NFT multi-chain operations protocol

v 0.1.0

0. 概述

对于不同区块链上的token交换，目前虽然中心化交易所可以帮助执行，但是这样的服务需要高度的信任，且易发生主动作恶、单点故障等问题。随着Cosmos、Polkadot这样一批优秀的跨链项目的落地，架构在跨链基础设施之上的去中心化token流通协议/方案也成为重要的研究内容。

在已有的方案中，atomic cross-chain swaps (ACCS) 是最早提出的可行性方案，但由于其跨链效率低、成本高，实际使用场景并不多。随后，XClaim (Cross Claim) 针对 ACCS 的缺点，提出了通用的、高效低成本的跨链框架，使用了Cryptocurrency-Bakced Assets (CBAs).

XClaim 虽然某种程度上解决了 ACCS 的缺点，但是也存在其自身的局限性：只针对Fungible Token有效，并且。目前针对NFT的跨链流通还没有通用框架。本文提出了基于XClaim的适用NFT跨链的扩展协议（以双链互跨为例），并且在多链互跨的情况下，提出了更低成本、功能根据扩展性的跨链协议。

关键词：Blockchain, NFT, cross chain, multi-chain

I. 背景

A. 研究历史

比特币[1]的出现，允许每个人只要拥有私钥，就可以不依赖任何信任地操作自己的资产。整个比特币系统，由一系列记录着自己前序区块hash的区块构成，共同维护着同一份去中心化的全球“账本”。

比特币的出现之后，紧接着的就是区块链的飞速发展，出现了支持智能合约的公链——以太坊[2]，PoS的公链——EOS[3]等。这些公链的爆发，带来了整个token交易市场的繁荣。

主流的token交易/交换方式仍然是中心化交易所，用户的token由中心化交易所代为管理。信任和维护成本很高，并且还需要面临源源不断的黑客攻击的威胁。

为了克服中心化交易所的弊端，去中心化交易所 (DEX) 开始涌现。绝大部分去中心化交易所只支持在一条链上进行链内的token交易/转换，比如以太坊上的ERC20[4], ERC721 token[5]. 这一定程度上实现了去中心化，降低了信任成本（从相信机构变成了相信代码），但是使用场景十分有限，并且还要受限于公链的tps和交易费用。

当然也有一部分的去中心化交易所实现了ACCS，允许token跨链交换。它们使用了hashed timelock contracts (HTLCs)[6]. HTLCs的优点同它的缺点一样，都很明显。HTLCs可以在不需要信任的情况下实现跨链token的原子交换，这既实现了去中心化，又拓展了单条链上的DEX的功能。它的缺点就是成本太高，并且限制条件很多：(i) 所有参与方都必须保持全过程在线 (ii) 对粉尘交易失效 (iii) 通常锁定时间较长。这样的token跨链交换既昂贵又低效。在实际使用中，HTLCs的使用范例也非常少。

为了实现去信任的、低成本的、高效率的token跨链操作，XClaim团队提出了cross claim方案，基于CBA。并且在XClaim的论文中详述了XClaim是如何完成以下四种操作的：Issue, Transfer, Swap and Redeem.

XClaim系统中保证经济安全的角色被称为 $vault$, 如果任何人想要把chain B 上的原生token b 跨到 chain I 变成 $i(b)$ ，那么就需要 $vault$ 在chain I 上超额抵押 i 。 在以上四种操作中，如果 $vault$ 存在恶意行为，则罚掉 $vault$ 抵押的 i ，用于补偿跨链发起者。其他细节详见XClaim的论文[7]。

至此，对于Fungible token的跨链，已经得到一个可靠的、可实现的方案。

B. 尚未解决的问题

XClaim方案中有着一个基本假设，即跨链锁定的chain B 的原生token b 的总价值， 与在 I 上发行出的 $i(b)$ 的总价值相等，在XClaim中被称为*symmetric*, 即 $|b| = |i(b)|$。这样的假设是的XClaim在NFT的跨链中存在着天然的困境：

- NFT的不可替代性。正因为NFT具有可识别性、不可替代性等特点，使得 $vault$ 在 chain I 上抵押 chain B 上的 NFT nft_b 成了一件不可能的事情。
- NFT的价值难以评估。在XClaim中，判断 $vault$ 的抵押是否足额/超额，是通过Oracle O 实现的。这也存在一个潜在的假设：token b 和 token i 可以被正确地评估价值。基于目前繁荣的中心化和去中心化交易所，在提供了良好的流动性的情况下，是可以基本满足该潜在假设的。但是NFT交易所市场尚未成熟，即使中心化交易所也无法比较真实地反应市场对NFT的价格判断。NFT如何定价本身就是一个难题。
- NFT定价不具有连续性和可预测性。即使某个NFT在市场上有了一次成交记录，即有了一个价格，因为NFT被售出的频次远低于FT，即使在市场流动性非常好的情况下，该NFT下一次的成交价格既不连续，也不可预测。

C. 研究基础

如果以XClaim方案作为跨链的基本方案，那么在这个基础上，只需要解决NFT的定价问题，就可以解决系统的经济安全。

对于NFT的定价问题，目前中心化和去中心化交易所给出的解决方案就是交给市场。根据dapp数据统计网站显示，排名第一的NFT交易所Opensea[8]一天的日活用户仅为42，日交易笔数73. 即使也采用和XClaim相同的喂价方案Oracle, 在这样的市场面前，得到的价格也很难具有代表性。

并且，鉴于NFT的不可替代性，市场定价的方法也存在天然的悖论。即买卖成功才可以定价；但是买卖成功同时也意味着owner的转移。

目前对于NFT的定价问题，还没有成型的方案。

C-I. 什么是Harberger Taxes

市场和私有财产是两个通常被放在一起谈论的话题，在现在社会很难想象，如果只单独谈论其中的一点却不提及另一点。然而在十九世纪，很多欧洲的经济学者也是自由论者和平等主张者，那时拥抱市场同时对私有财产持怀疑态度是很正常的事情。

由此，实现一个包含市场但是却没有所有权的系统是完全可行的：在每年的结束，收集物品的价格，在第二年的一开始，物品属于出价更高的人。这样的系统虽然在现实中不可行，但是它有一个显著的优点：实现配置效率。每年，每件物品都属于可以从中获取最大价值的人（因此才愿意出更高的价格）。

Eric Posner 和 Glen Weyl, 《radical market》的作者提出了一个方案Harberger Taxes[9]：1. 所有人都为自己的财产评估一个价格 2. 所有人按评估价的百分比，例如2%进行交税 3. 其他人可以以不小于评估价的价格，随时买走自己的财产。这就强制所有人都必须公平客观地评估物品的价格，评估地过高，自己就要多缴税；评估地过低，其他人就可以获得消费者剩余。

C-II. Harberger Taxes在跨链中的应用

我们提议将Harberger Taxes应用于NFT的定价上。不同于将定价问题交给时间和市场，我们提议将定价问题交给跨链发起者自己。

因跨链并不需要涉及到NFT的交易，所以我们只应用Harberger Taxes的卖方估价并交税的部分，并不应用强制交易的部分。

大概的思路为，由跨链发起者为其需要跨链的在chain B 上的NFT nft_b 声明一个价格 p，并按照一定比例的价格支付跨链手续费；对应地，$vault$ 需要按价格在chain I 上提供等值/超值于p 的抵押 i，如果跨链操作正确完成，则跨链手续费将被支付给对应的 $vault$；如果存在恶意行为导致跨链失败并且nft_b 的归属者发生错误转移，则抵押的 i 将用于补偿跨链发起者的损失。

D. 组件定义

这里我们将部分遵从XClaim的声明方式，以保持延续性：

- *Issuing blockchain*, the blockchain I, 跨链后的新NFT的发行链
- *backing blockchain*, the blockchain B, 跨链前NFT所在的链
- *NFT identifier*, nft_b^n， 表示在chain B 上的原生的、标识为 n 的NFT，出现在章节II中
- *NFT identifier*, $nft_i^{n'}$， 表示跨链后在chain I 上新增发的、 标识为 n 的NFT，出现在章节II中
- *NFT identifier*, $nft_b^{x,n}$, 表示在chain B 上，在合约 x 中标识为 n 的NFT，出现在章节III中
- *NFT identifier*, $nft_i^{x',n'}$, 表示跨链后在chain I 上新增发的、在合约 x' 中标识为 n' 的NFT，出现在章节III中
- *native token on chain* I: i
- 抵押token，i_col , 表示在chain I 上抵押的token

系统参与方：

- **Requester** : 在chain B 上锁定 nft_b^n 并且希望在 I 上获得新发行的$nft_i^{n'}$ ；
- **Sender**： 在 I 上拥有$nft_i^{n'}$ 并且可以转移它的所有权给其他人；

- **Receiver**： 在 I 接受并且获取 $nft_i^{n'}$ 的所有权的人；
- **Redeemer**： 在 I 上销毁 $nft_i^{n'}$ ，而后在 B 上释放 nft_b^n；
- **vault**： 不需要信任的第三方，保证 *Issue* 和 *Redeem* 时整个系统的经济安全；
- **Issuing Smart Contract (iSC)**：在 I 上完全公开的、负责管理$vault$ 名单并负责发行NFT资产 nft_i 的智能合约
- **Locking Smart Contract(loSC)**: 在 B 上完全公开的、负责管理冻结后的NFT资产 nft_b 的智能合约 （出现在章节III）

其中，*Requester, redeemer, vault* 必须在 *chain* I *和 chain* B 上都有对应的公私钥；*Sender, Receiver*只需要持有在 I 上的公私钥；*iSC* 是在 I 上完全公开的、可审计的智能合约；*loSC*是在 B 上完全公开的、可审计的智能合约。

II. XClaim-Based NFT cross-chain protocol

A. 区块链模型假设

> *为了兼容XClaim，这里对chain* B *和 chain* I *的假设和XClaim一样，并不做更多的假设限制。*

基本假设：

- *backing blockchain*，只有基本的账本功能的区块链，对于NFT跨链，唯一增加的假设就是 *chain* B 原生token就支持NFT；
- *Issuing blockchain* , 支持图灵完备的智能合约的区块链；

在这里，我们构造出一个跨链场景：

Alice 在 *chain* B 上拥有 nft_b^n, Dave在chain I 上有足够的 i,

1. Alice想在chain I 上发行 nft_b 对应的新NFT，即 $nft_i^{n'}$
2. Alice在拥有$nft_i^{n'}$ 之后，又想把它在chain I 上转移给 Bob
3. 或者在某个稍晚的时刻，Bob想从chain I 上把资产赎回到 chain B ，再次获得 nft_b^n

为了实现以上场景，XClaim-based NFT cross-chain protocol需要实现三种协议：*Issue, Trasnfer, Redeem*. 为了简化模型，我们在此处省略手续费相关部分的细节。

B. 初步实现方案

Protocol: Issue

> *Alice (requester) 把* nft_b^n *在* B *上锁定在* $vault$*，为了在* I *上创造* $nft_i^{n'}$.

(i) ***准备***。Alice 预先声明一个价格 p, 确认 iSC 有效并且在 iSC 中寻找有足额/超额抵押 (i_col) 的 $vault$.

(ii) ***锁定***。Alice 把 nft_b^n 转移给 $vault$，同时声明自己在 I 上的地址；并且支付跨链手续费；

(iii) ***发行***。$vault$ 向iSC发送签名消息: 同意向Alice在 I 上的地址发行新资产， iSC 在确认 $vault$ 的签名后，在Alice的地址上发行 $nft_i^{n'}$

Protocol: Transfer

> *Alice (sender) 在 chain I 发送 $nft_i^{n'}$ 给 Bob (receiver)*

(i) ***转移***。Alice在 I 上把 $nft_i^{n'}$ 在 iSC中，把所有权转移给 Bob，参考ERC721.

(ii) ***见证***。当 $nft_i^{n'}$ 在 iSC 中的所有权发生了转移时，相应的 $vault$ 应当可以见证觉察。此时，当Alice再想把 $nft_i^{n'}$ 赎回时，$vault$ 在 iSC 中发现 $nft_i^{n'}$ 的所有权已经转移给Bob之后，应当禁止该交易。

需要补充的是，在系列操作的过程中，$nft_i^{n'}$ 的价格可能发生波动，该NFT的当前所有人可随时为其声明新的价格，相应地，$vault$ 需要满足质押。

Protocol: Redeem

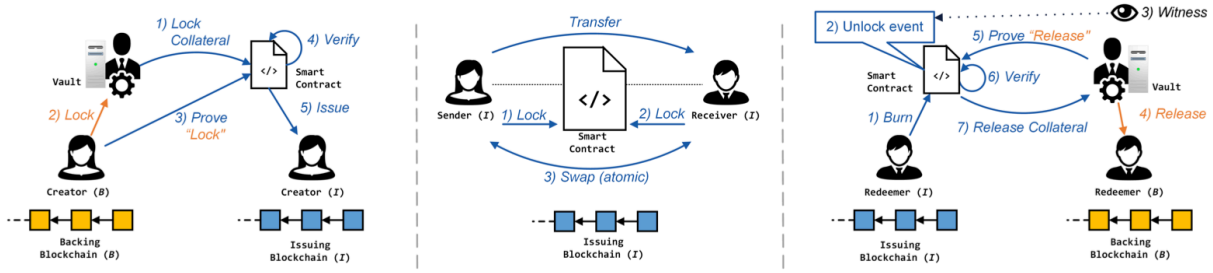
> *Bob想把 $nft_i^{n'}$ 从 I 中赎回到 B 中时，Bob需要把 $nft_i^{n'}$ 锁定在 iSC 里，这样 $vault$ 在 B 上就会把 nft_b^n 释放给 Bob. 然后在 I 中销毁 $nft_i^{n'}$。*

(i) ***准备***。Bob需要现在 B 上创建地址，持有对应私钥。

(ii) ***锁定***。 Bob在 I 上把 $nft_i^{n'}$ 锁定在 iSC 中，发起赎回请求，请求中应包含 Bob 在 B 上的地址。并且，$vault$ 应当对这一过程保持觉察。

(iii) ***释放***。$vault$ 可以在 iSC 中验证锁定操作和赎回请求， 之后在 B 上将对应的 nft_b^n 发送给 Bob的地址。

(iv) ***销毁***。 $vault$ 提交 在 B 上的释放证明 (proof) 给 iSC，iSC在验证 proof 之后自动销毁 $nft_i^{n'}$ 并且允许 $vault$ 解冻对应的 i_col



Issue　　Transfer / Swap　　Redeem

(图片来自XClaim，有待修改)

C. Design Roadmap

在之前的示例说明中，都默认了单 $vault$ 模式。 XClaim本身对于这种模式就有了扩展的、更加去中心化的解决方案，即引入 *multi-vault*，允许任何人抵押 i_col 成为 $vault$，从而最大程度减轻单点故障对整个系统带来的影响。因此XClaim-based NFT跨链方案，天然支持这种扩展。

然而，由于NFT的不可替代性，导致NFT的估价不具备连续性和可预测性，价格上有很大概率存在剧烈波动，从而影响系统的安全性。为了尽量减低NFT价格波动对系统安全性的冲击，我们将在III中引入全新的解决方案，通过基于全新且合理的区块链假设，不依赖 $vault$ ，即在 *non-vault* 的情况下，实现跨链安全。

1. 通过继承XClaim的扩展方案，首先，尽可能减低对$vault$的信任依赖，甚至实现0信任依赖，来实现整个系统的健壮性。在这里，我们引入 $chain\ relay$ (章节III) 来为 iSC 提供 chain B 的上的区块和交易证明，对任何人公开可查。
2. 在整个跨链过程中，$vault$ 要保持参与，为了防止单个 $vault$ 可能发生的单点故障，这里我们同样采取和XClaim相同的做法，开放 $vault$ 的注册，允许任何愿意抵押 i_col 的人或者机构都可以成为 $vault$.
3. 前述，即使NFT价格可以被正确评估，但是由于NFT价格的不连续性和波动幅度大的特点，使得 $vault$ 的抵押也可能存在较大幅度的波动。因此，在章节III中，我们引入了没有 $vault$ 的跨链解决方案。这对chain B 会有更高的假设限制，技术维护上的成本也会更高一些。但是相比于XClaim沉淀了大量的抵押资金，然而在经济上目前还没有可持续性的激励方案，我们认为技术维护上多出的成本，远远小于抵押资金的时间成本。值得尝试。

III. *Non-vault* NFT multi-chain operations protocol

本章节将展示NFT multi-chain operations protocol的设计思路和过程实现。在章节II中，XClaimed-based跨链方案已经可以保证了在大部分场合下的NFT的跨链安全操作，但是依然无法保证当NFT价格产生剧烈波动时，整个系统的鲁棒性和可持续性。

所以我们引入了完全无 $vault$ 的跨链方案，通过引入技术安全性：

- ***loSC + iSC***: 在章节II中，对chain B 没有任何额外的要求，导致在 chain B 上的安全只能由在 chain I 上抵押 i_col 的 $vault$ 来提供。在III-A中将详述对 chain B 引入的新的假设约束。一旦 chain B 上的资产安全可以非互操作性地实现，将降低对 $vault$ 的依赖。
- ***multi chain relay***: *chain relay* 可以提供区块链的区块和交易证明，它在XClaim扩展方案中，也被应用来减低对 $vault$ 的信任依赖。在章节III-B中，将介绍 *multi chain relay* 如何在保证安全的基础上，进一步地减少对 $vault$ 的依赖。

A. 区块链模型假设

在目前已经上线的区块链项目中，几乎没有NFT作为链的原生资产的，所有的NFT几乎都是在智能合约内实现的。因此，对原生资产所在的chain B, 可以引入全新且合理的假设：

- *backing blockchain* 和 *Issuing blockchain*: 都支持图灵完备的智能合约

这样我们就可以通过在 B 和 I 上放置独立的智能合约 loSC 和 iSC 来提供更强的技术约束，保证跨链的安全性。

B. Chain Relay

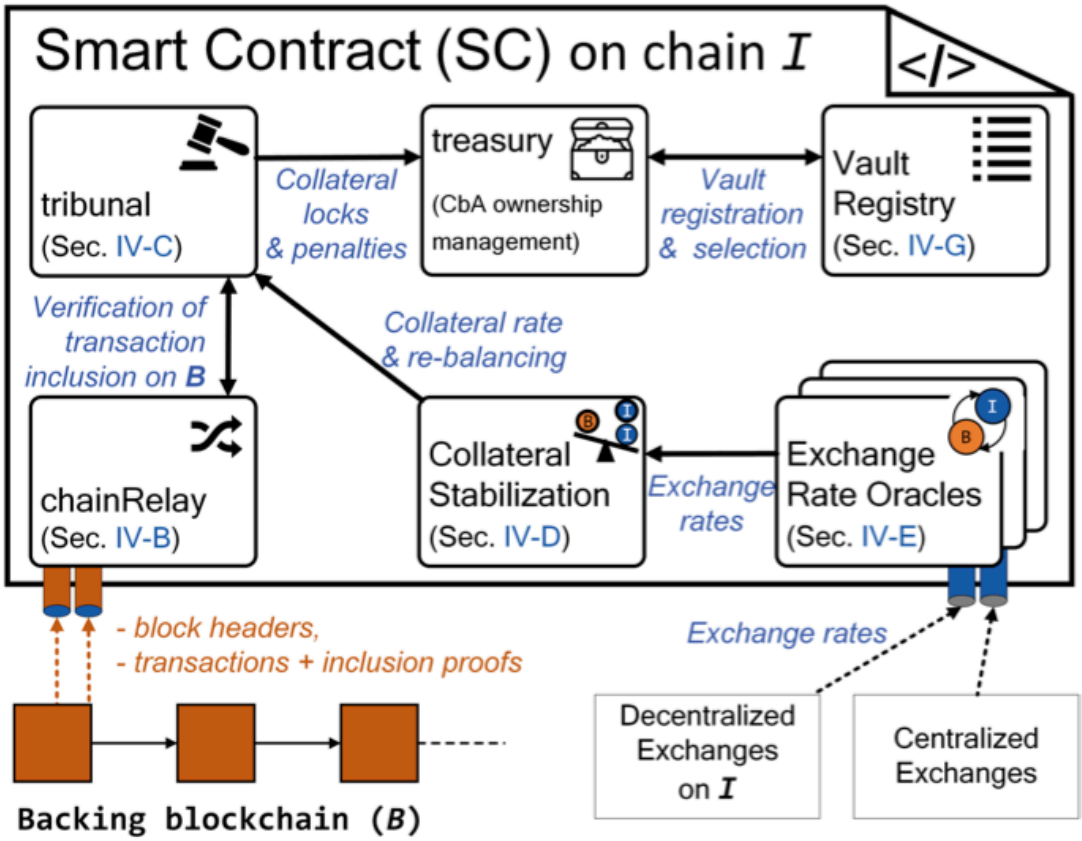
B-I. 什么是 *chain relay*

XClaim 给出了对 *chain relay* [7]的定义：

> *Chain relays: Cross-Chain State Verification. It is capable of interpreting the statte of the backing blockchain B and provide functionality comparable to an SPV or light client[10].*

因此，*chain relay* 可以被认为是由包含root of merkle tree的区块头组成。它为 iSC 提供了两种功能： *交易存在证明* 以及 *共识证明*。

- ***交易存在证明***： *chain relay* 存储着区块链的每一个区块头，以及区块头里的root of merkle tree. 在提供merkle tree路径的情况下，这已经足够可以证明一笔交易是否存在于这条链的某个区块中。
- ***共识证明***： 以比特币为例，因为每个节点通常不能即时看到全网的情况，因此经常会发生产生孤块，又在重组中被丢弃的情况。为了避免这种情况带来的攻击/漏洞，*chain relay* 必须要验证给定的区块头是否为完整区块链的一部分，例如被大部分节点认可。对于共识为Proof-of-Work的区块链，*chain relay* 必须：(i) 知道挖矿难度调整策略 (ii) 验证收到的区块头是否在具有最多累计工作量证明的链上。 对于共识为Proof-of-Stake的区块链，*chain relay* 必须：(i) 知道协议要求/staking 的阶段，例如epoch (ii) 验证区块头中验证人签名数量是否满足区块的阈值要求。



（图片来自XClaim，待更新）

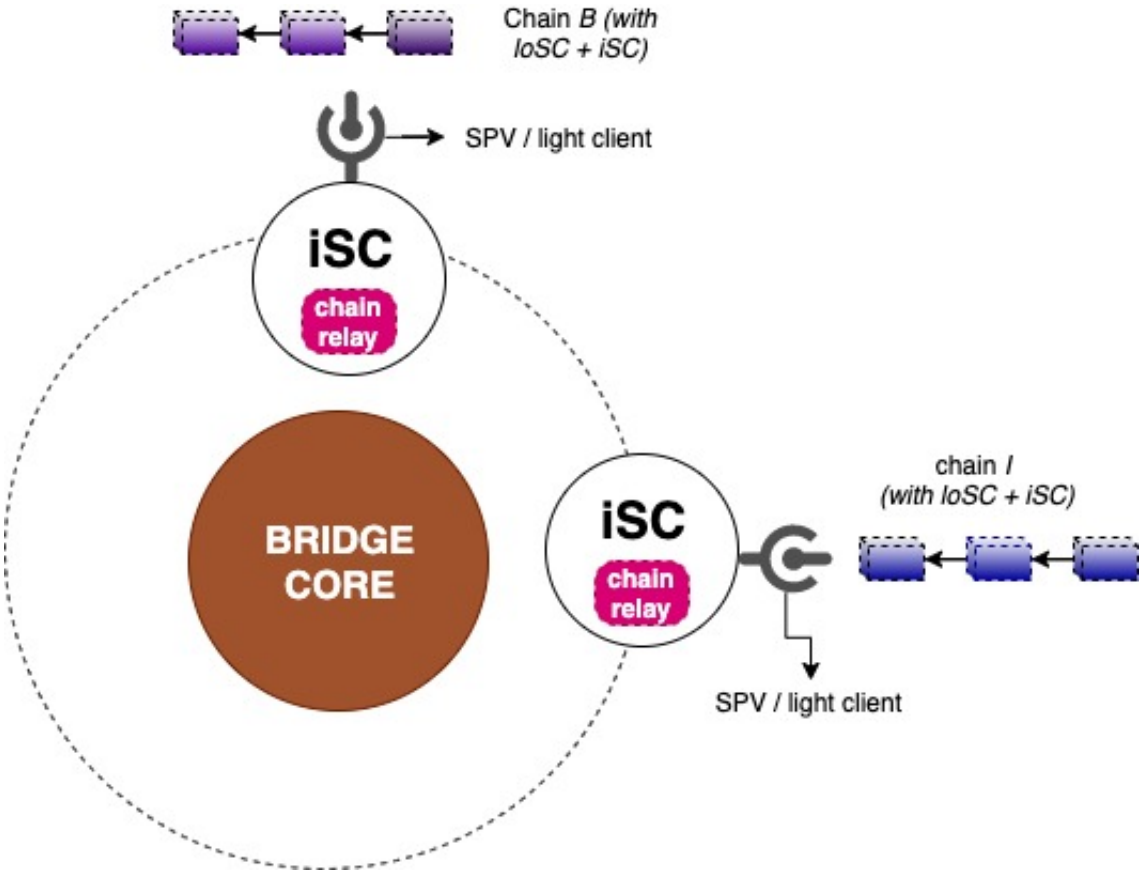
B-II. *chain relay* 如何去信任

这里以章节II中的 *Protocol Issue* 为例， 当 *requester* 把 nft_b^n 锁定在 *vault* 时，会产生一笔交易：$lock(vault_address, lock_amount) -> T_l$ ，随后 *requester* 会向 *chain relay* 提交这笔交易T_l ，之后 *chain relay* 会检验 T_l 确实是存在于给定区块的交易中，这个区块也存在于最长链中，那么就证明token已经被安全地锁定了。如果验证通过，会原子地触发 iSC 中的资产发行操作。

B-III. *multi chain relay* 架构

在两条公链中跨链转移token，需要在chain I 维护 *chain relay* 的成本是很高的，例如以太坊上每笔交易需要gas。如果把两条公链之间的跨链行为扩展到任意 n 公链的话，那么每条链上都需要单独维护 $n-1$ 个 iSC，成本将成指数级增长。为了降低系统的维护成本，考虑在基于substrate的平行链上实现跨链的核心功能。

那么整个系统的架构如下：



图中 **Bridge Core** 即为基于Substrate 的 parachain；**iSC** 为 **Bridge Core** 的对应链的资产的发行模块。和以前的跨链方案不同的是，在上图的架构中，所有链的token需要先跨入**Bridge Core**, 而后在 **Bridge Core** 内部转换到目的公链对应的iSC 中，最后再在对应公链上发行对应的资产，整个跨链操作即完成。

这里，SPV / light client 天然具备发送交易的功能，因此只要在 iSC 内部构造好对应公链的交易并签名，就可以原子地将交易广播到对应公链上。

B-IV. 组件定义

- *Issuing Smart Contract*, iSC_X: 表示在 chain X 上的资产发行合约；
    - iSC_{BC}^X, 特指在 *Bridge Core* 上验证 chain X 上交易的资产发行合约/模块；
- *Locking Smart Contract*, $loSC_X$: 表示在 chain X 上的资产锁定合约；
- *NFT in Bridge Core*: $nft_{BC}^{X,n'}$, 表示在 *bridge Core* 中，在 iSC_{BC}^X 里、标识为n'的NFT资产；
- *Issuing Transaction*: T_I^{ISSUE}, 在 chain I 上发行NFT的交易数据构造；

参与方：

- *trigger*, 在 *Issue* 时提交lock交易给 *Bridge Core*, 并签名 T_I^{ISSUE} 广播到 chain I；在 *Redeem*时反向操作。

> *trigger 需要交纳一定金额作为保证金，如果在规定延迟Δ内 没有提交正确的交易，则会被惩罚*

- *witness*, 维护 *chain relays* 的参与方；

其他定义同章节I-D

C. 初步实现方案

场景同章节II中的描述。依然需要实现三种 protocol：*Issue, Transfer, Redeem*. 同样为了简化模型，这里将不会讨论手续费相关细节。

Protocol: Issue

(i) ***锁定***。*requester* 将 chain B上的NFT资产 nft_b^n 锁定在 $loSC_B$ 中，同时声明目的地公链 chain I 以及自己在chain I 上的地址；

(ii) ***Bridge Core上发行***。 *requester* / *trigger* 将锁定交易发送给 iSC_{BC}^B , iSC_{BC}^B 会判断目的地公链，并把消息发送给对应的 iSC_{BC}^I , 并在iSC_{BC}^I 发行 $nft_{BC}^{I,n'}$， 同时原子地构造 chain I 上的资产发行交易: $build\_tx(nft\_id, address\_on\_I) -> T_I^{ISSUE}$，将该$T_I^{ISSUE}$ 添加进 pending池中；

(iii) ***发行***。在(ii) 中构造的 T_I^{ISSUE} 将在构造完成之后，trigger从pending池中将其取出，并对其签名并广播到 chain I 上执行 (签名本身也会产生交易T)， iSC_I将会验证签名交易T并按照 T_I^{ISSUE}增发对应的 $nft_i^{x',n'}$ 给 *requester* 在 chain I 上的地址；

Protocol: Transfer

(i) ***转移***。*sender* 在 I 上把 $nft_i^{x',n'}$ 在 iSC_I 中，把所有权转移给 *receiver*，参考ERC721.

(ii) ***见证***。当 $nft_i^{x',n'}$ 在 iSC_I 中的所有权发生了转移时，iSC_I 和 $loSC_I$ 都应当觉察。此时，当 *sender* 再想把 $nft_i^{x',n'}$ 赎回时需要先将其锁定在 $loSC_I$ 中，此时 *loSC_I* 将不会允许该操作成功。

Protocol: Redeem

Protocol Issue的反向操作。

D. Bridge Core

NFT跨链操作的难点在于，不同的公链有着自己的NFT标准，甚至不同公链上的NFT的token id连长度都是不相等的，NFT在跨到不同公链时，必然会经历token id的转换。如何在跨链的过程中不丢失NFT的可识别性，是一个值得研究的命题。

D-I. Bridge Core Design想要解决的问题

在设计Bridge Core内的NFT流转逻辑时，我们想解决以下三个问题：

- 保留NFT的跨链流转路径/历史，不损失NFT的可识别性；

- 计算和验证解耦，拥有更高的处理速度；
- 实现额外功能，例如NFT在跨链的同时完成分解、合并等操作；

为此，我们选择使用扩展的UTXO模型作为存储/状态 的流转单元，在这里我们称它为UNFO (Unspent Non-Fungible token Output).

D-II. UNFO Design

我们将UNFO设计成更加通用的UTXO，其结构如下：

```
pub struct UNFO {
    pub type: chainId,
    pub value: Vec<u8>, // token id on chainId
    pub lock: Script, // owner address
    pub cond_script: Option<Script>,
}
```

在UNFO里，会标识进入Bridge Core之前，原生NFT的chainId和token id, 分别放在 type 和 value 里；lock表达的是这个NFT的所有者是谁，即使得lock脚本执行成功的人；而cond_script里放着UNFO转换的一些条件限制，例如某个NFT在同一个chainID上不允许有两个不同的token id， 可以理解成智能合约。

这样，当一个UNFO的销毁，意味着另一个UNFO的创建，如果我们追溯UNFO的销毁创造历史，就可以回溯某个NFT的全部跨链历史，这一定程度上帮助实现了NFT的可识别性；

每个UNFO只能被销毁一次，这使得计算前不一定要先验证，从而提高了处理速度；

正如比特币的UTXO一样，Input和Output都可以有多个，这样的特点使得NFT在跨链的过程中，可以同时完成一些扩展功能，例如NFT的拆分和合并。

一直一来，NFT都比FT有用更多的操作种类，例如在游戏中，作为道具的NFT要求可拆解、可合成、可升级等，为此扩展出了很多NFT标准，例如ERC721, ERC1155, ERC721X等。标准越多，越难被广泛使用。

如果其中的一些通用需求可以在跨链同时实现，可以有效地减少标准的数量和冗余度，一定程度上更有利于实现一个统一的标准。

D-III. 兼容其他跨链设施

因为NFT对可识别性的高要求，使得在跨链时，使用不同跨链设施可能会造成意想不到的后果。而Fungible Token则只要保证价值对称、资产安全即可。

可以想象以下场景：

> *nft(A, X, 1) 表示在A链上、合约X中标识为1的NFT*

Alice在跨链桥M中，将nft(A, X, 1) 变为 nft(B, Y, 2)； 又通过跨链桥N，将nft(B, Y, 2) 变为 nft(C, Z, 3)。之后，当Alice想继续使用跨链桥M将C链上的nft 跨链去 A链的话，跨链桥M会将 nft(C, Z, 3) 识别为新的token，很可能在跨回A链时，将不再是nft(A, X, 1)，而是nft(A, X, 5). NFT就丢失了自己的可识别性，或者是用户就丢失了自己的资产。

为了尽可能减少丢失NFT可识别性对用户造成的潜在资产损失，用户可以获取到Bridge Core上某个NFT当前的UNFO，之后，用户先使用其他跨链设施将NFT跨到UNFO中type记录的对应链之后，再使用Bridge Core 进行后续的跨链操作。

这样，至少在当前系统内，NFT可保证可识别性不被破坏。

在补充章节IV中，我们还将探索其他的兼容方案，例如NFT解析模块。

IV. 补充讨论： NFT解析模块

为了方便的标记一个物品或者一个资产，我们会用一个唯一的标识来标记它，不同的物品具有不同的标识。我们先拿物理空间里面的物品举例，在理想情况下，所有的物品都应该在同一个时空里面，这样大家都能观察的到，并且方便做区分和标识。但是现实情况是，不同的物品可能存在于不同的时空里面，并且观察者也不一定能看到每一个物品。同样的情况，在虚拟资产世界，因为存在不同的账本或称区块链网络(简称域)，不同的物品在同一个域里面因为有不同的标识，可以容易的区分和定位，但是该域里面的观察者无法识别和解析来自外部域的物品标识。

目前现有的很多通证标准的设计，都主要是针对域内资产进行标识设计，没有将不同域内的资产复用考虑进来，这样导致在对非同质资产进行复用时，单独的Token ID无法标识唯一的资产，还需要带上很多域信息，实现起来十分复杂。

跨链技术可以极大的帮助通证在更广泛的区块链网络中实现互联互通，但是同时，也给开发者和用户带来了一些认知和使用门槛，其中就包括通证可识别性的问题。

因为目前的通证标准，例如ERC20或ERC721，只记录的其在某个特定链上的所有权信息，没有考虑到通证有可能会分布在两个区块链网络。当通证同时分布在两个区块链网络时，我们需要一套识别和解析系统帮助用户和通证应用来解析和查询当前的通证状态。当我们给出一个NFT的Token ID时，我们无法确定它目前所在区块链网络是哪个，其所有者是谁，因为当NFT发生跨链转移后，在其中一个区块链网络上该通证处于活跃状态，而其他则处于不可用状态，比如锁定状态。在没有通证解析系统的情况下，链外操作无法确定该NFT在哪条链上时处于活跃状态。

跨链环境下，Token面临的识别性和解析问题，需要新的解决方案和标准来解决。因此我们引入一个基于通证跨链证明的解析系统来解决通证跨链时的定位和解析需求，通过通证解析系统和域内唯一标识，我们可以存在与不同域的通证之间的关联关系映射起来，并标识他们之间的相同与不同。

A. 设计思路

通证解析模块是NFT cross-chain协议内嵌的一个模块，用于在 *Issuing chain* 或者其连接的中继链上记录和解析当前通证在中继链范围内的全局状态，并规范化处理成解析格式的方式，来为跨链网络提供通证解析查询和证明服务。

其他跨链共享数据

目前通证标准主要的设计是针对所有权信息进行记录，但是并没有对通证的跨链转账，使用权，类型，生产商等信息进行记录，使得通证合约对通证的描述并不全面，也没有提供可扩展的方法来增加其他的信息。

设计通证解析系统的一个额外好处是，因为可以把中继链看做一个共享的模块(共享存储和共享运行时SPREE)。我们引入Token解析合约(脚本)来记录和更新Token的协议、跨链、权利和其他信息。

对于Polkadot架构，可以通过接入SPREE模块，在解析合约内定义约束条件，例如全局的通证总量，发行规则，并部署至SPREE模块，可以实现中继网络管辖范围的验证和可信互操作。

B. 通证解析查询消息规范

更多关于SPREE模块的介绍，参考 https://wiki.polkadot.network/en/latest/polkadot/learn/spree

C. 通证跨链消息收集

当我们讨论跨链时，一般需要分成两种情况：

C-I. Cross parachain(同构区块链/平行链)

当在平行链之间进行跨链时，例如在Polkadot网络中，因为有共享安全，ICMP等设计，因此将通证解析系统放在中继链上时最合适的，因为通证跨平行链的消息会流经中继链，中继链可以通过在消息中继模块之外，嵌入一个收集模块，将通证跨链消息规范化统一收集之后，提供给通证解析服务。

C -II. Cross major chain (异构链，e.g Ethereum <--> Bitocin, Ethereum <-->TRON, Ethereum <--> Polkadot)

在这种跨链模式下，通证跨链一般通过跨链转接桥的方案进行跨链，例如ACCS(HTLCs), XClaim, Parity Bridge(Mainet/Sidechain)。跨链消息及相关证明并未流经通证解析服务所在的中继链，而是通过设计收集人激励机制，通过收集人主动收集这些通证跨链证明。从这个角度上将，通证解析服务的链设计成中继链没有优势。

但是通证解析系统设计在中继链的一个可能的好处是，可以在跨链消息收集协议规范化之后，外部的通证跨链转接桥协议可以通过嵌入通证解析系统收集协议的方式，支持通证解析系统，以达到更好的可靠性和完整性和解析性。

C-III. 异构链跨链转接桥解决方案XClaim的集成

对于基于XClaim技术搭建的跨链转接桥，其Token的跨链是通过在对手链上构建超额抵押的对称CBA来实现的。虽然严格意义上讲，CBA不等同于原通证，但是从用户视角看其效果非常接近。

[WIP]对于这类异构链之间跨链通证的支持仍有希望通过通证解析系统来描述和解析其跨链转接桥过程，只需跟中继链和平行链模式的跨链通证类型稍作区分，便可帮助开发者和用户理解其跨链通证(CBA)和原有通证的区别。

因为需要喂价机制，XClaim解决方案比较适合流动性好的同质Token，但对于价格发现低效的NFT来说，就不那么友好了。

NFT的跨链转接桥方案目前缺乏相关的研究，比较务实的方案可能是由Token创建者指定信任账号作为跨链证明提交者，并结合质押以降低风险。这个方案带来一定程度中心化，但目前也没有更好的办法。

D. 全局唯一标识

To harmonise existing practice in identifier assignment and resolution, to support resources in implementing community standards and to promote the creation of identifier services.

通证解析系统分配的TOKEN ID将可以作为该Token在跨链网络中的全局Token标识(Base Token ID)。

对于同质Token来说，因为没有通证的索引，只有数量的概念，解析通证ID可以作为全局通证ID。

对于非同质Token来说，将可以使用解析通证ID加上一个Token内索引得到的编码[解析通证ID+Token_Index]作为全局唯一标识。

参考

[1] https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

[2] https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper

[3] https://github.com/EOSIO/Documentation/blob/master/TechnicalWhitePaper.md

[4] https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-20

[5] https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-721

[6] https://en.bitcoin.it/wiki/Hashed_Timelock_Contracts

[7] https://eprint.iacr.org/2018/643.pdf

[8] https://opensea.io/

[9] https://vitalik.ca/general/2018/04/20/radical_markets.html?source=post_page-----c2c99e866f87----------

[10] https://github.com/ethereum/wiki/wiki/Light-client-protocol

[11] https://elixir-europe.org/platforms/interoperability

[12] https://github.com/AlphaWallet/TokenScript

[13] https://github.com/darwinia-network/rfcs/blob/v0.1.0/zh_CN/0005-interstella-asset-encoding.md

[14] https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1087/20120404

[15] https://wiki.polkadot.network/en/latest/polkadot/learn/spree/

[16] https://en.wikipedia.org/wiki/Unique_identifier

[17] https://en.wikipedia.org/wiki/Identifiers.org

[18] https://schema.org/

[19] https://medium.com/drep-family/cross-chains-a-bridge-connecting-reputation-value-in-silo-b65729cb9cd9

[20] https://github.com/paritytech/parity-bridge

[21] https://vitalik.ca/general/2018/04/20/radical_markets.html

[22] https://talk.darwinia.network/topics/99