迈向基于区块链的软件工程教育

FilipeFernandes[1,2]**,Cl´audia Werner**[1]

[1]里约热内卢联邦大学– COPPE/UFRJ系统工程与计算机科学系 邮政信箱68.511 –21.941-972–里约热内卢–RJ – 巴西

[2]米纳斯吉拉斯州东南联邦学院 – IF Sudeste MG 计算机科学系 Caixa Postal 413 – 36.909-300 – Manhuac¸u – MG – 巴西

{ffernandes,werner}@cos.ufrj.br

arXiv:2304.04549v1 [cs.SE] 4 Apr 2023

摘要。 用于教育奖励的区块链技术正日益成为一种有前景的方法，可用于激励学生学习并促进学业成就。通过为教育成果和参与度提供切实的奖励，例如数字代币，教育工作者可以激励学习者在学习中发挥更积极的作用，并增强他们对学业成果的拥有感和责任感。在此背景下，本文提出将软件工程技能（*SES*）代币作为奖励学生的一种方式，以改善他们在软件工程教育（*SEE*）中的学习体验。我们进行了概念验证，并得出结论：*SES* 代币可以部署在一个平台中，以支持软件工程教育（*SEE*）。

1. 引言

区块链技术在教育领域目前仍处于起步阶段，采用这项技术的教育机构数量有限。这项技术可能会颠覆教育机构作为认证机构的传统角色，并为学生提供更多学习机会 [Nespor 2019]。根据[Tan 等人 2022], 的观点，教育领域的区块链技术可以通过在不同课堂环境中实施代币经济，为学生提供平等的发展机会。在教育情境中，采用代币经济被视为维持学生对教育过程的兴趣与参与度的重要机制。

基于此，本研究提出软件工程技能（SES）代币，作为支持基于区块链的软件工程教育（SEE）的一种方法。SES 代币旨在吸引并激励学生和开发者，以改善他们在软件工程教育（SEE）中的体验，同时增加在提供 SES 代币的教育平台上的开发者贡献。

本文结构如下：第 2 节介绍本研究所属的研究背景。第 3 节阐述本文提出的方案，第 4 节介绍概念验证。最后，第 5 节总结本文结论并展望未来研究方向。

2. 研究背景

本研究扩展了一篇正在撰写的博士论文。该论文提出了一种方法，旨在使元宇宙能够支持基于软件复用技术的 XR 应用（XR apps）开发，并提供改善软件工程（SE）学习成果的机制，让教育工作者和学生获得沉浸式体验，同时提高沉浸式学习（iL）在软件工程教育（SEE）中的普及度 [Fernandes and Werner 2023]。基于元宇宙的软件工程教育（MetaSEE）方法旨在提供一种可互操作、可扩展的架构，由元宇宙的主要概念和技术构成，分为五层：物理层、虚拟层、元宇宙引擎层、MetaSEE 层和基础设施层。

物理层对应于元宇宙之外、属于物理现实世界的主要实体。虚拟层构建了对物理层元素进行“虚拟化”的主要组件。元宇宙引擎层由通用技术以及元宇宙的经济和安全组成。*MetaSEE* 层是支持通过元宇宙开展软件工程教育（SEE）的主要贡献。开发工具组件应提供一系列机制，以便开发用于 SEE 的 XR 应用，并考虑其中涉及的复杂程度和特性。集成工具组件应为 SEE 提供可复用的功能。学习分析（*LA*）组件必须确保维护元宇宙面向 SEE 用户的学习成效。基础设施层涉及元宇宙的网络和去中心化方面。

作为研究成果之一，我们开发了一个平台，用于验证和评估该方案。总体而言，MetaSEE 平台由一个 Web 应用程序和 XR 应用程序组成。通过 Web 应用程序，学生可以搜索并访问由教育工作者和其他学生创建的虚拟世界（VWs）。这些虚拟世界主要包含软件工程专用功能，例如统一建模语言（UML）图、代码编辑、导入代码库、管理工具等。平台还提供了一种架构，支持开发者贡献扩展功能，为平台添加软件工程专用特性。

为了对 MetaSEE 方法作出贡献，更具体地说，是对 去中心化存储 这一 基础设施层组件作出贡献，本工作提议使用区块链技术创建一种代币化机制，具体内容将在第 3 节中详细介绍。

3. 基于区块链的软件工程教育

本研究的主要目标是提出一种满足去中心化存储组件要求的解决方案，以助力 MetaSEE 方法。本研究设计了一种基于代币化的机制，旨在通过数字奖励提升学生的参与度，同时激励开发者为 MetaSEE 方法贡献扩展（插件）。

因此，我们将 SES 定义为 MetaSEE 代币，以吸引并激励学生和开发者。结合 MetaSEE 方法的背景，SES 代币可为学生提供一种基于“边学边赚”的机制 [Tan 等人 2022]。

使用SES 代币可以为学生提供切实的激励，这些代币可作为实现学习目标或在平台内开展其他活动的奖励。此外，创建奖励系统有助于使学习过程

更加活泼有趣，引导学生更加投入地学习。

SES 代币还可以帮助提升平台的互动性与协作性。例如，学生可以因帮助其他学生解决问题或回答问题而获得奖励。这有助于形成一个参与度更高、协作氛围更浓的学生社群，也能成为激励学习的额外来源。此外，SES 代币还可用于记录和认可学生的成就。例如，成功完成某项活动后可以获得代币，用于解锁额外内容或使用特殊功能。这有助于让学生获得成就感并看到自己的进步，从而激励他们继续学习、不断进步。

SES 代币的另一种用途是将学习体验游戏化，使 MetaSEE 平台更具吸引力和参与感。通过为学生设定明确的目标和奖励，SES 代币有助于营造更令人兴奋、更具挑战性的学习环境，让学生保持积极性和参与度的时间更长。

对于开发者而言，SES 代币可以成为激励他们为 MetaSEE 平台作出贡献的有效机制。开发者可以因贡献新的扩展功能和修复漏洞而获得代币奖励。这些奖励既能认可他们所完成的工作，也能促进开发者社群形成协作文化。这有助于提高参与度，并通过扩展功能增加软件工程领域的专属功能。

4. 概念验证

本节介绍 SES 代币概念验证（PoC）。我们的实现采用 JavaScript（JS）和 Solidity[1] 语言以及 Hardhat[2] 框架开发。Solidity 是一种用于以太坊平台的智能合约编程语言，而 Hardhat 是一种面向以太坊的软件开发环境，可用于测试、编译和部署智能合约。对于使用 Solidity 的开发者而言，Hardhat 是一款实用工具，因为它简化并自动化了许多常见的智能合约开发任务。

为了证明账户之间的 SES 代币基本交易，我们使用 Solidity 编写并实现了一个智能合约，该合约实现了一个名为*SESkillToken*的自定义 ERC20 代币，如图 1 所示。ERC20 定义了一组用于在区块链上实现数字代币的接口和标准。这意味着，作为实现 ERC20 标准的合约，*SESkillToken*遵循 ERC20 接口和标准。这确保了 *SESkillToken* 与同样实现 ERC20 标准的其他代币和应用程序兼容。第 5 行至第 7 行导入了继承自其他 OpenZeppelin[3] （包含标准合约的开源代码库）合约的功能，例如*ERC20*、*ERC20Capped* 和*ERC20Burnable*，这意味着*SESkillToken* 除了具备本合约中定义的自定义功能外，还具有这些合约的相同功能。

[1] https://soliditylang.org/ [2] https://hardhat.org/ [3] https://www.openzeppelin.com/

```
1   // SPDX-License-Identifier: GPL-3.0
2
3   pragma solidity ^0.8.18;
4
5   import "@openzeppelin/contracts/token/ERC20/ERC20.sol";
6   import "@openzeppelin/contracts/token/ERC20/extensions/ERC20Capped.sol";
7   import "@openzeppelin/contracts/token/ERC20/extensions/ERC20Burnable.sol";
8
9   contract SESkillToken is ERC20Capped {
10    address payable public owner;
11    uint256 public blockReward;
12
13    constructor(uint256 cap, uint256 reward) ERC20("SESkillToken", "SES") ERC20Capped(cap * (10 ** decimals())) {
14      owner = payable(msg.sender);
15      _mint(owner, 70000000 * (10 ** decimals()));
16      blockReward = reward * (10 ** decimals());
17    }
18
19    function _mintMinerReward() internal {
20      _mint(block.coinbase, blockReward);
21    }
22
23    function _beforeTokenTransfer(address from, address to, uint256 value) internal virtual override {
24      if(from != address(0) && to != block.coinbase && block.coinbase != address(0)) {
25        _mintMinerReward();
26      }
27      super._beforeTokenTransfer(from, to, value);
28    }
29
30    function setBlockReward(uint256 reward) public onlyOwner {
31      blockReward = reward * (10 ** decimals());
32    }
33
34    function destroy() public onlyOwner {
35      selfdestruct(owner);
36    }
37
38    modifier onlyOwner {
39      require(msg.sender == owner, "Only the owner can call this function");
40      _;
41    }
42  }
```

图 1. SES 代币代码

第13 行定义了一个构造函数，用于设定代币的名称和符号，以及其竞价上限。此外，它还定义了合约所有者的地址和每个区块的矿工奖励金额。*mintMinerReward()* 函数（第 19 行）负责向挖出当前区块的矿工发行新币，其数值等于*blockReward* 变量中定义的数值。在第 23 行，*beforeTokenTransfer()* 函数是一个钩子，会在每次代币转移之前运行。在本例中，它会检查转移是否发生在一个地址与发生转移的区块地址不同的情况下。如果为真，则调用 *mintMinerReward()* 函数来发放矿工奖励。

该合约还包含其他函数，例如*setBlockReward()*，允许合约所有者设置每个区块的矿工奖励金额；以及*destroy()* 函数，允许所有者销毁合约并收回剩余资金。最后，合约使用*onlyOwner* 修饰符，确保只有合约所有者才能调用需要所有者权限的函数，例如*setBlockReward()* 和*destroy()*。

智能合约是在区块链上运行的程序，这意味着一经部署便不可更改。合约中的任何错误或问题都可能难以修复，甚至无法修复，因此在将合约部署到网络之前，确保其正常运行至关重要 [Zheng 等人 2017]。为此，我们实现了单元测试，以验证 SES 代币的功能是否符合预期，以及变量是否按照合约规范更新。图 2 展示了一个测试

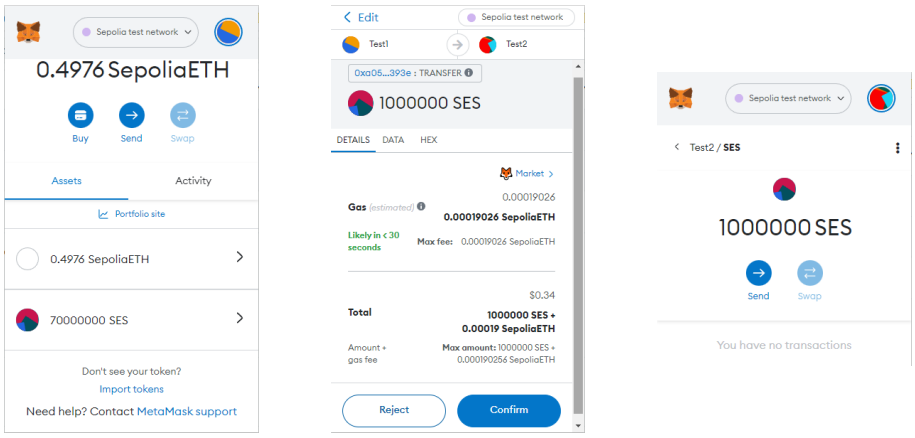
```
it("Should transfer tokens between accounts", async function () {
  await sekillToken.transfer(addr1.address, 50);
  const addr1Balance = await sekillToken.balanceOf(addr1.address);
  expect(addr1Balance).to.equal(50);

  await sekillToken.connect(addr1).transfer(addr2.address, 50);
  const addr2Balance = await sekillToken.balanceOf(addr2.address);
  expect(addr2Balance).to.equal(50);
});
```

图 2. SES 代币单元测试

账户之间的代币转移。

所有单元测试均成功通过后，我们使用 MetaMask[4] 钱包进行了基本的集成测试。MetaMask 是一款浏览器扩展程序，用户可以通过它直接在网页浏览器中使用基于区块链的去中心化应用程序（dApp），例如以太坊。它也是一个数字钱包，用户可以用它存储、发送和接收加密货币，以及与去中心化应用程序进行交互 [Zheng 等人 2017]。图 3 展示了测试账户之间的转账。



(a) 账户 1 余额　(b) 转账确认　(C) 收到的代币账户 2

图 3. MetaMask 钱包中测试账户之间的 SES 代币转账

首先，我们在钱包中添加了Sepolia[5] 测试网，并将其与SES代币集成。测试网是区块链生态系统中的一种网络，允许开发者和用户在与真实区块链网络高度相似的模拟环境中测试和试验区块链应用程序及智能合约。从桌面上的 SES本地代币项目向测试账户 1发送了70,000,000个代币，如图 3（a）所示。根据图 3（b），账户之间存在一笔 1,000,000个代币的转账确认。确认后，这些代币将转入测试账户 2，如图 3（c）所示。

为了证明这些操作，研究人员在 Etherscan[6] 上搜索了这些交易。它是一个广受欢迎的以太坊网络区块链浏览器，用户可以借此查看和搜索区块链上的交易、地址及其他活动。根据图 4，转账交易均已成功完成。

[4]https://metamask.io/[5]
https://sepolia.dev/[6]
https://etherscan.io/

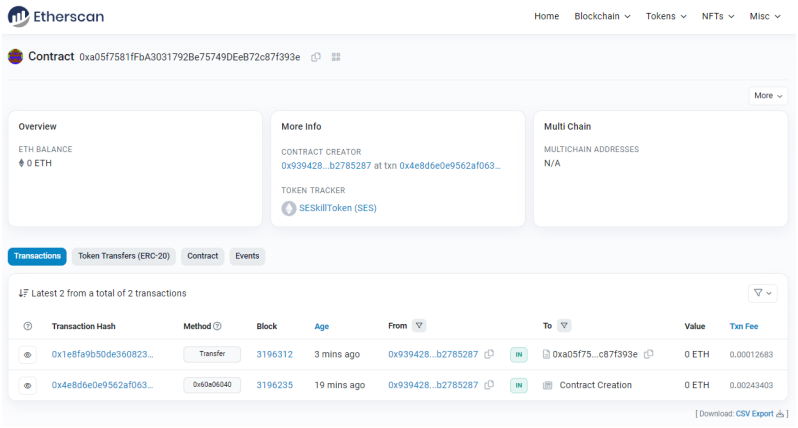


图 4. Etherscan 上的交易报告

5. 结论

本研究介绍了一种用于支持基于区块链的软件工程教育的代币，名为 SES。在教育中实施基于 SES 代币的奖励机制，能为学习者和教育工作者带来诸多优势。SES 代币为学习者参与教育活动并取得学习成果提供了切实的激励，还能营造更加积极、协作的学生社群，从而成为学习的额外动力来源。

尽管在教育中实施基于代币的奖励有诸多优势，但也存在一些值得考虑的弊端。主要问题之一是，学生可能会更加关注如何赚取代币，而非学习过程本身，这可能导致学习质量和深度下降。另一个问题是，基于代币的奖励可能会强化教育体系中现有的权力结构和不平等。例如，能够更多地获取资源或本就表现出色的学习者可能更容易获得代币，而处于不利地位或学习困难的学习者则可能被落在后面。

作为未来的工作，我们计划开展研究，以解决基于代币的奖励所引发的问题，推动 SES 代币的实现不断发展，从而与 MetaSEE 平台集成，并与学生、教育工作者和开发者共同开展评估。

参考文献

[Fernandes 和 Werner 2023] Fernandes, F. A. 和 Werner, C. M. L.（2023年）。《元宇宙与软件工程教育：概述、挑战与机遇》的范围综述。《*PRESENCE*：虚拟与增强现实》，第 1–40 页。[Nespor 2019] Nespor, J.（2019年）。网络教育与学校时间的累积。《教育学、文化与社会》，27(3)：325–341。[Tan 等人 2022] Tan, K. H., Kasiveloo, M. 和 Abdullah, I. H.（2022年）。面向未来可持续教育的代币经济：范围综述。《可持续性》，14(2)。[Zheng 等人 2017] Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X. 和 Wang, H.（2017年）。区块链技术概述：架构、共识与未来趋势。载于*2017*年 *IEEE* 国际大数据大会（*BigData Congress*），第 557–564 页。