

## 第十五节：组复制性能---进阶篇（二）

### 6.对故障检测和网络分区的响应

#### 6.1简介：

组复制的故障检测机制旨在识别不再与集群通信的节点，并在它们有故障时将其驱逐出集群。当集群中有节点发生故障时，如果集群中存在多数节点存活，则故障检测机制能够使得集群正确恢复可用性，以便能够及时恢复并正确处理客户端的请求。

通常，处于同一个集群中的所有节点都定期与其他节点交换消息。如果某个节点在5秒钟内未收到来自特定节点的任何消息，则在此检测周期结束时，它会怀疑该节点是否健康。如果被怀疑不健康的节点达到超时时间后，则认为该节点已宕机，并将其踢出集群。被驱逐的节点将从集群中其他online节点的成员资格列表中删除，但是它不知道自己已被从集群中驱逐，因此它认为自己处于online状态，而其他节点则是不可访问的。如果该节点实际上并未发生故障（例如，由于临时网络问题而刚刚断开连接），并且能够恢复与其他节点的通信，则该节点将收到一个视图，其中包含已从该集群中将其驱逐出的信息。

集群内的节点对这些情况的响应可以在流程中的许多地方进行配置。默认情况下，如果怀疑某个节点失联，则会发生以下行为：

- 1.到MySQL 8.0.20，当创建怀疑对象时，它立即超时。一旦该集群确定了过期节点，该节点被立刻踢出集群。该节点可能会在超时后再存活几秒钟，因为检测存在一个周期。从MySQL 8.0.21开始，在可疑节点超时之前添加了5秒的等待时间。
- 2.如果被驱逐的节点恢复通信并意识到被驱逐，直到MySQL 8.0.20，它就不会尝试重新加入该集群。从MySQL 8.0.21开始，它会进行三次自动尝试重新加入集群（每次尝试之间间隔5分钟），如果该自动重新加入程序不起作用，则它将停止尝试重新加入集群的行为。
- 3.当被驱逐节点不尝试重新加入集群时，它将切换到超级只读模式并等待手动干预。（从MySQL 8.0.12到8.0.15的发行版中是例外，其中默认是节点上的数据库进程自行关闭。从MySQL 8.0.16起，已更改为与MySQL 5.7中的行为匹配。）

可以使用本节中描述的“组复制”配置选项来永久或临时更改这些行为，以适合系统要求和优先级。如果遇到较慢的网络或计算机，具有较高的意外瞬态中断率或计划的网络中断率的网络导致的不必要驱逐，考虑增加排除超时和自动重新尝试的次数。从MySQL 8.0.21开始，更改了此默认设置，以减少在这种情况下需要手动干预才能恢复被驱逐节点的频率。尽管节点正在接受上述任何默认行为，尽管它不接受写入，但是如果节点仍在与客户端通信，则仍然可以进行读取，随着时间的推移，读取到旧的数据可能性会增加。避免陈旧的读取比避免手工干预的优先级高，考虑减少退出超时和自动重新尝试的尝试或将其设置为零。

集群中的活跃节点可能会由于网络分区而失去与部分（而非全部）复制组的联系。例如，在一个5节点的集群（S1，S2，S3，S4，S5）中，如果（S1，S2）与（S3，S4，S5）之间存在断开连接，则存在网络分区。第一组（S1，S2）现在占少数，因为它不能联系超过一半的节点。由于少数群体中的大多数成员无法访问，因此少数群体中的节点处理的任何事务都将被阻止，因此该群体无法达到法定节点数。在这种情况下，默认行为是少数群体和多数群体中的节点都保留在集群中，继续接受事务（尽管他们被少数群体中的节点阻止），并等待手工干预。此行为也是可配置的。

请注意，如果组成员位于不支持相关设置的较早版本的MySQL Server上，或者具有不同的默认版本，则它们会根据上述默认行为对自己和其他组成员起作用。例如，一个不支持group\_replication\_member\_expel\_timeout系统变量的节点在检测到可疑对象后便将其驱逐出集群，即使其他节点支持系统变量并且设置了更长的超时时间，该驱逐也会被集群中的其他节点接受。

## 6.2超时驱逐：

可以使用MySQL 8.0.13中提供的`group_replication_member_expel_timeout`系统变量，在创建怀疑与驱逐可疑节点之间留出更多时间。

在组复制中，当集群内的节点怀疑另一个节点不可达（或其自身）之前，有一个最初的5秒检测期。当另一个节点对它的怀疑（或对自身的怀疑）达到超时时间后，该节点立刻被踢出集群。在此之后，在驱逐机制检测并执行驱逐之前，可能还要经过更短的时间。`group_replication_member_expel_timeout`指定以秒为单位的时间间隔（称为退出超时），该时间段内节点在创建怀疑和驱逐可疑节点之间等待。如果一个组成员使用的是不支持此系统变量设置的旧MySQL Server版本，那么其行为就类似于系统变量`group_replication_member_expel_timeout`设置为0。在此等待期间，可疑成员将列为“不可达”，但不会从集群的成员资格列表中删除。

如果可疑节点在等待时间结束前的怀疑超时之前再次变得活跃，则该节点将应用由XCom消息缓存中其余组成员缓冲的所有消息，并进入ONLINE状态，而无需手工干预。在这种情况下，该节点所在少数组成员组会被重新并入集群当中。

如果可疑节点只有在怀疑超时被踢出集群后才开始活跃并能够恢复通信，它会收到一个被驱逐的视图信息，并在那一刻意识到被驱逐出集群了。可以使用MySQL 8.0.16提供的`group_replication_autorejoin_tries`系统变量，使该节点此时自动尝试重新加入集群。从MySQL 8.0.21开始，此功能默认情况下处于激活状态，并且该节点进行了3次自动重新加入尝试。如果自动重新加入过程未成功或未尝试，则被驱逐节点将遵循`group_replication_exit_state_action`指定的退出操作。

驱逐节点之前的等待时间仅适用于先前在该集群中处于online状态的节点。从未在集群中活跃的节点不会获得此等待期，并且在初始检测期之后会被踢出集群，因为他们花了太长时间才加入集群，且加入集群还失败了。

如果`group_replication_member_expel_timeout`设置为0，则没有等待时间，并且在5秒钟的检测时间结束后，可疑节点将被立即驱逐。此设置是MySQL 8.0.20（含）之前的默认设置。这也是不支持`group_replication_member_expel_timeout`系统变量的MySQL Server版本上的组成员的行为。从MySQL 8.0.21开始，该值默认为5，这意味着在5秒钟的检测时间后5秒钟，可疑节点将被踢出集群。并非所有组成员都必须为`group_replication_member_expel_timeout`设置相同的设置，但建议这样做是为了避免意外驱逐。任何节点都可以怀疑其他节点，包括自身，因此有效驱逐超时时间是设置最低的节点的超时时间。

在以下情况下，考虑将`group_replication_member_expel_timeout`的值从默认值增加：

- 1.网络速度很慢，驱逐前的默认5或10秒不够长，无法让集群节点始终交换至少一条消息。
- 2.网络有时会发生暂时性中断，希望避免在这些时候不必要的驱逐和primary节点变更。
- 3.该网络不受直接控制，希望最大程度地减少手工干预的需要。
- 4.预计网络暂时中断，因此不希望部分或全部节点被驱逐出集群。
- 5.单台计算机的运行速度变慢，并且不希望将其从集群中删除。

可以指定最长3600秒（1小时）的退出超时。重要的是要确保XCom的消息缓存足够大，以包含指定时间段以及初始5秒检测时间段内的预期消息量，否则节点无法重新连接。可以使用`group_replication_message_cache_size`系统变量来调整缓存大小限制。

如果当前怀疑某个集群中的任何节点，则无法重新配置该组成员身份（通过添加或删除节点或选举新的primary节点）。如果需要在的一个或多个节点受到怀疑的情况下执行组成员身份更改，并且希望可疑成员保留在集群中，尽可能执行使节点再次活跃的所有必要操作。如果无法使节点再次活跃并且希望将他们从集群中踢出，则可以强制怀疑立即超时。通过将任何活跃节点上的`group_replication_member_expel_timeout`的值更改为小于自创建怀疑以来已经经过的时间的值来执行此操作。然后，可疑节点立即被驱逐出集群。

如果复制组节点意外停止并立即重新启动（例如，因为它是使用mysqld\_safe启动的），则如果设置了group\_replication\_start\_on\_boot = on，它将自动尝试重新加入该集群。在这种情况下，有可能在节点先前被从集群中驱逐之前进行重新尝试和重新加入尝试，在这种情况下，节点无法重新加入。从MySQL 8.0.19起，组复制自动使用组通信系统（GCS）功能重试该节点的重新加入集群，默认重试10次，每次重试之间间隔5秒。这应该涵盖大多数情况，并留出足够的时间将上一个节点从集群中驱逐出去，让该节点重新加入。请注意，如果将group\_replication\_member\_expel\_timeout系统变量设置为在驱逐节点之前指定更长的等待时间，则自动重新加入尝试可能仍然不会成功。

### 6.3与集群内多数节点失联超时：

默认情况下，由于网络分区而处于少数群体的节点不会自动离开集群。可以使用系统变量group\_replication\_unreachable\_majority\_timeout设置节点与大多数组成员失去联系后等待的秒数，然后退出该集群。设置超时意味着无需主动监视网络分区后位于少数组中的节点，并且可以避免由于以下不适当的干预而导致出现裂脑情况（具有两个版本的组成员身份）的可能性。

当group\_replication\_unreachable\_majority\_timeout指定的超时时间过去后，该节点和少数集群中的其他节点已处理的所有未提交事务将回滚，并且该集群中的节点将进入ERROR状态。可以使用MySQL 8.0.16提供的group\_replication\_autorejoin\_tries系统变量，使节点此时自动尝试重新加入集群。从MySQL 8.0.21开始，此功能默认情况下处于激活状态，并且该节点进行了3次自动重新加入尝试。如果自动重新加入过程不成功或未尝试，则少数节点所在的集群将遵循group\_replication\_exit\_state\_action指定的退出操作。

在决定是否设置与集群的多数节点失联超时，考虑以下几点：

- 1.在对称集群中，例如，一个有两个或四个节点的集群，如果两个分区都包含相同数量的节点，则两个集群都将自己视为少数派并进入ERROR状态。在这种情况下，该集群没有分区可以正常对外提供服务。
- 2.当存在少数节点组成的集群时，少数节点所在的集群处理的任何事务都会被接受，但由于少数节点所在的集群无法达到法定的多数节点数量而被阻塞，直到在这些节点上执行STOP GROUP\_REPLICATION或达到无法达到的多数群体超时为止。
- 3.如果未设置与集群中的多数节点超时，则少数集群中的节点将永远不会自动进入错误状态，而必须手动停止它们。
- 4.如果在检测到与多数节点失联超时之后，再到少数派节点上设置与多数节点失联超时的设置，则此时设置无效，需要提前设置才会生效。

### 6.4自动重新加入：

MySQL 8.0.16提供了group\_replication\_autorejoin\_tries系统变量，使已被驱逐或达到其无法到达的多数超时的节点尝试自动重新加入该集群。在MySQL 8.0.20之前的版本中，系统变量的值默认为0，因此默认情况下不会激活自动重新加入。从MySQL 8.0.21开始，系统变量的值默认为3，这意味着该成员自动进行3次尝试重新加入组，每次间隔5分钟。

如果未激活自动重新加入，则节点在恢复通信后会立即接受其驱逐结果，并继续执行group\_replication\_exit\_state\_action系统变量指定的操作。此后，需要手动干预才能使节点回到集群中。如果可以忍受陈旧数据的读取并希望最大程度地减少手动干预的需要，则可以使用自动重新加入功能，尤其是在瞬态网络问题经常导致集群节点被驱逐的情况下。

当节点被驱逐或者与多数节点失联超时，如果系统变量group\_replication\_autorejoin\_tries设置了一个非0值，则它将自动尝试重新加入集群，直到耗尽指定的尝试次数为止。在一次尝试自动重新加入集群失败之后，会等待5分钟之后再次尝试重新加入集群。如果重试次数被耗尽之后，该节点仍然没有成功加入集群或者未被执行停止MGR插件的操作，则该节点将继续执行系统变量group\_replication\_exit\_state\_action指定的退出操作。如果系统变量group\_replication\_autorejoin\_tries设置为0值，则等待系统变量group\_replication\_unreachable\_majority\_timeout设置的超时时间之后，直接执行系统变量group\_replication\_exit\_state\_action指定的退出操作。

在自动重新连接尝试期间，被驱逐节点保持超级只读模式，并在其复制组视图上显示ERROR状态。在此期间，该节点不接受写入。但是，仍然可以在该节点上进行读取，随着时间的推移，陈旧数据被读取的可能性会增加。如果确实想在自动重新加入过程中干预以使节点脱机，则可以随时使用STOP GROUP\_REPLICATION语句或关闭mysqld进程来手动停止节点。如果在任何时间段都无法忍受过时的读取，将group\_replication\_autorejoin\_tries系统变量设置为0。

可以使用performance\_schema下的表来监控自动重新加入集群的过程。当执行自动重新加入集群时，performance\_schema.events\_stages\_current表中会记录“Undergoing auto-rejoin procedure”的事件，以及到目前为止（查询该表的时间点）该事件执行的次数（在WORK\_COMPLETED字段中）。performance\_schema.events\_stages\_summary\_global\_by\_event\_name表中记录了Server自动重新加入集群的过程的次数（在COUNT\_STAR字段中）。performance\_schema.events\_stages\_history\_long表中记录了每次自动重新加入集群的过程完成时间（在TIMER\_END字段中）。

## 6.5退出操作:

系统变量group\_replication\_exit\_state\_action在MySQL 8.0.12及其之后的版本、MySQL 5.7.24及其之后的版本中引入，它指定当组成员由于发生错误或未知问题而意外脱离集群、或者无法自动重新加入集群、或者尝试自动加入集群次数数耗尽时，组复制会执行什么操作（这里指的是组成员退出集群时需要做的操作）。请注意，对于被驱逐出集群的节点，在其重新加入到集群之前，该节点并不知道自已已被驱逐出集群，因此，只有当该节点设法重新与集群建立连接、或该节点对自己产生怀疑并将自己驱逐出集群时，才会采取指定的操作（即，系统变量group\_replication\_exit\_state\_action指定的操作）。

按照影响顺序，退出操作如下：

- 1.如果退出操作配置为READ\_ONLY，则会通过将系统变量super\_read\_only设置为ON，以便将MySQL切换到超级只读模式。当成员处于超级只读模式时，客户端不能执行任何更新操作，即使他们拥有super权限。但是，客户端仍然可以读取数据，由于数据不再更新，所以，随着时间的推移，读取到旧的数据的概率会大大增加。因此，使用此设置时，需要主动监控Server的故障状态。该退出操作也是MySQL 8.0.16及其之后版本的默认操作。执行此退出操作后，该节点的状态将在集群视图中显示为ERROR状态。
- 2.如果退出操作配置为OFFLINE\_MODE，则实例通过将系统变量offline\_mode设置为ON来将MySQL切换到离线模式。当节点处于离线模式时，已连接的客户端用户将在其下一个请求时断开连接，并且不再接受连接，但具有CONNECTION\_ADMIN特权（或不建议使用的SUPER特权）的客户端用户除外。组复制还将系统变量super\_read\_only设置为ON，因此即使客户端已使用CONNECTION\_ADMIN或SUPER特权进行连接，客户端也无法进行任何更新。此退出操作可防止更新和过时数据的读取（具有指定特权的客户端用户的读取除外），并使代理工具（如MySQL Router）能够识别节点不可用并重定向客户端连接。它还使实例保持运行状态，以便DBA可以尝试解决问题而不关闭MySQL。MySQL 8.0.18提供了此退出操作。采取此退出操作后，节点的状态在集群视图中显示为ERROR（不是OFFLINE，这意味着节点具有组复制功能可用，但当前不属于该集群）。
- 3.如果退出操作配置为ABORT\_SERVER，则实例将关闭MySQL。指示节点关闭自身可以防止所有陈旧数据的读取和客户端更新，但这意味着MySQL Server实例不可用，必须重新启动，即使不采取该步骤也可以解决问题。当将系统变量添加到MySQL 8.0.15（含）时，此退出操作是MySQL 8.0.12的默认操作。采取此退出操作后，该节点将从集群视图中的组复制服务列表中删除。

请记住，无论设置了哪种退出操作，都需要DBA手工干预，因为已经用尽了自动重试尝试（或从未尝试过）并且已从集群中驱逐的节点不允许在不重新启动集群的情况下重新加入组复制。退出操作只会影响客户端是否仍然可以读取无法重新加入集群的节点上的数据，以及节点是否保持运行状态。

ps:如果在节点成功加入集群之前发生故障，则不会执行group\_replication\_exit\_state\_action指定的退出操作。如果在本地配置检查期间失败，或者加入节点的配置和集群的配置不匹配。在这些情况下，系统变量super\_read\_only保留其原始值，并且该节点不会关闭MySQL。为确保当组复制未启动时该节点无法接受更新，建议在启动时在配置文件中将super\_read\_only 设置为 ON，该节点上的组复制启动成功后，primary节点上的组复制将把该变量的值修改为OFF。当server配置为在引导节点引导时启动组复

制 (group\_replication\_start\_on\_boot = ON) 时，此保护措施尤其重要，但是在使用START GROUP\_REPLICATION命令手动启动组复制时，此保护措施也很有用。

如果Server在成功加入集群之后发生失败，则会执行如下退出操作。下面是一些导致节点失败的一些场景：

- 1.应用线程错误：复制应用线程中存在错误。此问题不可自动恢复。
- 2.无法执行分布式恢复：这意味着无法完成组复制的分布式恢复过程（即，无法使用基于远程克隆操作和基于二进制日志的状态传输）。组复制在这种情况下会自动重试分布式恢复，但如果没有其他更多选择来完成该过程，则组复制将停止。
- 3.集群配置变更时发生错误：在使用UDF进行集群范围的配置变更期间发生错误。
- 4.选主期间发生错误：在以单主模式运行的组中，执行选主时发生错误。
- 5.与多数节点失联超时：该节点已与大多数组成员失去联系，因此它属于少数节点的组部分，且系统变量group\_replication\_unreachable\_majority\_timeout设置的超时时间已过期（与多数节点失联时间已超过该系统变量设置的时间）。。。
- 6.被驱逐出集群的节点：集群中的其他节点对该节点产生了怀疑，且系统变量group\_replication\_member\_expel\_timeout设置的超时已过期（怀疑期超时时间），当该节点恢复与集群的通信之后会发现自己已被驱逐出集群。
- 7.尝试自动重新加入集群的次数耗尽：当某个节点与集群中的其他大多数节点失联或被驱逐出集群之后，会根据系统变量group\_replication\_autorejoin\_tries设置的次数不断尝试自动重新加入集群，当该节点耗尽了尝试次数，也仍然未能成功加入集群。

下表总结了每种情况下的故障情况和对应的退出操作：

失败的场景	使用 START GROUP_REPLICATION 语句启动组复制	启用系统变量 group_rcplication_start_on_boot =ON使组复制随数据库进程一并启动
<ul style="list-style-type: none"><li>成员本地配置检查失败</li><li>加入组的成员与组配置不匹配</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>系统变量 super_read_only 和 offline_mode值保持不变</li><li>允许MySQL Server继续运行</li><li>在启动时设置系统变量 super_read_only=ON以防止更新</li></ul>	同左
<ul style="list-style-type: none"><li>成员上的应用线程错误</li><li>分布式恢复不可用</li><li>组配置进行了错误的修改</li><li>选主出错</li><li>多数成员不可达超时</li><li>被驱逐出组的成员</li><li>超过自动重新加入组尝试次数仍未成功加入组的成员</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>系统变量super_read_only设置为ON或</li><li>系统变量 offline_mode 和 super_read_only设置为ON或</li><li>MySQL Server关闭</li></ul>	同左

