转帐历险记

Saga模式最初是由Hector Garcia-Molina和Kenneth Salem在他们的论文[Sagas中](http://www.cs.cornell.edu/andru/cs711/2002fa/reading/sagas.pdf)创造的。尽管最初在数据库管理系统的上下文中描述，但Saga模式在分布式系统上下文中已经变得流行，作为在处理业务流程中的多个远程参与者时管理故障的方式。这篇论文描述了一个历险故事：

一个周期长的事务，总可以写成一系列可以与其他事务交错的事务

或

系统保证saga中的所有事务都成功完成或者运行补偿事务来修改部分执行

对于业务流程中的每个步骤，如果出现故障，应该有一个补偿步骤，将系统状态回滚到应用该步骤之前的状态。整个过程由称为Saga Execution Component的东西管理。Saga模式的一个很好的介绍是[分布式Sagas：](https://www.youtube.com/watch?v=0UTOLRTwOX0&t=1696s) Caitie McCaffrey的[协调微服务协议](https://www.youtube.com/watch?v=0UTOLRTwOX0&t=1696s)，

## 场景

这里的场景是简单的银行账户转账 - 我们希望将10欧元从Account1转账到账户2。每个帐户的起始余额为10欧元。如果成功，Account1的余额为0欧元，而Account2的余额为20欧元。我们的目标是为帐户转帐流程提供类似交易的结果，即使其中一个步骤失败，系统也会处于一致状态（即整个流程失败，每个帐户产生10欧元，或者过程成功）

从表面上看，这是一个简单的问题。但是，当您将每个帐户视为远程服务时，事情会变得更加有趣，因此会遇到与远程调用相关的常见问题。帐户可能会以多种方式行为不端：

* 拒绝处理请求（例如，如果帐户因某种原因被暂停或关闭）
* 在调整帐户余额之前崩溃
* 调整帐户余额*后*崩溃
* 返回“我很忙”的回复
* 慢一点

对于我们的示例，我们只有一个区域可能需要应用补偿操作 - 如果我们能够从Account1借记但无法贷记Account2，则应该回滚借方（应当应用对Account1进行贷记的补偿操作） ）。否则，Account1将为0欧元，Account2将为10欧元，系统中已丢失10欧元。

对于看似简单的用例，有许多工作流程：

1. Account1成功处理 - > CREDIT ACCOUNT2
2. Account1拒绝借记请求。 - >停止
3. Account1响应“我很忙” - >重试
4. Account1没有响应 - >重试

如果Account1成功响应，那么我们有以下可能性

1. Account2成功处理 - > SUCCESS
2. Account2拒绝信用申请 - > ROLLBACK DEBIT
3. Account2响应“我很忙” - >重试
4. Account2没有响应 - >重试

如果我们必须回滚借记：

1. Account1成功处理 - > STOP
2. Account1拒绝信用请求 - > ESCALATE
3. Account1响应“我很忙” - >重试
4. Account1没有响应 - >重试

最后：

1. TransferProcess saga本身崩溃 - > RESUME

每种可能性都需要处理。在存在“我忙”响应或根本没有响应的情况下，我们应该重试该请求。如果请求被彻底拒绝，则重试没有意义，因此我们应该停止或回滚该传奇。

出现问题的一种情况是，即使在重试之后我们也没有收到对我们请求的回复。在我们的示例银行转帐流程中，我们知道在这种情况下发生了什么？ - 我们可以肯定地说帐户没有处理邮件吗？也许该帐户已贷记/借记但服务未能响应？如果记入帐户的第一步成功，但是记入帐户的第二步没有响应，我们是否回滚第一个帐户的借记？我们知道这是成功的，但我们不知道的是，这笔钱是否转到了另一个帐户。

如果补偿行动失败怎么办？

### 升级

在上一节中，我们描述了我们不确定系统处于什么状态的情况。即使重试和补偿操作，事情仍然可能出错。在一个理想的世界里，这些应该是非常罕见的！但是，它们可能会发生，在这些情况下，最好采用后备策略，将传奇的结果升级为其他内容，很可能是手动/人工过程。

### Atomicitiy

saga没有提供的一件事是原子的。在上面的银行帐户示例中，没有什么可以阻止其他系统与借记和贷记操作之间的帐户进行交互。这需要牢记，因为它可以排除某些类型的操作的saga模式。

## 实施汇款saga

传输过程saga的实现包含以下参与者：

* Account actor：模拟一个远程的服务
* TransferProcess actor：这是一个主要actor，负责协调借贷双方的记帐，从saga的角度来看，这是管理转移过程的Saga执行组件。
* AccountProxy actor：仅作为尝试与Account actor通信

Account Actor:

Account actor模拟远程银行帐户服务

**public** Task **ReceiveAsync**(IContext context)

{

**switch** (context.Message)

{

*// ...*

**case** Credit msg:

**return** AdjustBalance(msg.ReplyTo, msg.Amount);

**case** Debit msg when msg.Amount + \_balance >= 0:

**return** AdjustBalance(msg.ReplyTo, msg.Amount);

*// ...*

}

**return** Actor.Done;

}

当一个Credit或Debit收到要求，我们试图调整账户的余额。尝试可能由于多种原因而失败：

**private** Task AdjustBalance(PID replyTo, decimal amount)

{

**if** (RefusePermanently())

{

\_processedMessages.Add(replyTo, **new** **Refused**());

replyTo.Tell(**new** **Refused**());

}

**if** (Busy())

replyTo.Tell(**new** **ServiceUnavailable**());

**var** behaviour = DetermineProcessingBehavior();

**if** (behaviour == Behavior.FailBeforeProcessing)

**return** Failure(replyTo);

*// simulate potential slow service*

Thread.Sleep(\_random.Next(0, 150));

\_balance += amount; \_processedMessages.Add(replyTo, **new** **OK**());

**if** (behaviour == Behavior.FailAfterProcessing)

**return** Failure(replyTo);

replyTo.Tell(**new** **OK**());

**return** Actor.Done;

}

Account Proxy:

AccountProxy被创建的的唯一目的是TransferProcess actor与Account actor通信和处理对策：

**class** **AccountProxy** : **IActor**

{

**private** **readonly** PID \_account;

**private** **readonly** Func<PID, **object**> \_createMessage;

**public** **AccountProxy**(PID account, Func<PID, **object**> createMessage)

{

\_account = account;

\_createMessage = createMessage;

}

**public** Task **ReceiveAsync**(IContext context)

{

**Switch**(context.Message)

{

**case** Started \_:

\_account.Tell(\_createMessage(context.Self)); context.SetReceiveTimeout(TimeSpan.FromMilliseconds(100));

**break**;

**case** OK msg:

context.CancelReceiveTimeout();

context.Parent.Tell(msg);

**break**;

**case** Refused msg: context.CancelReceiveTimeout();

context.Parent.Tell(msg);

**break**;

*// These represent a failed remote call*

**case** InternalServerError \_:

**case** ReceiveTimeout \_:

**case** ServiceUnavailable \_:

**throw** **new** Exception();

}

**return** Actor.Done;

}

}

在AccountProxy将消息发送到所述Account上Started，并设置在其中的响应应该被接收的100毫秒超时。这允许我们模拟慢速远程进程并将超时作为错误处理。给定任何表示失败的远程调用的消息，AccountProxy只是抛出异常，将责任传递给父级以决定做什么。如果消息是，OK或者Refused我们取消超时并将消息传递给父，即TransferProcess actor。

Transfer Process actor

TransferProcess actor 管理着所有的传递，在saga述中，它是saga扫行组件。这个类跟踪已完成的步骤，并对故障进行补偿操作。

TransferProcess actor的实现利用：

* 行为插件
* 持久化插件
* 错误内核模式
* 监控

使用行为：

我们的传输过程使用Behavior插件建模为状态机。这允许我们根据当前状态交换消息处理代码。这是通过在处理消息时委托给Behavior类来实现的：

**public** **async** Task **ReceiveAsync**(IContext context)

{

**await** \_behavior.ReceiveAsync(context);

}

这里TransferProcess的ReceiveAsync方法只是代表了Behavior的ReceiveAsync方法。

TransferProcess状态有

* Starting
* AwaitingDebitConfirmation
* AwaitingCreditConfirmation
* RollingBackDebit

让我们看看每个状态，看看有什么变化。

Staring

Staring 是这个actor的初始化状态，并且进行尝试借方

**private** **async** Task **Starting**(IContext context)

{

**if** (context.Message **is** Started)

{

context.SpawnNamed(TryDebit(\_from, -\_amount), "DebitAttempt");

\_behavior.Become(AwaitingDebitConfirmation);

}

}

**private** Props **TryDebit**(PID targetActor, **decimal** amount) => Actor

.FromProducer(() => **new** AccountProxy(targetActor, sender => **new** Debit(amount, sender)));

在这里，我们创建一个专门用于处理借记尝试并将actor转换为AwaitingDebitConfirmation状态的actor 。

Awaiting Debit Confirmation

在这个状态好有3种可能的转换

* AwaitingDebitConfirmation - > AwaitingCreditConfirmation
* AwaitingDebitConfirmation - >停止（ConsistentSystem）
* AwaitingDebitConfirmation - >停止（未知）

**private** Task AwaitingDebitConfirmation(IContext context)

{

**switch** (context.Message)

{

**case** OK \_:

\_behavior.Become(AwaitingCreditConfirmation);

context.SpawnNamed(TryCredit(\_to, +\_amount), "CreditAttempt");

**break**;

**case** Refused \_:

\_logger.Log("Transfer failed. System consistent") ;

StopAll(context);

**break**;

**case** Terminated \_:

\_logger.Log("Transfer status unknown. Escalate");

StopAll(context);

**break**;

}

}

**private** Props TryCredit(PID targetActor, decimal amount) => Actor

.FromProducer(() => **new** **AccountProxy**(targetActor, sender => **new** **Credit**(amount, sender)));

我们DebitAttempt演员的3个可能结果是：

##### 1.借记成功

**case** OK **\_:**

\_behavior.Become(AwaitingCreditConfirmation);

context.SpawnNamed(TryCredit(\_to, +\_amount), "CreditAttempt");

第一步的借记是成功的，我们现在可以创建CreditAttempt演员并过渡到AwaitingCreditConfirmation州。

##### 2.借记卡被拒绝

**case** Refused \_:

\_logger.Log("Transfer failed. System consistent")

StopAll(context);

借方被拒绝，不应重审。我们记录并停止。

##### 3.未知

**case** Terminated \_:

\_logger.Log("Transfer status unknown. Escalate")

StopAll(context);

Terminated在AwaitingDebitConfirmation状态中接收消息意味着DebitActor已经停止，并且表示借记过程的未知故障。关于监督和错误内核的部分描述了如何Terminated创建此消息，但现在足以知道借记已被重试但最终失败。我们别无选择，只能停下来。

Awaiting Credit Confirmation

如果借记成功，我们就会过渡到AwaitingCreditConfirmation州。在这种状态下，有3种可能的转换：

* AwaitingCreditConfirmation - >停止（成功）
* AwaitingCreditConfirmation - > RollingBackDebit
* AwaitingCreditConfirmation - >停止（未知）

private async Task AwaitingCreditConfirmation(IContext context)

{

**switch** (context.Message)

{

*//...*

**case** OK msg:

\_logger.Log("Success!") StopAll(context);

break;

**case** Refused msg:

\_behavior.Become(RollingBackDebit);

context.SpawnNamed(TryCredit(\_from, +\_amount), "RollbackDebit");

break;

**case** Terminated msg:

\_logger.Log("Transfer status unknown. Escalate") ;

StopAll(context);

break;

}

}

##### 1.贷方成功

case OK msg:

\_logger.Log("Success!");

StopAll(context);

这代表了畅通的方式 - 我们已经成功完成了转移过程。记录我们已完成并停止的事实。

##### 2.贷方拒绝

case Refused msg:

\_behavior.Become(RollingBackDebit)

context.SpawnNamed(TryCredit(\_from, +\_amount), "RollbackDebit");

贷方尝试被拒绝了。我们知道借方成功但贷方被拒绝，因此我们可以尝试通过贷方账户来应用回滚借方的补偿行动。我们创建一个RollbackDebit actor并过渡到RollingBackDebit状态。

##### 3.未知

case Terminated msg:

\_logger.Log("Transfer status unknown. Escalate")

StopAll(context);

Terminated在AwaitingCreditConfirmation状态中接收消息意味着CreditActor已经停止，并且表示信用过程的未知故障。我们现在处于这样一种状态：我们知道借记成功但却不知道贷方状况。它可能已经成功了。我最初转移到RollingBackDebit这里的状态，但最终决定最好触发任何升级策略来查看这种状态下的转移。

Rolling Back Debit

如果我们的借方成功但我们的贷方被拒绝，我们将过渡到RollingBackDebit有两种可能的过渡的状态：

* RollingBackDebit - >停止（ConsistentSystem）
* RollingBackDebit - >停止（未知）

**private** async Task RollingBackDebit(IContext context)

{

**switch** (context.Message)

{

//...

**case** OK \_:

\_logger.Log("Transfer failed. System consistent")

StopAll(context);

**break**;

**case** Refused \_:

**case** Terminated \_:

\_logger.Log("Transfer status unknown. Escalate")

StopAll(context);

**break**;

}

}

在这种状态下，只有两种可能的转换：

##### 1.回滚成功

case OK \_:

\_logger.Log("Transfer failed. System consistent")

StopAll(context);

我们已成功应用补偿操作，即使实际传输过程失败，系统也处于一致状态。

##### 2.失败

case Refused \_:

case Terminated \_:

\_logger.Log("Transfer status unknown. Escalate")

StopAll(context);

失败可能是拒绝操作或操作员RollbackDebit终止的帐户的结果。如果操作被拒绝，则意味着在进行原始借记和尝试回滚信用之间，帐户已决定拒绝该请求。

如果RollbackDebit演员被终止，它再次意味着我们不知道该操作发生了什么，并且再次别无选择，只能放弃并依赖升级。

我们现在已经通过使用行为插件覆盖了所有可能的状态转换。但是，如果它TransferProcess本身崩溃了怎么办？在第3部分中，我们将介绍如何通过使用Persistence插件来保存TransferProcess状态来处理这种情况。

## 审核日志

原始的saga讨论用log来跟踪saga的活动。TransferProcess我们在第2部分中创建的actor覆盖了我们的saga的所有状态转换，但没有保存它的状态，所以很容易崩溃。我们可以通过使用Persistence插件来解决这个问题。

Persistence插件允许actor在通过使用事件源重新启动或重新加载时恢复它的状态。每个状态更改都被建模为在恢复阶段和实时运行时 “应用”到actor的事件。Persistence插件将Action<Event> applyEvent方法作为参数 - 每当保存事件时调用此方法，或者在恢复期间从底层存储中加载。重要的是，在此ApplyEvent方法中定义所有状态更改，包括转换为不同的行为。在我们当前的TransferProcess代码中，我们通过调用处理消息时转换为新的行为\_behavior.Become(SomeState)。但是，为了使actor能够从失败中恢复并以最终状态结束，所有状态更改都需要移动到该ApplyEvent方法，我们需要将事件保存为检查点。因此，例如，我们的起始代码更改为

private Task Starting(IContext context)

{

if (context.Message is Started)

{

context.SpawnNamed(TryDebit(\_from, -\_amount), "DebitAttempt");

\_behavior.Become(AwaitingDebitConfirmation);

}

}

至

private async Task Starting(IContext context)

{

if (context.Message is Started)

{

context.SpawnNamed(TryDebit(\_from, -\_amount), "DebitAttempt");

await \_persistence.PersistEventAsync(new TransferStarted());

}

}

将相应的行为更改添加到ApplyEvent方法中：

private void ApplyEvent(Event @event)

{

switch (@event.Data)

{

case TransferStarted msg:

\_behavior.Become(AwaitingDebitConfirmation);

break;

// ... other transitions

}

}

将所有状态转换移动到ApplyEvent方法中的副作用是它现在读起来像我们在第1部分中描述的状态机：

private void ApplyEvent(Event @event)

{

switch (@event.Data)

{

case TransferStarted msg:

\_behavior.Become(AwaitingDebitConfirmation);

break;

case AccountDebited msg:

\_behavior.Become(AwaitingCreditConfirmation);

break;

case CreditRefused msg:

\_behavior.Become(RollingBackDebit);

break;

case AccountCredited \_:

case DebitRolledBack \_:

case TransferFailed \_:

\_processCompleted = true;

break;

}

}

记录所有状态更改事件是我们从故障中恢复的原因。它TransferProcess本身是受监督的，因此当发生故障时，它会由它的父节点重新启动。这会产生一个Started消息，我们可以在其中重建状态TransferProcess。我们TransferProcess ReceiveAsync在委托给Behavior类之前在方法中执行此操作：

public async Task ReceiveAsync(IContext context)

{

switch (context.Message)

{

case Started msg:

\_behavior.Become(Starting);

await \_persistence.RecoverStateAsync();

break;

// ...

}

await \_behavior.ReceiveAsync(context);

}

RecoverStateAsync将从我们的存储加载所有事件并在其上调用ApplyEvent方法，从而重建我们的行为状态转换，并将actor重新置于正确的状态。注意Starting状态的默认值- 如果我们没有任何事件需要在Starting状态中开始。如果我们确实有事件，那么状态将正常过渡。

##### 担心的父母 - 我们的孩子去哪儿了？

在我们当前的设计中，当我们从先前的状态接收消息时，创建尝试贷方和借方操作的actor。例如，在AwaitingDebitConfirmation 状态，如果我们收到成功的回复，我们会产生一个新的actor来尝试贷方：

private Task AwaitingDebitConfirmation(IContext context)

{

switch (context.Message)

{

case OK \_:

await \_persistence.PersistEventAsync(new AccountDebited());

context.SpawnNamed(TryCredit(\_to, +\_amount), "CreditAttempt");

break;

//...

}

}

但是有一个问题 - 考虑OK收到消息的场景，TransferProcess保存AccountDebited事件，转换到AwaitingCreditConfirmation状态，生成CreditAttemptactor并随后崩溃 - 这将导致所有子节点终止，包括CreditAttempt刚创建的actor 。当TransferProcess重新启动时，我们重新加载所有事件并转换到AwaitingCreditConfirmation状态，我们正在等待CreditAttempt已终止的actor 的响应。由于未重新启动子项，因此不会收到任何消息。

解决此问题的一种方法是CreditAttempt在TransferProcess接收Started事件时重新创建actor ：

private async Task AwaitingCreditConfirmation(IContext context)

{

switch (context.Message)

{

case Started \_:

context.SpawnNamed(TryCredit(\_to, +\_amount), "CreditAttempt");

break;

//..... other code omitted

}

}

这将恢复CreditAttemptactor，并将TransferProcessactor恢复到崩溃前的状态。

##### 为什么我的孩子终止了？

当前设计的另一个问题是Terminated消息用于指示AccountProxy actors操作失败。在考虑TransferProcess重启时会发生什么时，这会出现问题。该AccountProxy actor是TransferProcess actor的子域，一两件事重新启动过程中发生的情况是一个actor的所有子域得到停止。因此，当TransferPorcess重新启动actor 时，它会因子进程停止Terminated而收到消息AccountProxy。这现在打破了我们对Terminated消息所代表的语义的意义- AccountProxy它没有与之沟通Account，而TransferProcess 自身也失败了。TransferProcess我们可以追踪这种情况，而不是重新设计：

public async Task ReceiveAsync(IContext context)

{

switch (context.Message)

{

//...

case Stopping msg:

\_stopping = true;

break;

case Restarting msg:

\_restarting = true;

break;

case Terminated \_ when \_restarting || \_stopping:

return;

//...

}

await \_behavior.ReceiveAsync(context);

当TransferProcess重新启动或停止时，它接收我们能够处理的消息。这发生在孩子们停止之前。通过在发生这些事件时设置标志，我们可以Terminated在此状态下安全地忽略消息。我们立即从ReceiveAsync阻止await \_behavior.ReceiveAsync(context)方法执行的方法返回。false重启过程完成后，这些标志将重置为其默认值。

## 监督，错误内核和幂等性

实现saga的一个重要因素是重试操作的概念。您将注意到，在尝试我们的借记和贷记操作时，会创建一个单独的actor来执行此操作。我们可以依靠actor系统中的监督策略来帮助重试失败的操作。如果此调用出现任何问题，则此actor失败，并允许其父级对失败采取行动......由于此actor是TransferProcess actor的子域，因此由TransferProcess actor 监督。这允许我们使用错误内核模式来推出将远程服务调用到单独的actor中的“危险”操作，并为该actor设置监督策略。在这种情况下，我们的监督策略说重试10次（任何失败的SupervisorDirective.Restart）然后放弃并停止actor：

var retryAttempts = 10;

var supervisionStrategy = new OneForOneStrategy((pid, reason) =>

SupervisorDirective.Restart, retryAttempts)

Actor.FromProducer(() => new TransferProcess(...)

.WithChildSupervisorStrategy(supervisionStrategy);

##### 幂等接收者

鉴于我们正在重新对帐户进行操作，我们需要他们成为幂等接收者。在消息传递应用程序中，幂等性定义为

无论是一次还是多次接收都会产生相同效果的消息。这意味着即使接收器接收到相同消息的重复，也可以安全地重新发送消息而不会引起任何问题。[EIP](http://www.enterpriseintegrationpatterns.com/patterns/messaging/IdempotentReceiver.html)

有些消息自然是幂等的，有些则不是。在这种情况下，递增或递减帐户的余额并不是自然是幂等的，因此我们需要跟踪我们已经处理过的消息。每次我们创建AccountProxy它时都具有相同的PID，我们可以使用它来跟踪已处理的消息。当Account actor收到重复的消息时，我们可以发送与原始消息相同的响应：

private readonly Dictionary<PID, object> \_processedMessages = new Dictionary<PID, object>();

public Task ReceiveAsync(IContext context)

{

switch (context.Message)

{

case Credit msg when \_processedMessages.ContainsKey(msg.ReplyTo):

replyTo.Tell(\_processedMessages[replyTo]);

return Actor.Done;

case Credit msg:

\_balance += amount;

\_processedMessages.Add(replyTo, new OK());

replyTo.Tell(new OK());

return Actor.Done;

//...

}

return Actor.Done;

}

我们第一次收到Credit我们将落入以上，我们调整，我们已经通过使用处理的消息的帐户和记录的平衡第二种情况下声明消息ReplyTo属性的独特性（这是PID的AccountProxy并且是唯一的TransferProcess）并保存响应消息。如果我们再次收到相同的消息，将触发第一个case语句，我们将回复原始响应。

注意\_processedMessages当TransferProcess演员被终止时，有清除集合的余地，这是“ [反应设计模式](https://www.manning.com/books/reactive-design-patterns) ”一书中[商务握手模式](https://github.com/ReactiveDesignPatterns/CodeSamples/blob/master/chapter15/src/main/scala/com/reactivedesignpatterns/chapter15/BusinessHandshake.scala)中采用的一种技术

## 结果

我们现在已经完成了Money Transfer Saga的实施，但是我们需要一种方法来运行它，以及一种产生故障的方法。要运行saga，我们将使用一个简单的控制台应用程序：

internal class Program

{

public static void Main(string[] args)

{

Console.WriteLine("Starting");

var random = new Random();

var numberOfTransfers = 1000;

var uptime = 99.99;

var retryAttempts = 3;

var refusalProbability = 0.01;

var busyProbability = 0.05;

var provider = new InMemoryProvider();

var props = Actor.FromProducer(() => new Runner(numberOfTransfers, uptime, refusalProbability, busyProbability, retryAttempts, false))

.WithChildSupervisorStrategy(new OneForOneStrategy((pid, reason) => SupervisorDirective.Restart, retryAttempts, null));

Console.WriteLine("Spawning runner");

var runner = Actor.SpawnNamed(props, "runner");

Console.ReadLine();

}

}

在这里，我们设置一些变量供Account演员使用以模拟各种故障情形：

* uptime确定Account失败的概率
  + refusalProbability确定Account拒绝贷方或借方请求的概率
  + busyProbability确定Account将返回ServiceUnavailable响应的概率

我们还指定了我们将要运行多少saga以及将进行多少次重试。然后我们创建一个Runner actor来运行saga。

##### Runner

该Runner角色负责运行的saga故事，并收集和对结果的报告。它实现了一个散布 - 聚集模式来生成TransferProcessactor，然后在它们全部完成时进行报告：

public Task ReceiveAsync(IContext context)

{

switch (context.Message)

{

//...

case Started \_:

var random = new Random();

\_inMemoryProvider = new InMemoryProvider();

for (int i = 1; i <= \_numberOfIterations; i++)

{

int j = i;

var fromAccount = CreateAccount($"FromAccount{j}", random);

var toAccount = CreateAccount($"ToAccount{j}", random);

var transferProps = Actor.FromProducer(() => new TransferProcess(fromAccount, toAccount, 10,

\_inMemoryProvider, $"Transfer Process {j}", random, \_uptime))

.WithChildSupervisorStrategy(

new OneForOneStrategy((pid, reason) => SupervisorDirective.Restart, \_retryAttempts,

null));

var transfer = context.SpawnNamed(transferProps, $"Transfer Process {j}");

\_transfers.Add(transfer);

}

break;

}

return Actor.Done;

}

一旦Runner启动，它会循环遍历迭代次数，每次创建两个Accountactor和一个TransferProcessactor，将TransferProcessPID 添加到\_transfers集合中。在Runner监督中的TransferActor，并负责将其重新启动应该会崩溃。在TransferProcessactor 内部，调用context.Parent.Tell();通知Runner结果。在Runner随后等待从接收结果TransferProcess的演员：

public Task ReceiveAsync(IContext context)

{

switch (context.Message)

{

case SuccessResult msg:

\_successResults++;

CheckForCompletion(msg.Pid);

break;

case UnknownResult msg:

\_unknownResults++;

CheckForCompletion(msg.Pid);

break;

case FailedAndInconsistent msg:

\_failedAndInconsistentResults++;

CheckForCompletion(msg.Pid);

break;

case FailedButConsistentResult msg:

\_failedButConsistentResults++;

CheckForCompletion(msg.Pid);

break;

//...

}

对于每种结果类型，计数器递增以跟踪不同的结果类型，然后执行完成检查以确定是否所有传奇都已完成。如果是，则输出结果：

private void CheckForCompletion(PID pid)

{

\_transfers.Remove(pid);

var remaining = \_transfers.Count;

//... write status to console.

if (remaining == 0)

{

//... output results

}

}

## 一些例子

那么事情怎么样？给定足够的正常运行时间和足够的重试尝试，事情看起来很好：

RESULTS **for** 99.99% uptime, 0.01% chance of refusal, 0.05% of being busy **and** 3 retry attempts:

- 100% (1000/1000) successful transfers

- 0% (0/1000) failures leaving a consistent system

- 0% (0/1000) failures leaving an inconsistent system

- 0% (0/1000) unknown results

即使我们降低正常运行时间并增加繁忙的可能性，事情看起来仍然很好：

RESULTS **for** 99% uptime, 0.01% chance of refusal, 0.1% of being busy **and** 3 retry attempts:

- 100% (1000/1000) successful transfers

- 0% (0/1000) failures leaving a consistent system

- 0% (0/1000) failures leaving an inconsistent system

- 0% (0/1000) unknown results

我们必须大大减少正常运行时间才能开始看到不同的东西：

RESULTS **for** 90% uptime, 0.01% chance of refusal, 0.1% of being busy **and** 3 retry attempts:

- 99.9% (999/1000) successful transfers

- 0.2% (2/1000) failures leaving a consistent system

- 0% (0/1000) failures leaving an inconsistent system

- 0% (0/1000) unknown results

删除重试尝试会显着影响我们的结果：

RESULTS **for** 90% uptime, 0.01% chance of refusal, 0.1% of being busy **and** 1 retry attempts:

- 92% (920/1000) successful transfers

- 0% (0/1000) failures leaving a consistent system

- 0% (0/1000) failures leaving an inconsistent system

- 8% (80/1000) unknown results

显着增加重试次数使我们能够应对一个非常容易出错的系统：

RESULTS **for** 50% uptime, 0.01% chance of refusal, 0.1% of being busy **and** 15 retry attempts:

- 100% (1000/1000) successful transfers

- 0% (0/1000) failures leaving a consistent system

- 0% (0/1000) failures leaving an inconsistent system

- 0% (0/1000) unknown results

增加拒绝的可能性会产生很大的影响，因为重试不会发生：

RESULTS **for** 50% uptime, 20.1% chance of refusal, 0.2% of being busy **and** 15 retry attempts:

68.9% (689/1000) successful transfers

29.2% (292/1000) failures leaving a consistent system

4.6% (46/1000) failures leaving an inconsistent system

0.1% (1/1000) unknown results

最大的影响来自于完全不重试，因为我们有可能超时我们的请求（Account演员已经Thread.Sleep(\_random.Next(0,150)在其中，而AccountProxy期望在100毫秒内回复）：

RESULTS **for** 99.99% uptime, 0.01% chance of refusal, 0.01% of being busy **and** 0 retry attempts:

48.8% (488/1000) successful transfers

0.1% (1/1000) failures leaving a consistent system

0% (0/1000) failures leaving an inconsistent system

51.1% (511/1000) unknown results

总体而言，结果显示了重试我们的操作的重要性，以及需要使用能够让我们重试的幂等接收器的重要性。如果我们只是重试我们的操作，我们可以在非常容易出错的系统中获得非常好的结果。

这是一个人为场景。在现实世界中，您需要更精细的重试策略，允许远程服务从他们可能遇到的高需求或可能是短暂的故障中恢复 - 指数后退策略比立即重试更有用。能够通过使用审计日志从给定点恢复saga的能力也非常重要 - 如果远程服务停机了相当长的时间，您仍然可以在恢复时尝试传奇。