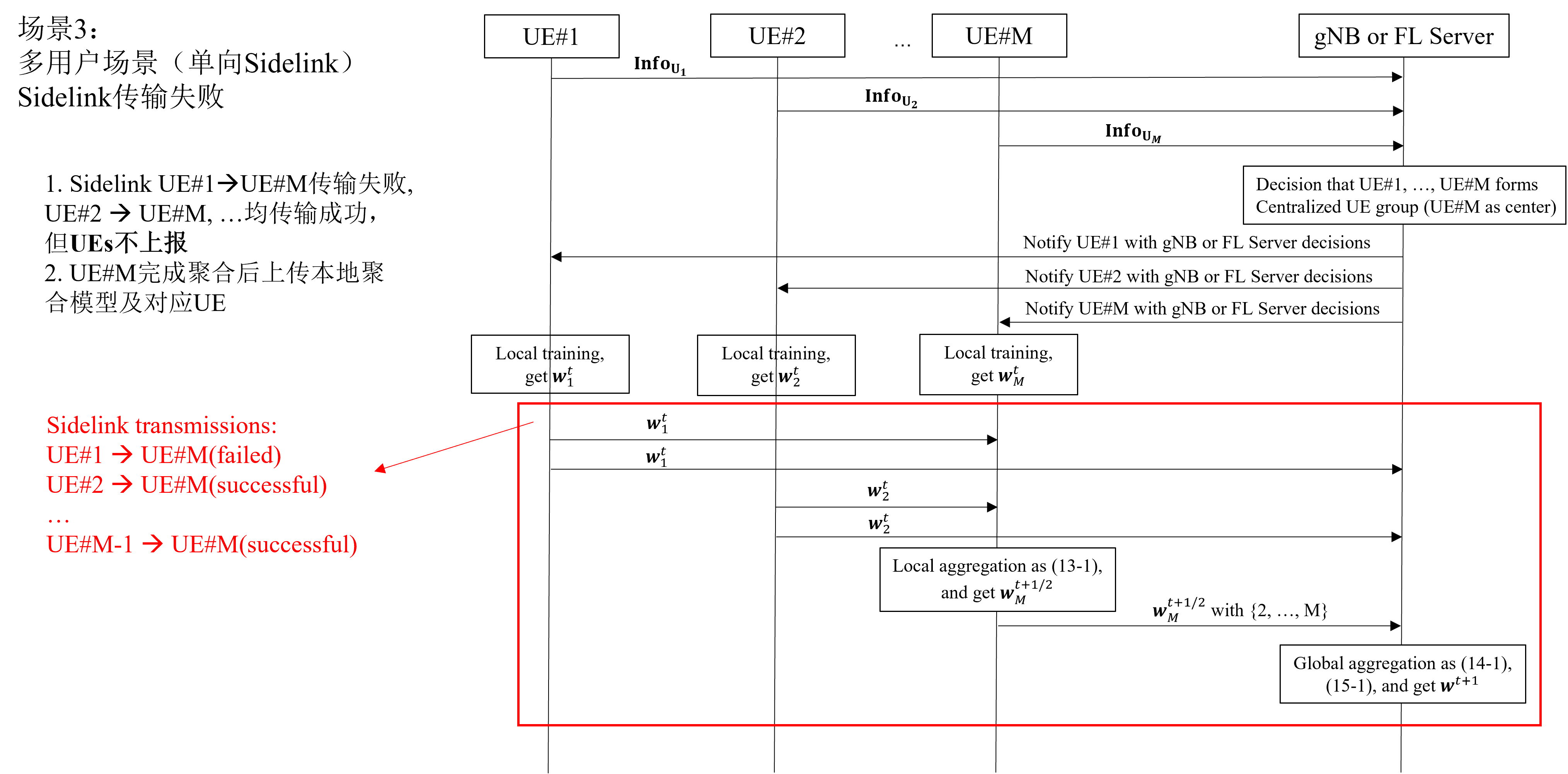


图5-2

图形用户界面

低可信度描述已自动生成

图5-3

日程表

描述已自动生成

图5-4

* 1. **场景4：**多用户场景（**Decentralized M-UE group**），全方向边侧链路（full-way sidelink）。

解决方案#4：不失一般性，假设典型UE#1, UE#2,…, UE#M中， 各个UE之间相互连接，不存在中心UE。 即以下sidelink均存在:

对于任意的UE#i和UE#j，其中, 。均存在UE#i🡪 UE#j

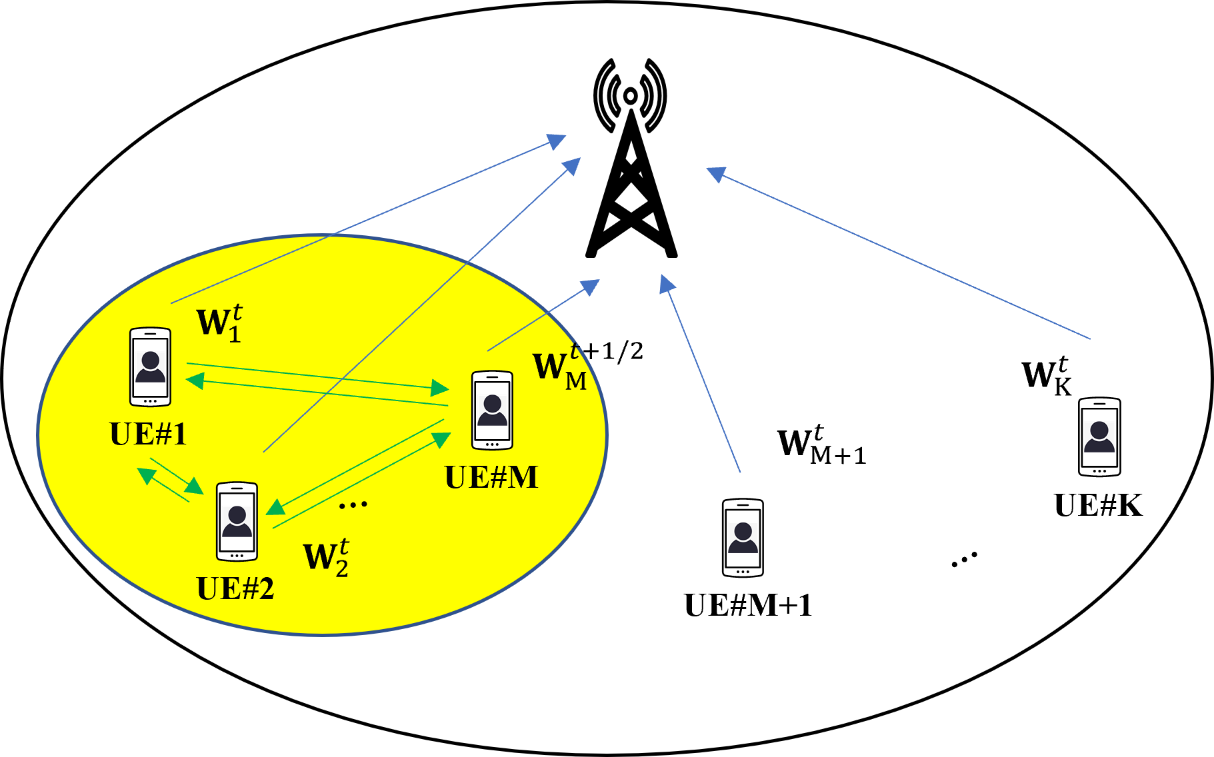


图6.

如图6所示，

1). 各UE#i(, 完成本地模型更新后，将本地模型传输至其他的所有UE#j ();

2). 各UE#m(, 将本地模型 与 接收到的其他用户的本地模型 进行聚合:

其中，

3). 各UE#m 将上传至gNB参与全局聚合。

4). gNB进行全局聚合。公式(2)变为：

其中，

**即UE#m (m=1,…,M)中，只需满足其中一者的成功传输，M个UE的模型便都可以成功贡献于全局模型聚合**。

**具体分析**：类似于解决方案#2，

不使用该解决方案，UE#m的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：；

使用该解决方案，UE#m的模型最终成功贡献于全局模型聚合的概率为：, ；

因此，UE#m的模型最终成功贡献于全局模型聚合的**概率提升了**。

**注意：当单个sidelink: UE#i🡪 UE#j 或 sidelink: UE#j🡪 UE#i上的模型传输失败时，该场景下的方案比较复杂。一种简单的处理方式为同时剔除sidelink上模型传输失败的发送和接收UE：**

**1. 由 M个UE组成的一个组 变为 M-2个UE组成的组；**

**2. 被剔除的UE#i和UE#j对应的模型 和 不参与 剩余M-2个UE 的模型聚合，即使其中某些UE已经成功接收 或；**

**3. 被剔除的UE#i和UE#j组成场景1中的UE Pair，依然可以参与联邦学习。**

**同理，多个sidelink的模型传输失败时，依此类推。**

举例#1：UE#2 🡪UE#1 传输失败，则UE#2遵循公式式（5）聚合，UE#1不进行任何聚合。此时，组内其他UE执行：

其中，

公式（18）变为

其中，

举例#2：UE#2 🡪UE#1, UE#1 🡪UE#2 传输失败，则UE#1，UE#2不进行任何聚合。此时，组内其他UE执行式（16-1）和式（17-1）。公式（18）变为

其中，

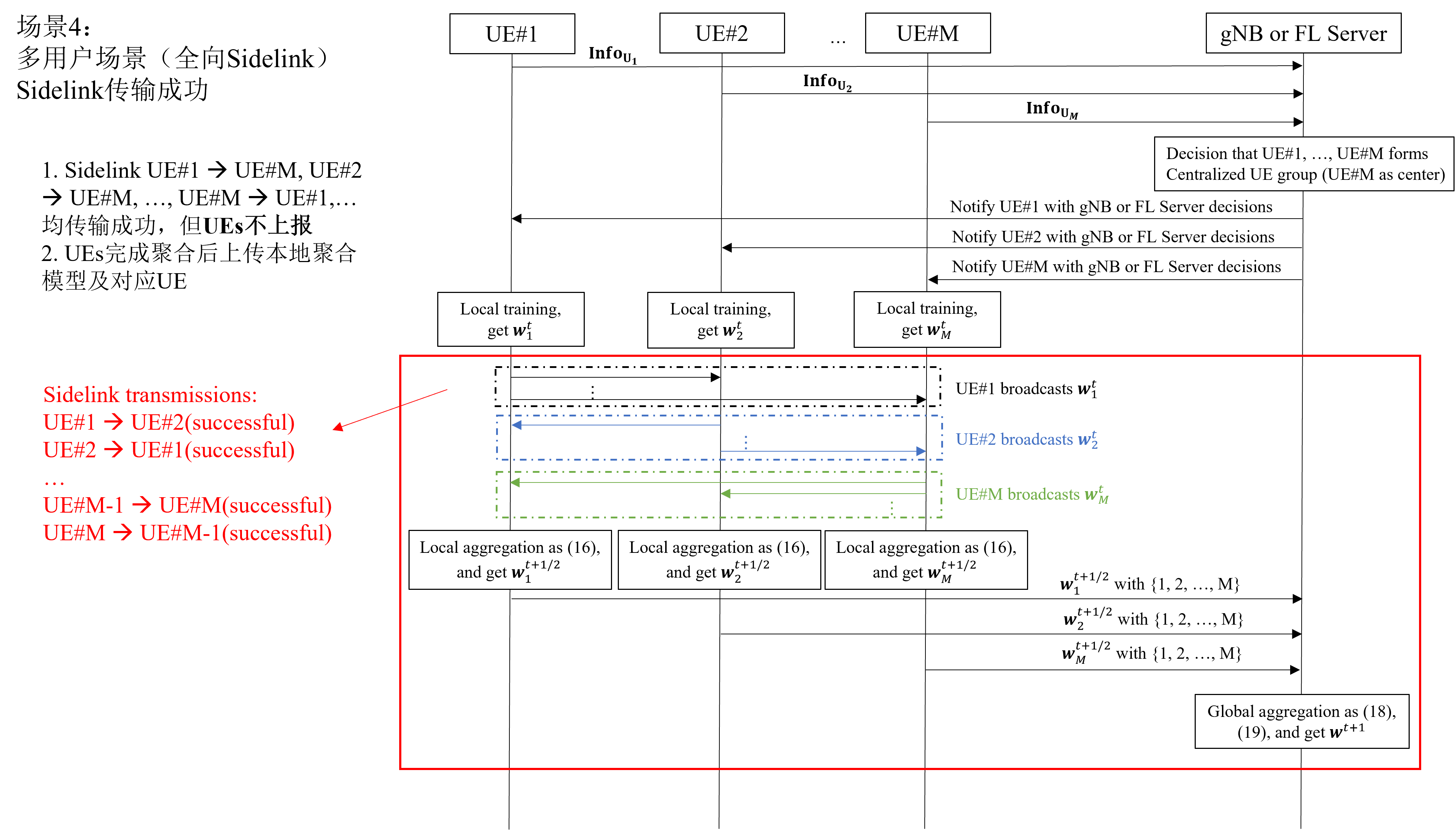


图6-1

图片包含 图形用户界面

描述已自动生成

图6-2

图形用户界面

低可信度描述已自动生成

图6-3

图片包含 图形用户界面

描述已自动生成

图6-4

图片包含 日程表

描述已自动生成

图6-5

日程表

中度可信度描述已自动生成

图6-6

**定义：本地模型成功贡献概率，即UE#m的模型最终参与gNB或server端的全局聚合 的 概率。 当不考虑sidelink增强的上述四种解决方案时，该概率等于模型通过上行链路成功传输的概率。**

* 1. **发明内容**

**专利点#1：对于参与联邦学习的UE已经被选定的情况**，各被选定的UE（如果未上报的话）需要上报以下信息：

1). 彼此之间的sidelink状态，如 是否存在sidelink连接，对应的sidelink的RSRP，RSRQ，RSRI，SNR等。2). UE的位置信息；3). UE本身的上下行链路的通信质量，RSRP，RSRQ，RSRI，SNR等；4). 各UE的计算能力（如CPU占用率），UE本身的数据量大小等。

在所有被选定的UE中，当UE正常的上行链路模型传输无法满足要求时，可以考虑：

（场景1）上行通信质量较差的UE，可选择一个临近UE，组成单向UE Pair，以提高 本地模型的成功贡献（被聚合）概率；

（场景2）两个相邻（且通信质量较差）的UE，组成双向UE Pair，以提高 本地模型的成功贡献（被聚合）概率；

（场景3）多个通信质量较差的UE，选择一个共同的临近UE，组成centralized UE group，以提高 本地模型的成功贡献（被聚合）概率；

（场景4）多个相邻（且通信质量较差）的UE，共同组成decentrailzed UE group，以提高 本地模型的成功贡献（被聚合）概率。

**其中，**单向UE Pair、双向UE Pair、centralized UE group、decentrailzed UE group中的UE 不会同时参与其他 单向UE Pair、双向UE Pair、centralized UE group、decentrailzed UE group。

**专利点#2：对于参与联邦学习的UE未被选定的情况**，网络中的各UE candidate需要上报以下信息来辅助gNB或server的选择（与专利点#1相同）：

1). 彼此之间的sidelink状态，如 是否存在sidelink连接，对应的sidelink的RSRP，RSRQ，RSRI，SNR等。2). UE的位置信息；3). UE本身的上下行链路的通信质量，RSRP，RSRQ，RSRI，SNR等；4). 各UE的计算能力（如CPU占用率），UE本身的数据量大小等。

在联邦学习的用户选择过程中，需要考虑上述四种场景中解决方案带来的对 UE本地模型成功贡献概率 的提升，包括

* + - 1. 单个UE#i的上行链路无法满足 本地模型的传输要求（传输成功概率低于给定阈值），且该UE#i的其他条件满足FL的选取要求，如计算能力，用户的数据量等：

a). 如果周边存在已经被选中参与FL的用户---UE#j，UE#i与UE#j组成单向UE Pair（UE#j为主UE）或双向UE Pair；

b). 如果周边存在已经被选中参与FL的用户---UE#j，和其他UE共同与UE#j组成Centralized UE group，中心UE为UE#j；

c). UE#i与其他UE共同组成Decentralized UE group。

通过以上某种方式，UE#i得到的 本地模型成功贡献概率 满足给定要求（大于给定阈值）， 可考虑选取UE#i参与FL。

**注：对于 c). 如果UE#i被选中参与FL，则Decentralized UE group中的其他UE也要参与FL，否则UE#i的 本地模型成功贡献概率 可能不会满足要求。 b). 则不会出现这种问题。**

* + - 1. 两个相邻UE#i和UE#j的上行链路均无法满足 本地模型的传输要求（传输成功概率低于给定阈值），且该UE#i和UE#j的其他条件满足FL的选取要求，如计算能力，用户的数据量等：

a). 两者可以组成双向UE Pair；

b). 如果周边存在已经被选中参与FL的用户---UE#j，两者可以与UE#j 或者 和其他UE共同与UE#j 组成Centralized UE group，中心UE为UE#j；

c). 两者与其他UE共同组成Decentralized UE group。

通过以上某种方式，相邻UE#i和UE#j得到的 本地模型成功贡献概率 满足给定要求（大于给定阈值）， 可考虑选取UE#i和UE#j参与FL。

**注：对于 c). 如果UE#i被选中参与FL，则Decentralized UE group中的其他UE也要参与FL，否则UE#i的 本地模型成功贡献概率 可能不会满足要求。 b). 则不会出现这种问题。**

* + - 1. M个相邻UE的上行链路均无法满足 本地模型的传输要求（传输成功概率低于给定阈值），且该UE#i和UE#j的其他条件满足FL的选取要求，如计算能力，用户的数据量等：

a). 如果周边存在已经被选中参与FL的用户---UE#j，该M个UE可以与UE#j 或者 和其他UE共同与UE#j 组成Centralized UE group，中心UE为UE#j；

b). 该M个UE组成Decentralized UE group；

c). M个相邻UE与其他UE共同组成Decentralized UE group。

通过以上某种方式，M个相邻UE得到的 本地模型成功贡献概率 满足给定要求（大于给定阈值）， 可考虑选取该M个相邻UE参与FL。

**注：对于 c). 如果该M个相邻UE被选中参与FL，则Decentralized UE group中的其他UE也要参与FL，否则该M个相邻UE的 本地模型成功贡献概率 可能不会满足要求。 a). 则不会出现这种问题。**

* + - 1. 对于满足FL要求的多个UE，如果其中的一个UE#i可以满足以下条件之一，**则优先考虑选取UE#i参与联邦学习**：

a). 存在UE#j，UE#j被选中参与FL 但是 上行链路均无法满足 本地模型的传输要求（传输成功概率低于给定阈值）。 同时，UE#j可以与UE#i组成单向UE Pair，单向UE Pair（UE#i为主UE）或双向UE Pair。使得

通过以上方式，UE#j得到的 本地模型成功贡献概率 满足给定要求（大于给定阈值）；

b). 存在M个相邻UE，该M个UE被选中参与FL 但是 上行链路均无法满足 本地模型的传输要求（传输成功概率低于给定阈值）。同时，该M个UE可以与UE#i 或者 和其他UE共同与UE# i 组成Centralized UE group，中心UE为UE#i。使得

通过以上方式，M个相邻UE得到的 本地模型成功贡献概率 满足给定要求（大于给定阈值）；

c). 存在M个相邻UE，该M个UE被选中参与FL 但是 上行链路均无法满足 本地模型的传输要求（传输成功概率低于给定阈值）。同时，该M个UE可以与UE#i 或者 和其他UE共同与UE#i 组成Decentralized UE group；

通过以上方式，M个相邻UE得到的 本地模型成功贡献概率 满足给定要求（大于给定阈值）。

实例：

Diagram

Description automatically generated

上图是3GPP网络模型。我们可以假设联邦学习部署在application function (AF)。UE通过gNB，UPF接入DN并且AF链接。上报的模型通过UPF传输至AF。AF也可以通过NEF获取UE的sidelink信息。