دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه دوره کارشناسی مهندسی کامپیوتر-نرم افزار

پیاده سازی و ایجاد یک رمز ارز جدید مبتنی بر بلاک چین

نگارش:

حامد محمدی

استاد راهنما:

دکتر سعید صدیقیان کاشی

پاییز ۱۳۹۷


بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

در دنیای امروز باتوجه به پیشرفته‌های انجام شده و نیاز به انجام پرداخت‌های سریع و مطمئن به صورت اتوماتیک توسط عامل‌های کامپیوتری و حذف واسطه‌ها از پرداخت به نظر می‌رسد مدل‌های پرداختی فعلی دنیا قادر به پاسخگویی به نیازهای این زمینه نباشند. از این رو رمز ارزها به عنوان پاسخی بر نیاز به پرداخت‌های سریع و امن و بدون واسطه مورد توجه قرار گرفته اند. اولین رمز ارز دنیا با نام بیت کوین در سال ۲۰۰۹ توسط فرد یا افرادی ناشناس با نام مستعار ساتوشی ناکاماتو معرفی شده است که از این تاریخ به بعد تلاش‌های زیادی در راستای پیش‌برد تکنولوژی بلاک چین انجام شده است، یکی از این تلاش‌ها رمز ارز ParsiCoin می‌باشد که در اینجا به بررسی آن می‌پردازیم.

رمز ارز گفته شده یک رمز ارز مبتنی بر بلاک‌چین‌های نسل سومی می‌باشد که برای فعالیت‌های مرتبط با اینترنت اشیا و پرداخت‌های ریز نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در این رمز ارز برای نگه داری اطلاعات حساب‌های کاربری افراد از سیستم ماشین حالت استفاده می‌شود که ریشه درخت مرکله اطلاعات سیستم در هر لحظه حالت سیستم نامیده می‌شود.

فهرست مطالب

۱ فصل اول : مقدمه ۱

۱-۱ تاریخچه مختصری از پول ۲

۱-۱-۱ استاندارد طلا ۳

۱-۱-۲ پول بی‌پشتوانه ۳

۱-۲ تراکنش‌های مالی و نظام بانکی ٤

۱-۲-۱ اشکالات تراکنش‌های مالی فعلی ٥

۱-۳ ارزهای دیجیتال ۷

۱-۳-۱ تاریخچه ارزهای دیجیتال ۷

2 فصل دوم : برخی مفاهیم پایه بکار رفته در رمز ارزها ۹

۲-۱ رمز نگاری ۱۰

۲-۱-۱ رمز نگاری متقارن ۱۱

۲-۱-۲ رمز نگاری نامتقارن ۱۲

۲-۱-۲-۱ الگوریتم‌های تبادل کلید ۱۳

۲-۱-۲-۲ امضای دیجیتال ۱٤

۲-۱-۲-۳ رمزنگاری ECC ۱٥

۲-۱-۲-۴ تهدیدهای متوجه رمزنگاری نامتقارن ۱۷

۲-۲ توابع درهم سازی یک طرفه ۱۸

۱-۲-۲ تابع درهم‌سازی رمزنگارانه ۱۸

۲-۳ درخت مرکله ۱۹

۲-٤ کدبندی نویسه ۲۱

۲-۵ شبکه نظیر به نظیر ۲۲

۲-۶ ماشین مجازی ۲٤

۳ فصل سوم : بلاک چین ۲۶

۳-۱ تعریف مفهومی بلاک چین ۲۷

۳-۲ تعریف ساختاری بلاک چین ۲۸

۳-۳ ساختار هربلاک ۲۸

۳-۳-۱ بخش داده‌های بلاک ۲۹

۳-۳-۲ نماد یا امضا بلاک ۳۰

۳-۳-۳ نماد بلاک قبل از خود ۳۰

۳-۴ بررسی ساختار بلاک چین ۳۰

۳-۵ خواص بلاک چین ۳۱

۳-۶ بررسی کارکرد شبکه‌های بلاک چین ۳۲

۳-۷ انواع بلاک چین ۳۳

۳-۸ اثبات کار ۳۳

۳-۸-۱ حمله ۵۱ درصد ۳۵

۲-۸-۳ *تغییرات سختی* ۳۶

۳-۹ استخراج رمز ارز ۳۷

۳-۱۰ دیگر اثبات‌ها ۳۸

۳-۱۰-۱ *اثبات سهام (POS)* ۳۹

۳-۱۰-۲ *اثبات حافظه* ۳۹

۳-۱۰-۳ *گواهی سوزاندن* ٤۰

۳-۱۱ بلاک چین‌های نسل دوم ٤۰

۳-۱۱-۱ *قرار دادهای هوشمند* ٤۱

۳-۱۲ قاعده طولانی ترین زنجیره ٤۲

۳-۱۳ فورک در بلاک چین ٤۳

۳-۱۳-۱ *فورک نرم* ٤٤

۳-۱۳-۲ *فورک سخت* ٤٤

۳-۱۴ مشکلات بلاک چین‌ها ٤٦

۳-۱۴-۱ *هش گراف* ٤۷

۳-۱۵ بلاک چین‌های نسل سوم ٤۹

۳-۱۵-۱ *نحوه کارکرد بلاک چین‌های نسل سوم* ٤۹

۳-۱۵-۲ *پردازش تراکنش‌ها در بلاک چین‌های نسل سوم* ۵۰

۳-۱۶ بلاک چین‌های نسل چهارم ۵۲

۳-۱۷ بلاک چین در خارج از رمز ارزها ۵۲

۴ فصل چهارم : بررسی کارکرد چند رمز ارز مهم ۵۵

۴-۲ بیت کوین ۵۶

۴-۱-۱ ساختار بلاک چین بیت کوین ۵۶

۴-۱-۲ تراکنش‌ها در بیت کوین ۵۷

۴-۱-۳ ساختار UTXO در بیت کوین ۵۸

۴-۱-۴ کیف پول بیت کوین ۵۹

۴-۲ اتریوم ۶۰

۴-۲-۱ بررسی ساختار EVM ۶۰

۴-۲-۲ زبان Solidity ۶۱

۴-۲-۳ برنامه‌های توزیع شده ۶۱

۴-۲-۴ توکن‌های ERC20 ..... ۶۲

۴-۲-۵ ساختار کیف پول‌های اتریوم ۶۲

۴-۲-۶ شبکه Ropsten ۶۳

۴-۲-۷ Web3.js ۶۳

۴-۳ آیوتا ۶۴

۴-۳-۱ توکن‌های IOTA ۶۴

۴-۳-۲ نظیر یابی در IOTA ۶۴

۳-۳-۴ امکان جدا شدن و پیوستن تعدادی از گره‌ها در IOTA ٦٥

۵ فصل پنجم : پارسی کوین ٦٧

۵-۱ حالت سیستم ٦٨

۵-۲ حساب کاربری ٦٩

۵-۳ ساختار تراکنش‌های در پارسی کوین ۷۰

۵-۴ ساختار گره‌های DAG در پارسی کوین ۷۲

۵-۵ کیف پول‌ها در پارسی کوین ۷٤

۵-۶ نوسیه بندی‌ها در پارسی کوین ۷٤

۵-۷ انواع توابع درهم سازی در پارسی کوین ۷۵

۵-۸ رمز نگاری در پارسی کوین ۷۵

۵-۹ اجزا سامانه ۷٦

۵-۹-۱ کامپوننت Base ۷۷

۵-۹-۱-۱ کلاس AES ۷۹

۵-۹-۱-۲ کلاس Util ۸۲

۵-۹-۲ کامپوننت اصلی ParsiCoin ۸۲

۵-۹-۲-۱ کلاس سازنده درخت مرکله ۸۳

۵-۹-۲-۲ کلاس مرتبط با پایگاه داده ۸٤

۵-۹-۳ کامپوننت PVM ۸٤

۵-۹-۳-۱ اجزا PVM ۸٤

۵-۹-۳-۲ دستورات PVM ۸۷

۵-۹-۴ کامپوننت CLI ۸۸

۵-۹-۵ دستورات CLI ۸۹

۵-۹-۵-۱ دستور Init ۸۹

۵-۹-۵-۲ دستور Exite ۹۰

۵-۹-۵-۳ دستور Sync ۹۱

۵-۹-۵-۴ دستور Account ۹۱

۵-۹-۵-۵ دستور PrivateKey ۹۲

۵-۹-۵-۶ دستور Send ۹۲

۵-۹-۵-۷ دستور Recive ۹۳

۵-۹-۵-۸ دستور Peer ۹۳

۵-۹-۵-۹ دستور Help ۹٤

۵-۹-۵-۱۰ دستور cls ۹٤

۵-۱۰ لایه شبکه ۹٤

۵-۱۰-۱ ارتباط امن در شبکه ۹٦

۵-۱۱ بسته‌های نرم افزاری استفاده شده ۹۹

۵-۱۲ سورس کنترل ۱۰۰

فهرست تصاویر

تصویر ۱-۲: نمونه یک درخت درهم سازی ۲۱

تصویر ۲-۲ : نمونه یک شبکه سرویس گیرنده-سرویس دهنده ۲۳

تصویر ۳-۲ : نمونه یک شبکه نظیر به نظیر ۲۳

تصویر ۴-۲ : نحوه کارکرد CLR ۲۴

تصویر ۱-۳ : شمای کلی یک بلاک چین ۲۸

تصویر ۲-۳ : ساختار بلاک چین ۳۱

تصویر ۳-۳: نمودار تغییرات سختی شبکه بیت کوین ۳۶

تصویر ۴-۳ : قاعده طولانی ترین شاخه ۴۳

تصویر ۵-۳: نمونه فورک سخت در بلاک چین ۴۵

تصویر ۶-۳ : مقایسه هش گراف با بلاکچین ۴۸

تصویر ۷-۳: نمونه یک DAG ۵۰

تصویر ۸-۳ : وضعیت تراکنشها در یک DAG ۵۱

تصویر ۹-۳ : رهگیری مالکیت خودرو بدون بلاک چین ۵۴

تصویر ۱۰-۳ : رهگیری مالکیت خودرو با بلاک چین ۵۴

تصویر ۱-۴ : ساختار بلاکهای بیت کوین ۵۷

تصویر ۲-۴ : ساختار تراکنشهای بیت کوین ۵۸

تصویر ۳-۴ : ساختار EVM ۶۱

تصویر ۴-۴ : جدا شدن و اتصال مجدد ۶۶

تصویر ۱-۵ : ارتباط بین اجزا در پارسی کوین ۷۷

تصویر ۲-۵ : اجرای دستور INIT ۹۰

تصویر ۳-۵ : صفحه اول برنامه ۹۰

تصویر ۴-۵: راهنمای دستور ACCOUNT ۹۲

تصویر ۵-۵ : اجرا دستور SEND و اطلاعات تراکنش ایجاد شده و امضا شده ۹۳

تصویر ۶-۵: راهنمای دستور PEER ۹۳

تصویر ۷-۵ : اجرا دستور HELP ۹۴

فهرست معادلات

معادله ۱-۲: منحنی‌های بیضوی در دو بعد ۱۶

معادله ۲-۲: گره‌های درخت درهم سازی ۲۰

فهرست کدها

قطعه کد ۱-۵: تابع سازنده تراکنش در حساب ۶۹

قطعه کد ۲-۵: محاسبه هش تراکنش ۷۱

قطعه کد ۳-۵ : ایجاد تراکنش ۷۱

قطعه کد ۴-۵ : تابع مسئله POW برای هرگره ۷۴

قطعه کد ۵-۵: کلاس AES ۸۱

قطعه کد ۶-۵ : مقایسه سختی ۸۲

قطعه کد ۷-۵ : سازنده درخت مرکله ۸۳

قطعه کد ۵-۸ :تابع Push در پشته ۸۵

قطعه کد ۵-۹: تابع فراخوان دستورات در واحد پردازش..... ۸۶

قطعه کد ۵-۱۰: تابع Pop در پشته..... ۸۶

قطعه کد ۵-۱۱ :تابع اجرا دستور DoubleSHA512 ..... ۸۷

قطعه کد ۵-۱۲: تابع اجرا دستور ChekcSig ۸۸

قطعه کد ۵-۱۳ :کلاس RSAKeyExchClient..... ۹۷

قطعه کد ۵-۱۴ : کلاس SecureLineClient ۹۷

قطعه کد ۵-۱۵ :کلاس RSAKeyEchServer ۹۸

قطعه کد ۵-۱۶ :کلاس SecureLineServer ۹۸

قطعه کد ۵-۱۷; :استفاده از SecureLine..... ۹۹

۱ فصل اول : مقدمه

در طول تاریخ بشر همواره ردپای معامله به روش‌های مختلف دیده شده است، این معاملات در ابتدای تاریخ به صورت مبادله کالا با کالا صورت می‌گرفتند که به مرور و با گذر زمان به روش‌های کارآمد تری نظیر انتخاب یک کالا به عنوان مرجع روی آورده شد، تا اینکه در نهایت با ضرب اولین سکه‌ها از طلا توسط اقوام باستانی در آسیای صغیر مفهوم پول ایجاد شد.

۱-۱ تاریخچه مختصری از پول

اولین پول‌ها توسط قوم باستانی لیدی‌ها ساکن در منطقه آسیاس صغیر تقریبا در قرن هفت قبل از میلاد ضرب شدند این سکه‌ها اغلب از جنس فلزات گرانبها مانند طلا، نقره و یا مس ضرب می‌شدند و حاوی مهر حکومت ضرب کننده آن‌ها به همراه تصویر پادشاه و یا اشخاص برجسته آن قوم بودند که به این سکه‌ها رسمیت و اعتبار می‌بخشید رفته رفته دیگر اقوام نیز به ضرب سکه روی آوردند و این گونه بود که دوران سکه‌ها در تاریخ بشر آغاز شد، به طوری که امروزه نیز در اکثر تحقیقات باستان شناسی از سکه‌های هر قوم و ملیت به عنوان نماد آن قوم و ملیت یاد شده و دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

۱-۱-۱ استاندارد طلا [1]

با گذر زمان و افزایش حجم معاملات تجاری، لزوم حمل و نقل مقدار زیادی سکه ایجاد می‌شد که حمل این سکه‌ها دردسرهای زیادی را به همراه داشت، بنابر این سازمان‌هایی به وجود آمدند که در ازای تعداد مشخصی سکه حواله‌هایی صادر میکردند که در اکثر مناطق دنیای آن زمان با مراجعه به دفتر آن سازمان در هر شهر قابل تبدیل شدن به آن مقدار سکه بودند بنابر این این حواله‌ها دارای ارزشی معادل به سکه طلا بودند که به مرور زمان در بین مردمان رواج پیدا کردند به طوری که امروز نیز در قوانین اساسی اکثر کشورها میزان مشخصی از طلا به ازای هر واحد پول آن کشور اختصاص داده می‌شود [۲] . اما درنهایت با توجه به لزوم وجود نقدینگی در کشورها و با افزایش جمعیت و برخی عوامل دیگر دولت‌ها مجبور به چاپ مقادیر پول بیشتر از ذخایر طلای خود شدند که به این ترتیب ارزهای بی پشتوانه [3] ایجاد شدند.

۱-۱-۲ پول بی‌پشتوانه

پول بی‌پشتوانه، پول حکمی، پول دستوری یا پول اعتباری پولی است که ارزشش ذاتی نبوده و تنها ناشی از دستور دولتی یا قانون باشد. نام آن از واژه لاتین فیات به معنی بگذارید انجام شود گرفته شده‌است.

---

[1] Gold Standard

[۲] به طور مثال هر یک ریال ایران برابر یکصدوهشت‌هزاروپنجاه‌وپنج‌ده‌میلیونیم (۰،۰۰۱۰۸۰۵۵) گرم طلای خالص است.

[3] Fiat Currency

بنابر این در این نوع پول به دلیل عدم وجود یک پشتوانه محکم ارزش پول معادل ارزش چاپ کننده آن در نظر گرفته می‌شود و با تغییرات شرایط سیاسی یا اقتصادی یک کشور ارزش پول آن کشور نیز تغییر می‌کند. همچنین دولت‌ها در زمان‌های کمبود نقدینگی در کشورهایشان با اقدام به چاپ بی رویه این نوع پول باعث ایجاد تورم و کاهش ارزش پول خود می‌شوند، مجموع عوامل ذکر شده دلیل تغییراتی است که امروزه در قیمت ارزهای کشورهای مختلف نسبت به یکدیگر شاهد هستیم؛ لازم به ذکر است که تمامی ارزهای مرجع امروزی از نوع پول بی‌پشتوانه می‌باشند.

۲-۱ تراکنش‌های مالی و نظام بانکی

با گذر زمان و نیاز به انجام تراکنش‌های مالی با مبالغ سنگین یا انجام پرداخت در زمان مشخصی در آینده بانک‌های کشورهای مختلف اقدام به ایجاد سازکارهای مختلفی نظیر دسته چک‌ها و یا چک‌های رمز دار بین بانکی و همچنین انتقال از حساب یک شخص به حساب شخص دیگر نمودند که در نهایت با ورود تکنولوژی‌های جدید مواردی از قبیل کارت‌های اعتباری [۱] و یا کارت‌های نقدی [۲] امروزه به عنوان یکی از روش‌های اصلی انجام تراکنش‌های مالی شناخته می‌شوند که این کارتها قابلیت انجام انواع تراکنش‌های مالی

[1] Credit Card
[2] Debit Card

مختلف را با کمک دستگاه‌هایی نظیر خود پردازها [1] و یا پایانه‌های فروشگاهی [2] فراهم می‌آوند همچنین به کمک درگاه‌های پرداخت اینترنتی قابلیت پرداخت با کمک اینترنت نیز فراهم شده است.

۱-۲-۱ اشکالات تراکنش‌های مالی فعلی

اگرچه انجام تراکنش‌های مالی امروزه به راحتی از طریق کارت‌هایی نظیر Master Card و یا VISA Card در سطح جهانی انجام می‌پذیرند اما این سبک انجام تراکنش دارای اشکالاتی است که در ادامه به معرفی آن‌ها میپردازیم.

۱. زمان بین انجام تراکنش و تسویه می‌تواند طولانی باشد.

۲. دوباره کاری‌ها و نیاز به شخص سوم برای تایید اعتبار و حضور واسطه‌ها.

۳. کلاهبرداری، حمله‌های سایبری و حتی اشتباه‌های کوچک به هزینه و پیچیدگی کسب وکار می افزایند و اگر یک سامانه‌ی مرکزی مانند بانک به خطر بیفتد، همگی مشارکت کنندگان در شبکه با مخاطره روبه رو خواهند شد.

۴. برای استفاده از خدمات این کارت‌های اعتباری اغلب نیاز به پرداخت هزینه‌های اولیه زیاد

[1] ATM
[2] POS

می‌باشد.

۵. دریافت این نوع کارت های شامل فرآیندهای وقت گیر و کاغذ بازی‌ها و بررسی سابقه افراد است.

۶. این نوع سامانه‌ها دارای شفافیت کافی در برخی موارد نمی‌باشند، در حقیقت هیچ کس نمی‌داند که آن سازمان مرکزی صادر کننده کارت‌ها و حساب‌ها چگونه به انجام این کارها می‌پردازد.

۷. وجود چنین سامانه های مرکزی با نفوذ افراد و دولت های مختلف رخ می‌دهد که در برخی موارد می‌تواند باعث حذف برخی افراد از سامانه و قطع سرویس دهی به آن‌ها شود نظیر تحریم‌های اعمال شده علیه کشور ایران که دسترسی این کشور و مردم آن را به بیشتر سامانه-های پرداخت جهانی قطع کرده است.

بنابر این و باتوجه به موارد فوق و همچنین گسترش روز افزون اینترنت در جهان برخی دانشمندان حوزه کامپیوتر اقدام به ایجاد نوع خاصی از ارزها که ارزهای الکترونیکی هستند نمودند که بتواند مشکلات ذکر شده در فوق را برطرف نماید و به عنوان یک سبک پرداخت جهانی با شفافیت عملکرد و بدون نیاز به اعتماد به یک شخص ثالث به عنوان مرجع تراکنش‌های مالی جهانی در نظر گرفته شوند.

۱-۳ ارزهای دیجیتال [1]

به طور کلی هر ارزی که نمود فیزیکی نداشته باشد و به عنوان واحدهای کامپیوتری در شبکه‌های خاص مورد استفاده قرار گیرد می‌تواند نوعی ارز دیجیتالی به حساب آید بنابر این باید توجه داشت که مفهوم ارز دیجیتالی به طور کلی برابر با رمز ارز [2] که در ادامه به بررسی آن خواهیم پرداخت نمی‌باشد و هر نوع واحد پولی دیجیتالی حتی سکه ها و یا اعتبارات موجود در اکثر بازی‌های کامپیوتری را نیز می‌توان نوعی ارز دیجیتال دانست.

۱-۳-۱ تاریخچه ارزهای دیجیتال

ابتدایی ترین نوع ارزهای دیجیتال که در حقیقت مفاهیم استفاده شده در برخی از آن‌ها مبنای کارکرد رمز ارزهای امروزی است اغلب دارای یکاهایی معادل با یکی از ارزهای رایج بودند که کاربران با پرداخت میزان معینی ارز دولتی، ارز دیجیتال معادل آن را دریافت کرده و می‌توانستند در معاملات اینترنتی خود از آن‌ها استفاده کنند نمونه این ارزها رزرو آزادی [3] بود که در دهه ۱۹۹۰ میلادی همزمان با حباب دات-کام ایجاد

[1] Digital Currency
[2] Crypto Currency
[3] Liberty Reserve

شد. اگرچه اغلب این ارزهای دیجیتال از مفاهیمی نظیر امضا دیجیتال [۱] و مکانیزم‌هایی شبیه به گواهی اثبات کار[۲] و یا به اختصار POW نیز استفاده می‌کردند و در برخی موارد تا حدی نیز به صورت نظیر به نظیر [۳] کار می‌کردند اما همه آن‌ها در نهایت برای ایجاد توافق[۴] به یک سازمان مرکزی وابسته بودند که در حقیقت این بدان معنی بود که در انجام بزرگترین هدف خود که حذف واسطه‌ها از انجام تراکنش‌ها بود نا موفق بودند بنابر این اغلب این ارزهای دیجیتال به سرعت به فراموشی سپرده شدند با این حال مفاهیم استفاده شده در بسیاری از آن‌ها به عنوان مبنای رمز ارزهای امروزی قرار گرفت. در نهایت در سال ۲۰۰۹ میلادی با معرفی بیت کوین [۵] مشکل نیاز به واسطه برای انجام تراکنش‌ها حل شد و برای انجام توافق از یک الگوریتم قوی کامپیوتری به نام بلاک‌چین [۶] استفاده شد.

[1] Digital signature
[2] Proof-of-Work
[3] Peer-To-Peer
[4] consensus
[5] BitCoin
[6] Block Chain

۲ فصل دوم : برخی مفاهیم پایه بکار رفته در رمز ارزها

برای بررسی بیشتر رمز ارزها و بلاک چین ابتدا لازم به نظر می‌رسد تا با برخی مفاهیم پایه و الگوریتم-های به کار رفته در این سامانه‌ها آشنا شویم.

۱-۲ رمز نگاری[1]

از ابتدای تاریخ نوع بشر همواره نیاز به رمزکردن پیام‌های خود را احساس کرده است، تا به طور مثال در شرایط جنگی و یا موارد خاص بتواند پیام‌های خود را بین متحدین خود به گونه ای امن منتقل کند شاید اهمیت رمز نگاری را بتوان با بررسی تاریخ جنگ جهانی دوم مشخص کرد که با شکسته شدن کدهای انیگما [2]نوشته شده نازی‌ها توسط دانشمند انگلیسی و پدر علم کامپیوتر آلن تورینگ [3] سر نوشت جنگ به نفع متحدین تمام شد.

در ابتدا بشر برای رمزنگاری پیام‌های خود از روش‌ها مختلفی نظیر قرار دادن سیمبل‌ها و رمزهای خاص استفاده می‌کرد تا اینکه پیوند این رمزها با ریاضیات و الگوریتم‌های خاص ریاضی پیدا شد و با بررسی رمزنگاری به عنوان شاخه ای از علم ریاضی بشر موفق به ایجاد رمزهای پیچده شد و در نهایت با ورود کامپیوترها عرصه

[1] cryptography
[2] Enigma Machine
[3] Alan Mathison Turing

رمز نگاری نیز توسط این ماشین‌های قدرتمند دچار تغییراتی شد و الگوریتم‌های پیچیده رمزنگاری کامپیوتری ایجاد شدند به طوری که امروزه برخی از آنها نطیر الگوریتم AES [1] به قدری امن در نظر گرفته می‌شوند که شکستن رمزهای آنها تقریبا غیر ممکن به نظر می‌رسد.

۱-۱-۲ رمز نگاری متقارن [2]

این نوع رمزنگاری به نوعی خاصی از رمزنگاری گفته می‌شود که در آن برای رمز کردن و رمزگشایی پیام از یک کلید استفاده می‌شود، کلیدها ممکن است مشابه باشند یا ممکن است رابطه‌ای ساده بین دو کلید وجود داشته باشد. کلید، در عمل، نشان دهنده یک راز مشترک بین دو یا چند طرف است که می‌تواند برای حفظ اطلاعات خصوصی مورد استفاده قرار گیرد. این نیاز که هر دو طرف، دسترسی به کلیدهای مخفی داشته باشند یکی از اشکالات اصلی رمزنگاری کلید متقارن است، چرا که در حقیقت با توجه به نیاز دو طرف برای دانستن یک کلید مشخص این نوع رمزنگاری بین دو طرف که به یکدیگر اعتماد ندارند قابل استفاده نیست و دو طرف باید از قبل یکدیگر را بشناسند و آن رمز مشخص را بین خود پذیرفته باشند. برای این نوع رمزنگاری اغلب الگوریتم‌های جریانی و بلوکی مورد استفاده قرار می‌گیرند که الگوریتم‌های جریانی غالبا به رمز کردن

[1] Advanced Encryption Standard
[2] Symmetric-key

یک واحد کوچک داده یا همان بیت به همان صورت که داده در جریان است می‌پردازند و الگوریتم‌های بلوکی به رمز کردن یک تعداد مشخص از واحد داده‌ها به عنوان بلوک می‌پردازند، به طور مثال الگوریتم AES به رمزنگاری داده در بلوک‌های ۱۲۸ بیتی می‌پردازد.

۲-۱-۲ رمز نگاری نامتقارن [1]

این نوع رمز نگاری در مقابل رمزنگاری متقارن قرار دارد و در آن‌ها برای رمز کردن و رمزگشایی پیام از دو کلید متفاوت استفاده می‌شود که یکی از آنها به کلید عمومی [2] و دیگری به کلید خصوصی [3] شهرت دارند و همچنین یک رابطه ریاضی بین این دو کلید برقرار است به طوری که همواره از کلید خصوصی می‌توان کلید عمومی را به دست آور اما از کلید عمومی نمی‌توان کلید خصوصی را استخراج کرد.

کارکرد الگوریتم‌های رمزنگاری نا متقارن به این صورت است است که هر فرد ابتدا با ایجاد یک کلید خصوصی و نگه داشتن آن در نزد خود به صورت امن و به دست آوردن کلید عمومی نظیر آن کلید خصوصی و دراختیار عموم قرار دادن آن کلید عمومی به رد و بدل کردن پیام های رمز شده می‌پردازد، به این صورت

[1] Public-key cryptography, or asymmetric cryptography
[2] Public Key
[3] Private Key

که هر پیام توسط کلید عمومی که در اختیار همه هست رمز می‌شود اما فقط با استفاده از کلید خصوصی که در اختیار خود فرد است قابل رمزگشایی خواهد بود، بنابر این همه پیام‌های مورد نظر برای یک نفر فقط و فقط توسط همان فرد قابل رمزگشایی خواهند بود در حالی که همه افرادی که کلید عمومی را در اختیار دارند قادر به رمز کردن پیام‌های خود خواهند بود از الگوریتم های معروف رمزنگاری نامتقارن می‌توان از الگوریتم RSA [1] که بر پایه هم‌نهشتی و با کمک اعداد اول بزرگ کار می‌کند و ECC [2] بر اساس ساختاری جبری از منحنی‌های بیضوی بر روی میدان‌های متناهی طراحی شده‌است نام برد، البته اغلب این الگوریتم‌ها با کمک الگوریتم‌های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۲-۱-۲ الگوریتم‌های تبادل کلید

الگوریتم‌های رمزنگاری نامقارن اغلب دارای یک مشکل اساسی می‌باشند که محدودیت سایز پیام قابل رمزنگاری توسط آن‌ها می‌باشد به طوری که در صورتی که اندازه پیام از حدی بزرگتر باشد برای رمز نگاری آن نیاز به کلید طولانی تری خواهد بود و طولانی کردن کلید نیز تا حدی ممکن است، بنابر این برای استفاده از آنها یا باید پیام را به قطعا کوچک شکست و رمز نمود و یا از راهکار دیگری بر مبنای الگوریتم‌های تبادل

[1] Rivest–Shamir–Adleman
[2] elliptic curve cryptography

کلید استفاده نمود، در حقیقت همانطور که قبلا اشاره شد الگوریتم‌های رمزنگاری متقارن دارای مشکل اساسی نیاز به دانستن کلید یکسان توسط هر دو طرف قبل از شروع انتقال پیام می‌باشند اما در بسترهای ناامن که نیاز به رمزنگاری هست در صورتی که دو طرف از قبل با یکدیگر در ارتباط نبوده باشند چطور می‌توان کلید مورد نظر را انتقال داد؟ در اینجا با کمک الگوریتم‌های انتقال کلید و با کمک رمزنگاری نامتقارن می‌توان ابتدا به تبادل کلید الگوریتم رمزنگاری متقارن پرداخت و سپس با کمک آن کلید در ادامه پیام هارا به صورت متقارن رمزنگاری کرد از الگوریتم‌های معروف این دسته می‌توان از پروتکل تبادل کلید دیفی-هلمن [1] نام برد الگوریتم استفاده شده در پروتکل امن انتقال ابرمتن[2] ویا به اختصار Https نیز تقریبا کارکردی مشابه آنچه گفته شد دارد.

۲-۲-۱-۲ امضای دیجیتال

از دیگر کاربردهای رمزنگاری نامتقارن می‌توان به امضا دیجیتال اشاره کرد که در حقیقت الگوریتم امضا دیجیتال در رمز ارزها نیز بسیار کاربرد دارد که به اثبات هویت ارسال کننده یک پیام و یا تراکنش می‌پردازد به مانند امضا عادی در سیستم های سنتی که امضا هر فرد در انتهای هر نامه و پیامی به معنی تایید فرد مورد

[1] Diffie–Hellman key exchange
[2] Hypertext Transfer Protocol Secure

نظر است.

کارکرد امضا دیجیتال به این صورت است که ابتدا فرد نویسنده یک پیام و یا تراکنش برای اثبات هویت خود با کمک توابع درهم سازی یک طرفه [1] با طول ثابت به هش کردن پیام خود می‌پردازد و سپس این بار با کمک کلید خصوصی خود رشته به دست آمده را رمز می‌کند حال پیام رمز شده نهایی را به انتهای پیام اصلی می افزاید که به این فرایند امضا کردن پیام گفته می‌شود حال با ارسال این پیام به شخص یا اشخاص مورد نظر آنها با داشتن کلید عمومی فرد می‌توانند امضا فرستاده شده را رمزگشایی کرده و اصل پیام را نیز هش کنند و رشته خروجی را با رشته بدست آمده از رمزگشایی امضا تطبیق دهند در صورت برابر بودن این دو رشته اثبات هویت ارسال کننده پیام صورت می‌گیرد که در حقیقت فرد متناظر با آن کلید عمومی است.

۳-۲-۱-۲ رمزنگاری ECC

باتوجه به اینکه در اغلب رمز ارزها و سامانه‌های امروزی از الگوریتم ECC به عنوان الگوریتم رمزنگاری نامتقارن استفاده می‌شود به نظر می‌رسد لازم است که به اختصار نحوه کارکرد آن را توضیح دهیم.

[1] Hash Function

همانطور که پیش تر ذکر شد این الگوریتم بر اساس ساختاری جبری از منحنی‌های بیضوی بر روی میدان‌های متناهی طراحی شده‌است. که این امر باعث نیاز به کلید کوچک تری نسبت به دیگر روش‌های رمزنگاری نا متقارن می‌شود، در حقیقت برای اهداف امروزی رمزنگاری، منحنی بیضوی یک منحنی مسطح است که متشکل از نقاط رضایت بخش معادله می‌باشد.

معادله ۱-۲: منحنی های بیضوی در دو بعد $Y^2 = X^3 + aX + b$

همراه با یک نقطه برجسته در (مختصات در اینجا از یک حوزه ثابت متناهی از مشخصه که با ۲ یا ۳ برابر نیست انتخاب می‌شوند، یا اینکه معادله منحنی تا حدودی پیچیده‌تر خواهد بود) این مجموعه همراه با عملیات گروهی از نظریه گروه بیضوی از گروه Abelian، با نقطه‌ای در بینهایت به عنوان عنصر هویت می‌باشند. ساختار گروه از گروه مقسوم علیه تنوع جبری زیرین ارث بری می‌کند. همان‌طور که برای دیگر سیستم‌های رمزنگاری کلید عمومی محبوب، بدون اثبات ریاضی برای امنیت ECC از سال ۲۰۰۹ منتشر شد.

درنهایت باید دانست که امنیت کامل ECC بستگی به توانایی محاسبه ضرب نقطه‌ای و عدم توانایی برای محاسبه حاصل‌ضرب با توجه به نقاط اصلی و نقاط تولید شده دارد.

۴-۲-۱-۲ تهدیدهای متوجه رمزنگاری نامتقارن

امنیت شیوه های امروزی رمز نگاری نامتقارن اغلب بر پایه سخت بودن حل مسائلی نظیر تجزیه اعداد اول و یا مسئله حل لگاریتم گسسته برای کامپیوترهای امروزی مطرح می‌شوند که حل این مسائل به طور عادی از روابط نمایی پیروی می‌کند بنابر این برای حل آنها صرف زمان بسیار بسیار زیادی توسط کامپیوترهای امروزی لازم خواهد بود به طوری که می‌توان به دست آوردن پاسخ آن‌هارا عملا غیر قابل دست یابی دانست، اما نوع دیگر کامپیوترهای که کامپیوترهای کوانتمی [۱] معروف هستند. با کمک الگوریتم کوانتمی شور [۲] قادر به حل این مسائل در زمان معقولی می‌باشند که در حقیقت این نگرانی را در بسیاری از افراد به وجود آورده که این نوع کامپیوترها می‌توانند تهدیدی برای اغلب روش‌های رمزنگاری و سامانه‌های مبتنی بر رمزنگاری نامتقارن امروزی باشند، که از همین رو تلاش‌هایی برای ایجاد الگوریتم‌های رمزنگاری نامتقارن کوانتمی [۳] شده است، البته لازم به ذکر است که هنوز کامپیوترهای کوانتمی قدرتمند ای که توانایی اجرای الگوریتم گفته شده را داشته باشند ساخته نشده اند، اما تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ میلادی نمونه اولیه چنین کامپیوترهایی ساخته شوند، نکته قابل توجه دیگر آن است که کامپیوترهای کوانتمی تهدیدی برای

[1] Quantum computer
[2] Shor's algorithm
[3] Quantum cryptography

الگوریتم‌هایی نظیر AES نمی‌باشند.

۲-۲ توابع درهم سازی یک طرفه

توابع درهم سازی یک طرفه به توابعی گفته می‌شود که اغلب با دریافت یک رشته بیتی با درهم ریختن رشته ورودی به ایجاد یک رشته خروجی می‌پردازند به طوری که به دست آوردن رشته ورودی از رشته خروجی امکان پذیر نباشد و همچنین به ازای هر رشته منحصر به فرد در ورودی یک رشته منحصر به فرد در خروجی ایجاد شود. به طوری که با داشتن رشته ورودی همواره بتوان به یک رشته خروجی رسید و به ازای هیچ دو رشته ورودی غیر یکسانی، یک رشته خروجی یکسان حاصل نشود. به طور کلی کاربرد این نوع توابع در شماره گذاری رشته‌ها و جداول داده درهم [۱] می‌باشند.

۲-۲-۱ تابع درهم‌سازی رمزنگارانه [۲]

این نوع توابع درهم سازی نوع خاصی از توابع در هم سازی می‌باشند که یک رشته با طول نا مشخص را به یک رشته با طول ثابت درهم ریزی می‌کنند به طوری که رشته خروجی نمایشی از کل محتوای متن یا

[1] Hash Table
[2] Cryptographic hash function

رشته ورودی است و می‌توان آن را نوعی «اثر انگشت دیجیتالی» برای آن متن به حساب آورد، این نوع توابع درهم سازی در امضا دیجیتال، ذخیره اطلاعات حیاتی مانند کلمه عبور کاربران در پایگاه داده، بلاک چین و بسیاری موارد دیگر کاربرد دارند از معروف ترین توابع درهم سازی رمزنگارانه می‌توان از MD4,MD5,SHA-1,SHA-2,SHA-3 نام برد.

از دیگر خصوصیت این توابع که در سیستم‌های بلاک چینی بسیار قابل توجه است آن است که در حقیقت امکان پیش بینی خروجی از روی وردی به هیچ عنوان امکان پذیر نیست، در حقیقت کارکرد آن‌ها به این صورت نمی‌باشد که رشته خروجی به ازای تغییرات مشخص ورودی به یک رشته خاص در خروجی میل کند که بتوان آن را حدس زد و با هر تغییر بسیار کوچک در رشته ورودی، رشته خروجی تغییرات قابل توجهی خواهد کرد.

۳-۲ درخت مرکله [1]

درخت مرکله و یا درخت درهم سازی به طور معمول یک درخت دودویی [2] و یا یک درخت پیشوندی

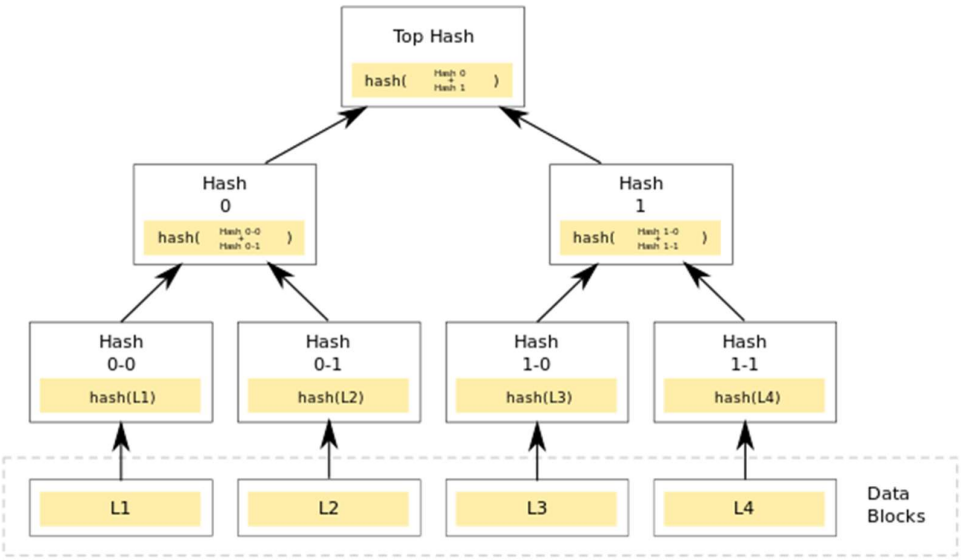
[1] Merkle tree
[2] Binary Tree

[1] است که برگ‌های آن شامل یک سری داده مشخص می‌باشند، سپس در مراحل بالاتر مقدار هر گره از مقدار هش فرزندان خود به دست می‌آید به همین صورت از گره‌های والد برای برگ‌ها شروع به هش کردن مقادیر میکنیم و سطح به سطح در درخت بالا می‌رویم و مقدار هر گره را معادل هش مقدار فرزندان خود می‌گذاریم تا به ریشه درخت برسیم.

معادله ۲-۲: گره‌های درخت درهم سازی $$f(n) = Hash(f(2n+1) + f(2n+2))$$

کاربرد درخت های مرکله به طور معمول در نوع خاصی از امضا دیجیتال به نام امضای لمپارت [2] و یا تایید اعتبار یک فایل و همچنین به طور گسترده در بلاک چین می‌باشد.

[1] Trie
[2] Lamport Signature



تصویر ۱-۲: نمونه یک درخت درهم سازی [18]

۲-۴ کدبندی نویسه [۱]

باتوجه به اینکه کوچکترین واحد قابل فهم برای کامپیوترها یک بیت است که دارای مقداری معادل ۰ یا ۱ می‌باشد در نتیجه همه مفاهیم از نظر کامپیوترها باید دارای یک مقدار عددی باشند، بنابر این برای نویسه‌های الفبایی[۲] استانداردهایی در نظر گرفته شده است که هر نویسه را به یک مقدار عددی مشخص نظیر می‌کند از نمونه‌های این استانداردها می‌توان به مواردی از قبیل ASCII [3] که فقط شامل حروف انگلیسی اعداد و برخی نویسه‌های خاص است و یا UTF-8 که دارای نویسه های موجود در اغلب زبان‌های می‌باشد اشاره کرد. اما این کدبندی‌ها اغلب برای داده‌هایی به کار می‌روند که در زبان‌های طبیعی دارای معنی و مفهوم

[1] Character encoding
[2] Character
[3] American Standard Code for Information Interchange

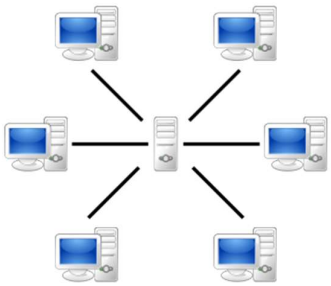
می‌باشند و خروجی یک تابع درهم سازی یک طرفه و یا رشته خروجی حاصل از یک الگوریتم رمزنگاری اشکال سخت و عجیبی در این نوع از کدبندی‌ها پیدا می‌کنند بنابر این برای نمایش خروجی این تابع‌ها به صورت رشته های حرفی عددی نیز استانداردهای خاصی نظیر Hex, Base64, Base58 ایجاد شده است که Hex در حقیقت نمایش هر بایت از داده در مبنای ۱۶ است که باعث طولانی شدن رشته می‌شود بنابر این استاندارد Base64 به طور معمول برای انتقال داده ها استفاده می‌شود که این استاندارد نیز به دلیل وجود نویسه‌هایی مانند عدد 0 و حرف o لاتین و یا حرف l کوچک لاتین و حرف I بزرگ لاتین و عدد 1 و... که در برخی فونت‌ها شکل یکسان دارند در صورتی که قرار باشد توسط انسان‌ها و نه ماشین‌ها مورد بررسی قرار گیرند مشکلاتی را ایجاد می‌کنند که برای پیشگیری از این مشکلات از استاندارد Base58 در اغلب رمز ارزها استفاده می‌شود که حروف و اعداد مشابه و غیر قابل تشخیص از یکدیگر در آن مشاهده نمی‌شوند.

۲-۵ شبکه نظیر به نظیر

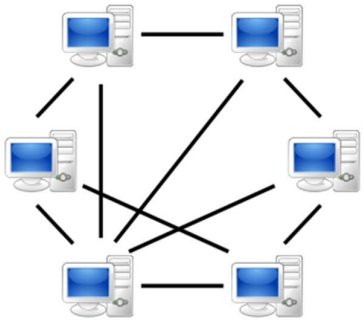
این شکبه‌ها در حقیقت در مقابل شبکه‌های سرویس دهنده-سرویس گیرنده [1] قرار دارند و به جای آن‌که یک سرویس دهنده مرکزی وجود داشته باشد که همه سرویس گیرنده‌ها به آن متصل باشند و فقط

[1] Client-Server

بتوانند با سرویس دهنده انتقال پیام انجام دهند، همه نظیرها [1] به صورت مستقیم به هم متصل هستند و در حقیقت هر نظیر حکم یک سرویس دهنده و یک سرویس گیرنده کوچک را دارد، این شبکه در رمز ارزها اهمیت بالایی دارند چراکه به کمک این شبکه‌ها امکان حذف شخص ثالث در تراکنش ها حذف شده است.



تصویر ۲-۲ : نمونه یک شبکه سرویس گیرنده-سرویس دهنده [1]

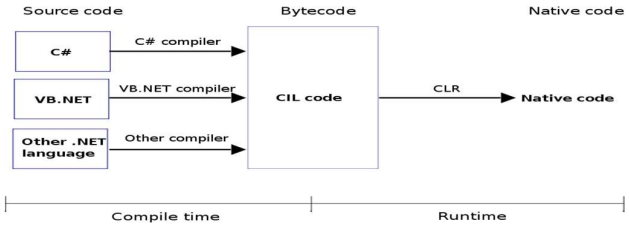


تصویر ۲-۳ : نمونه یک شبکه نظیر به نظیر [1]

[1] Peer

۲-۶ ماشین مجازی [۱]

ماشین مجازی در حقیقت ماشینی است که به طور مجازی روی یک ماشین فیزیکی دیگر اجرا می‌شود و یک سری عملیات خاص انجام می‌دهد، نوع خاصی از این ماشین‌های مجازی آن‌هایی هستند که در زبان های برنامه نویسی سطح بالا مانند جاوا [۲] و یا زبان‌های خانواده دانت نت [۳] به ترتیب با نام‌های JVM [۴] و CLR [۵] استفاده می‌شوند. این ماشین‌های مجازی اغلب مانند ریز پردازنده‌ها [۶] دارای یک زبان اسمبلی مانند [۷] مخصوص به خود می‌باشند که کدهای زبان سطح بالاتر به این زبان‌ها ترجمه می‌شوند و سپس کدهای خروجی حاصل در ماشین مجازی مورد نظر اجرا می‌شوند در حقیقت این ماشین‌های مجازی رفتار شبیه به یک پردازنده را شبیه سازی می‌کنند.



تصویر ۲-۴ : نحوه کارکرد CLR

[1] Virtual Machine
[2] Java
[3] .Net
[4] Jave Virtual Machine
[5] Common Language Runtime
[6] CPU
[7] Assembly

اغلب رمز ارزها نیز برای انجام کارهای خود دارای یک ماشین مجازی می‌باشند که تراکنش ها مورد نظر به صورت کدهای این ماشین مجازی در آمده و برای تایید کدهای مورد نظر اجرا می‌شوند به طور مثال می‌توان از EVM [1] در این زمینه نامبرد.

[1] Ethereum Virtual Machine

۳ فصل سوم : بلاک چین

همانطور که گفته شد در سال ۲۰۰۹ میلادی با معرفی بیت کوین به عنوان اولین رمز ارز توسط فرد یا افرادی با نام مستعار ساتوشی ناکاماتو [1] مفهوم رمز ارز پابه عرصه وجود گذاشت به طوری که امروزه بیش از هزار رمز ارز مختلف در دنیا وجود دارد، بیت کوین برخلاف ارزهای دیجیتال قبل از خود توانست مشکل نیاز به فرد سوم قابل اعتماد را با کمک یک مکانیزم انقلابی با نام بلاک چین حل کند که در این فصل به بررسی این سیستم می‌پردازیم.

در حقیقت بلاک‌چین را می‌توان به مانند یک سیستم عامل در نظر گرفت و رمز ارزها را به عنوان برنامه های کامپیوتری‌ای که بر روی این سیستم عامل بزرگ و توزیع شده اجرا می‌شوند.

۳-۱ تعریف مفهومی بلاک‌چین

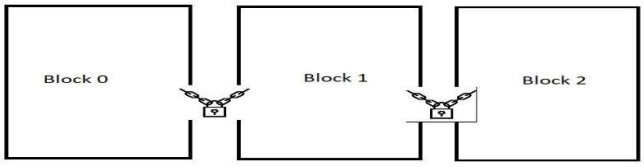
بلاک‌چین یک دفتر کل بزرگ و توزیع شده می‌باشد که کار ثبت و رهگیری دارایی‌هارا به صورت تراکنش [2] محور انجام می‌دهد به طوری که امکان تغییر یا حذف اطلاعات درج شده در این دفتر کل وجود ندارد و فقط می‌توان اطلاعات جدیدی را به آن افزود، بلاک چین کار فرآیند ثبت تراکنش‌ها و ردگیری

[1] Satoshi Nakamoto
[2] Transaction

دارایی‌ها را در یک شبکه‌ی کسب‌وکار ساده میکند. یک دارایی می‌تواند ملموس مانند خانه، خودرو، پول نقد، زمین و یا ناملموس مانند مالکیت معنوی نظیر حق اختراع، حق چاپ یا نام اعتباری باشد. تقریباً هرچیز ارزشمندی می‌تواند در یک شبکه‌ی بلاک چین ردگیری و معامله شود و مخاطرات و هزینه‌ها را برای همه‌ی طرف‌های درگیر کاهش دهد.

۳-۲ تعریف ساختاری بلاک‌چین

در ساده ترین حالت ساختار بلاک چین را همانطور که از نامش پیداست می‌توان به صورت زنجیره ای از بلاک های داده ای دانست که به طور متوالی پشت یکدیگر قرار می‌گیرند و هربلاک به طوری به بلاک قبل از خود وابسته است.



تصویر ۱-۳ : شمای کلی یک بلاک چین

۳-۳ ساختار هر بلاک

باتوجه به اینکه بلاک‌چین از زنجیره‌ای از بلاک‌ها ساخته شده است بنابر این ضروری به نظر می‌رسد

که ابتدا به بررسی ساختار هر بلاک به صورت جز یک جز مستقل بپردازیم تا در ادامه بتوانیم کاربرد هر یک از این بخش‌هارا در یک بلاک چین بررسی کنیم.

هر بلاک به طور معمول حداقل دارای سه بخش زیر است:

۱. بخش داده ای
۲. نماد بلاک
۳. نماد بلاک قبل از خود

حال به بررسی هر کدام از این بخش‌ها می‌پردازیم:

۱-۳-۳ بخش داده‌ای بلاک

بخش داده ای یک بلاک در ساده ترین حالت ممکن می‌تواند یک رشته متنی حاوی یک پیام باشد و یا اطلاعات تراکنش های مالی مختلف به همراه اطلاعات دیگری نظیر یک مقدار متغییر، زمان ساخت بلاک، شماره بلاک و ... که در رمز ارزها استفاده می‌شود.

۳-۳-۲ نماد یا امضا بلاک

برای هر بلاک نماد یا امضا آن بلاک برابر است با خروجی تابع درهم ریزی یک طرف از همه بخش‌های به غیر از خود بخش نماد بلاک یا به عبارت دیگر مقدار هش بخش‌های مختلف بلاک.

۳-۳-۳ نماد بلاک قبل از خود

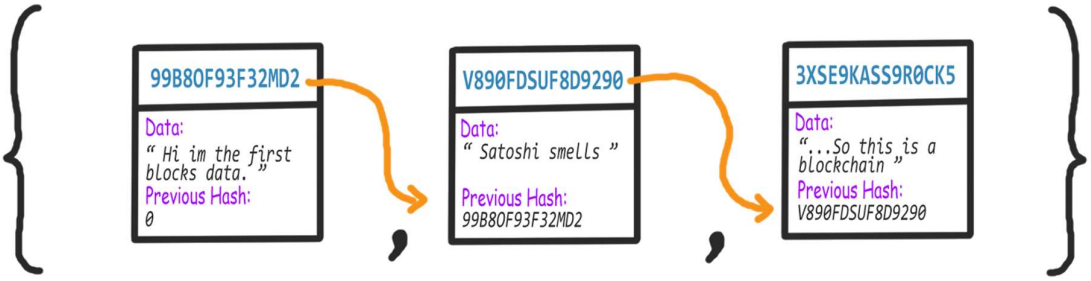
هر بلاک شامل نماد بلاک قبلی خود نیز می‌شود. که در حقیقت این بخش باعث ایجاد زنجیره و مرتبط شدن بلاک ها به یکدیگر می‌شود.

۳-۴ بررسی ساختار بلاک چین

همانطور که گفته شد بلاک چین زنجیره ای از بلوک های داده ای به هم وابسته است اما این بلاک‌ها چگونه به هم وابسته می‌شوند؟

در حقیقت وظیفه ایجاد وابستگی بلاک های یک بلاک چین فارغ از بخش داده ای و بخش‌های دیگر آن بر عهده بخش نماد بلاک قبلی می‌باشد، به این صورت که با قرار دادن نماد بلاک قبلی در هر بلاک آن بلاک را به بلاک قبلی خود وابسته می‌کنیم و باتوجه به اینکه بخش نماد بلاک قبلی برای محاسبه نماد بلاک

جدید استفاده می‌شود در حقیقت با ایجاد هر بلاک، این بلاک جدید به همه بلاک‌های قبل از خود وابسته می‌شود به طوری که برای ایجاد تغییر در یک بلاک نماد آن بلاک تغییر می‌کند در نتیجه نماد بلاک بعد از آن نیز تغییر می‌کند و این تغییر تا جدید ترین بلاک انتشار می‌یابد، حال اگر بلاک‌چین یک بلاک‌چین پویا باشد به طوری که پیوسته به بلاک‌های آن افزوده می‌شود عملا ایجاد تغییر در یکی از بلاک‌های قبلی امکان پذیر نخواهد بود و یا حداقل بسیار بسیار سخت خواهد بود بنابر این همه افرادی که در یک بلاک‌چین مشارکت می‌کنند می‌توانند بر روی صحیح بودن اطلاعات بلاک چین توافق کنند و به این صورت توافق مورد نظر بدون نیاز به فرد سومی ایجاد می‌شود و در حقیقت همه افراد مشارکت کننده بر روی صحت داده های داخل بلاک چین توافق دارند.



تصویر ۲-۳ : ساختار بلاک چین [19]

۳-۵ خواص بلاک چین

هر بلاک چین باید شامل خواص زیر باشد:

۱. تغییر ناپذیری: تغییر ناپذیری در بلاک چین باتوجه به ساختار آن به وجود می‌آید.

۲. اصل بودن : مشارکت کنندگان می‌دانند یک دارایی از کجا می‌آید و مالکیت آن در طول زمان چگونه تغییر کرده است.

۳. قطعیت : هر بلاک دارای قطعیت است در حقیقت داده‌های آن قطعی و صحیح و پذیرفته شده هستند.

۴. شفافیت : نحوه ساز و کار بلاک چین دارای شفافیت است و داده‌های موجود در آن برای همه افراد موجود در شبکه قابل دسترسی است.

۳-۶ بررسی کارکرد شبکه‌های بلاک چین

اغلب شبکه های مبتنی بر بلاک چین مانند رمز ارزها بر بستر شبکه‌های کامپیوتری نظیر به نظیر به فعالیت می‌پردازند به طوری که هر یک از نظیرهای موجود در شبکه که اینجا گره [1] نامیده می‌شوند یک نسخه از بلاک چین را در سیستم خود نگه می‌دارند و قابلیت خواندن اطلاعات بلاک چین و افزودن بلاک جدید در شبکه را دارا می‌باشند و به ازای افزوده شدن هر بلاک جدید، گره‌ای که آن بلاک را به بلاکچین افزوده است

[1] Node

موظف است که این موضوع را به همه نظیرهای دیگر اعلام کند تا آنها نیز اطلاعات بلاک چین خود را به روز رسانی [1] کنند تا شبکه دچار خطا نشود.

۳-۷ انواع بلاک چین

بلاک چین‌ها دارای انواع مختلفی می‌باشند اما به صورت کلی به دو دسته خصوصی و عمومی تقسیم می‌شوند که بلاک چین های عمومی اطلاعاتشان در اختیار همه افراد قرار دارد و هر فردی می‌تواند در هر زمان به عنوان یک گره جدید وارد این شبکه شود و یا اطلاعات آن‌هارا مورد بررسی قرار دهد نظیر بلاک چین‌های رمز ارزها، در مقابل نیز بلاک چین‌های خصوصی قرار دارند که یک سازمان و یا کسب و کار می‌تواند برای افراد موجود در شبکه خود آن‌را ایجاد کند و بر بستر شبکه‌های داخلی خود سازمان به اجرای آن بپردازد و یا با رمزگذاری همه داده‌های آن از دسترسی افراد غیر قابل اعتماد به داده‌ها جلوگیری به عمل آورد.

۳-۸ اثبات کار

اثبات کار یا POW در حقیقت یک مکانیزم در شبکه‌های بلاک‌چین است که ویژگی تغییر ناپذیری

[1] Sync

بلاک چین را تقویت می‌کند و همچنین از افزوده شدن بلاک‌های زیاد و غیر ضروری به سادگی در شبکه جلوگیری می‌کند، در حقیقت همان‌طور که از نامش پیداست POW یک مکانیزم است که باعث می‌شود هر فرد برای افزودن هر بلاک در شبکه موظف باشد میزان معینی کار انجام دهد.

سازکار این مکانیزم به این صورت است که برای هر بلاک چین مقدار مشخصی به نام سختی [1] در نظر گرفته می‌شود و حال یک شرط جدید برای به دست آوردن نشان بلاک به سازوکار شبکه افزوده می‌شود به صورت که مقدار عددی هش به دست آمده باید از مقدار سختی بیشتر باشد برای ساده شدن کار می‌توان این شرط را به صورت ظاهر شدن تعداد معینی 0 در ابتدای مقدار هش بلاک دانست.

همانطور که گفته شد هش بلاک شامل مقدار هش بخش مختلف بلاک می‌باشد اما این بخش اغلب از داده‌های ثابتی تشکیل شده اند که قابل تغییر نمی‌باشد بنابر این به ازای داده های بلاک فقط و فقط یک مقدار هش تولید می‌شود که ممکن است شرط مورد نظر برای POW را نداشته باشد، برای حل این مشکل یک مقدار متغییر به نام nonce نیز به داده‌های بلاک افزوده می‌شود این مقدار متغییر فارغ از دیگر بخش‌های بلاک است و می‌تواند هر مقداری داشته باشد حال با کمک این مقدار جدید و تغییر دادن آن و محاسبه مجدد

[1] Difficulty

هش بلاک می‌توان هش‌های مختلف برای یک بلاک به دست آورد و درحقیقت مکانیزم POW مشارکت کنندگان را مجبور می‌کند تا مکررا به محاسبه مقدار هش‌های مختلف برای یک بلاک با nonce های مختلف بپردازند تا یک مقدار هش با شرط بزرگتر بودن از سختی یافته شود؛ به محض یافته شدن این مقدار، گره‌ای که هش را پیدا کرده است این مقدار جدید را و مقدار nonce ای که به ازای آن مقدار هش را به دست آورده است به دیگر گره‌ها اعلام می‌کند و دیگر گره‌ها نیز حال به سادگی با یکبار هش کردن با nonce اعلام شده می‌توانند صحت ادعای گره اعلام کننده را راستی آزمایی کنند و درصورت درست بودن ادعا آن را به عنوان بلاک جدید بپذیرند.

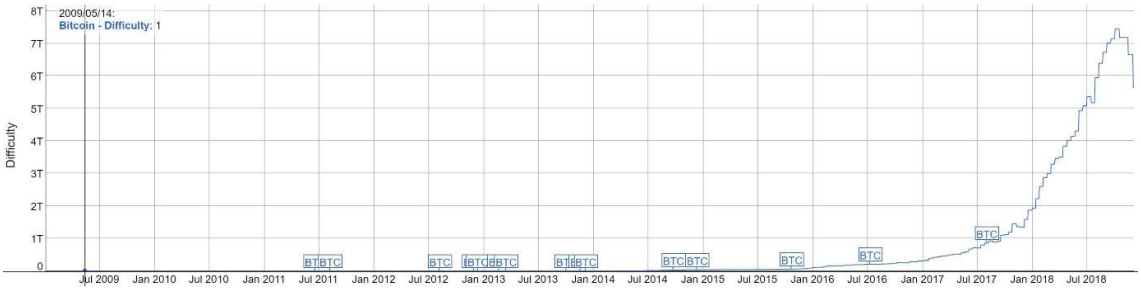
۱-۸-۳ حمله ۵۱ درصد

با افزوده شدن POW به بلاک چین حال تغییر دادن داده‌های بلاک بیش از بیش سخت می‌شود به طوری که برای تغییر داده‌های یک بلاک این بار فرد مورد نظر باید به ازای همه بلاک‌های بعدی نیز الگوریتم POW را اجرا کند و مقدار هشی بیشتر از سختی برای همه بلاک‌ها بیابد، که بسیار وقت‌گیر خواهد بود همچنین در شبکه‌های پویا که همواره به بلاک های آن افزوده می‌شود گره خاطی باید بتواند به قدری سریع به محاسبه POW بلاک‌های قبلی بپردازد که بتواند به آخرین بلاک برسد و بلاک آخر را نیز خود بدست بیاورد و به شبکه اعلام کند تا همه آن‌را بپذیرند که این اتفاق فقط در حالتی ممکن است که گره مورد نظر

حداقل ۵۱ درصد قدرت محاسباتی شبکه را داشته باشد یعنی قدرت محاسباتی آن از مجموع قدرت محاسباتی همه گره‌های دیگر موجود در شبکه بیشتر باشد.

۲-۸-۳ تغییرات سختی

از دیگر کاربردهای POW آن است که شبکه‌های بلاک چینی شلوغ می‌توانند زمان ایجاد شدن بلاک های خود را کنترل کنند تا به این صورت از رشد بی رویه بلاک چین جلو گیری به عمل آورند به این ترتیب که با افزوده شدن هر گره شانس یافته شدن بلاک جدید بیشتر می‌شود چرا که گره‌های بیشتری برای بدست آوردن بلاک جدید به رقابت می‌پردازند حال پس از افزوده شدن تعداد زیادی گره می‌توان با افزایش دادن مقدار سختی زمان مورد نیاز برای بدست آوردن بلاک جدید را بیشتر کرد و درحقیقت انجام مکانیزم POW را سخت تر نمود و زمان میانگین برای به دست آمدن تعداد معینی ای بلاک را کنترل نمود.



تصویر ۳-۳ : نمودار تغییرات سختی شبکه بیت کوین [6]

۳-۹ استخراج [1] رمز ارز

در شبکه‌های بلاک چینی رمز ارزهایی نظیر بیت کوین که تعداد زیادی گره برای بدست آوردن بلاک بعدی رقابت می‌کنند مقداری از توکن های شبکه به عنوان جایزه [2] به هر فردی که موفق به یافتن بلاک بعدی شود اختصاص داده می‌شود تا به این صورت انگیزه برای پیاده کردن بلاک‌های جدید در بین افراد ایجاد شود چرا که هر فرد با پیدا کردن بلاک جدید و انجام عملیات POW در حقیقت به میزان امنیت شبکه می‌افزاید، به این ترتیب به تعداد کوین‌های شبکه افزوده می‌شود و در حقیقت مکانیزمی مانند استخراج کردن ایجاد می‌شود.

به طور مثال برای شبکه بیت کوین در ابتدا جایزه هر بلاک ۵۰ بیت کوین در نظر گرفته شده بود که به ازای ایجاد شدن هر ۲۱۰ هزار بلاک این میزان نصف می‌شود تا در نهایت به ۰ میل کند به طوری که پیش بینی می‌شود در نهایت تعدادی نزدیک به ۲۱ ملیون بیت کوین وجود خواهند داشت که این مقدار تا سال 2140 میلادی کاملا استخراج می‌شود، لازم به ذکر است که با افزایش تعداد گره‌ها به مرور زمان سرعت استخراج بیت کوین‌ها افزایش نمی‌یابد چرا که همانطور که اشاره شد مقدار سختی مکررا افزوده می‌شود به

[1] Mining
[2] Block Reward

طوری که تقریبا هر ۲۱۰ هزار بلاک زمانی معادل چهار سال برای ایجاد شدن نیاز خواهند داشت.

۳-۱۰ دیگر اثبات‌ها[1]

علی رغم تمام مزایای اثبات کار این مکانیزم دارای مشکلاتی نیز می‌باشد یکی از بزرگترین ایرادات مکانیزم POW مصرف مقدار زیادی انرژی توسط کامپیوترهای گره‌هایی است که به اجرای آن می‌پردازند به طوری که گفته می‌شود به طور مثال شبکه بیت کوین در حال حاظر انرژی الکتریکی به اندازه انرژی مورد نیاز برای کل کشور ایرلند را مصرف می‌کند، درحالی که این انرژی برای امن کردن شبکه استفاده می‌شود اما تعداد زیادی هش تولید شده برای هر بلاک بی استفاده است و عملا این حجم عظیم انرژی به هدر می‌رود، همچنین از دیگر اشکالات این مکانیزم آن است که برخی افراد با ایجاد مدارات مجتمع خاص و یا asics قادر به استخراج بیت کوین با سرعت زیاد می‌باشند به طوری که امروزه استخراج با cpu های معمولی عملا امکان پذیر نمی‌باشد بنابر این تعدادی اثبات دیگر نیز برای رمز ارزها مطرح شده است که در اینجا به معرفی برخی از آنها می‌پردازیم.

[1] Proofs

۳-۱۰-۱ اثبات سهام[1] (POS)

در این روش یکی از گره‌های موجود در شبکه به طور تصادفی برای ایجاد بلاک جدید توسط شبکه انتخاب می‌شود اما با این شرط که افرادی که دارای سهم بیشتری از توکن‌های شبکه می‌باشند شانس بیشتری برای انتخاب شدن دارند، که داشتن تعداد زیادی از توکن‌های شبکه مانع از تقلب فرد مورد نظر می‌شود چرا که اگر این گره اقدام به تقلب کند ارزش توکن های شبکه که خود مالک تعداد زیادی از آنها است کاهش می‌یابد.

۳-۱۰-۲ اثبات حافظه [2]

این اثبات به مانند اثبات کار می‌باشد با این تفاوت که در آن از توابع در هم سازی حافظه سخت می‌باشد که فرد مورد نظر برای استخراج بلاک جدید به جای داشتن قدرت محاسباتی بیشتر باید سیستمی با حافظه بیشتر داشته باشد که باتوجه به سخت بودن ساخت حافظه و گرانتر بودن آن‌ها شانس استفاده از مدارهای مجتمی محاسباتی درآنها کمتر است.

[1] Proof Of Stake
[2] Proof Of Capacity

۳-۱۰-۳ گواهی سوزاندن [1]

این گواه نوعی گواهی است که در آن هر گره برای ایجاد کردن بلاک جدید باید تعدادی از توکن‌های خود را از بین ببرد بنابر این لزوم از بین بردن مانع از تقلب می‌شود.

همچنین برخی روش‌های دیگر نیز که گاها ترکیبی از روش های فوق است نیز استفاده می‌شود.

۳-۱۱ بلاک چین‌های نسل دوم [2]

همانطور که پیش‌تر اشاره شد یکی از بخش های رمز ارزها و برنامه‌های مبتنی بر بلاک چین یک ماشین مجازی است که به اجرای برخی دستورات شبه اسمبلی مختص آن رمز ارز و بلاک چین می‌پردازد. این زبان شبه اسمبلی در نسخه‌های اولیه رمز ارزها شامل دستورات بسیار محدودی می‌شد و به اصطلاح دارای خاصیت کامل بودن تورینگ [3] نبود، به این معنی که دارای دستورات پرش نبود اما با گذر زمان برخی از فعالان حوزه رمز ارز با بررسی پتانسیل‌های نهفته در این زبان، به استفاده از دستورات کامل تر و زبان‌های کامل تورینگ روی آوردند که به این ترتیب نسل دوم بلاک چین‌ها شروع شدند، یکی از نمونه‌های رمز ارزهای با بلاک چین

[1] Proof Of Burn
[2] Block chain 2.0
[3] Turing completeness

نسل دوم اتریوم [1]می‌باشد.

۱-۱۱-۳ قرار دادهای هوشمند [2]

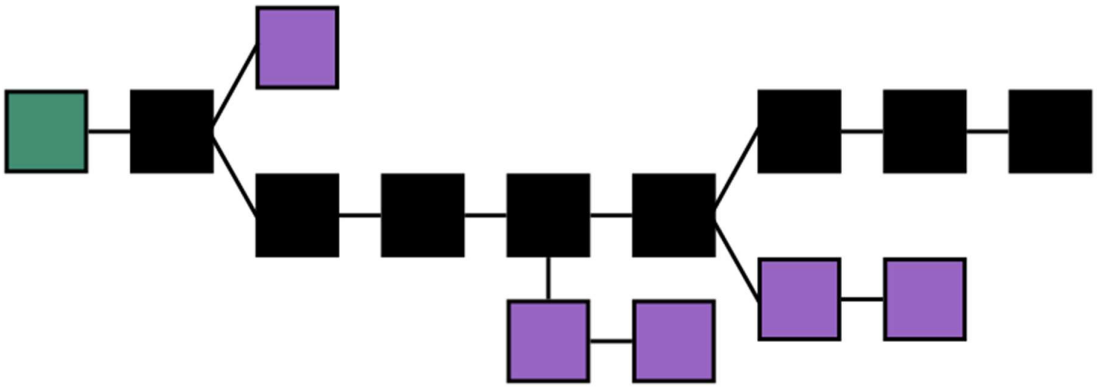
قرار دادهای هوشمند برخلاف آنچه که ممکن است از نام ظاهری آن‌ها برداشت شود، قطعه کدهایی با زبان‌های کامل تورینگ ماشین‌های مجازی رمز ارزها هستند که با ارسال یک تراکنش به سمت آن‌ها قادر به انجام یک کار مشخص و ثبت نتیجه آن در بلاک چین می‌باشند. بنابر این، این قطعه کدها در محیط یک شبکه بلاک چین اجرا می‌شوند و همه مشارکت کنندگان شبکه می‌توانند با آن‌ها ارتباط برقرار کرده و انجام سرویس خاصی را مدنظر داشته باشند.

[1] Ethereum
[2] Smart Contract

۳-۱۲ قاعده طولانی ترین زنجیره [1]

همانطور که گفته شد در بلاک چین‌های شلوغ مانند بلاک چین‌های رمز ارزها تعداد زیادی گره برای به دست آوردن بلاک بعدی با یکدیگر به رقابت می‌پردازند و هر گره‌ای که بتواند زودتر از بقیه گره‌ها پاسخ مسئله POW را بیابد به عنوان برنده برای استخراج آن بلاک معرفی می‌شود اما اگر دو گره همزمان موفق به این کار شوند چه می‌شود؟ در این حالت هر دو گره در یک زمان پاسخ درستی برای POW بدست آورده اند و هر دو می‌توانند بلاک خود را به انتهای بلاک‌چین بیافزایند که این اتفاق در عمل باعث دو شاخه شدن بلاک چین می‌شود، اما در نهایت باید یکی از این شاخه به عنوان شاخه صحیح پذیرفته شود و به حیات خود ادامه دهد. راه حل بیت کوین و دیگر رمز ارزها برای چنین حالتی آن است که ابتدا اجازه می‌دهند هر دو بلاک به انتهای بلاک چین افزوده شوند چرا که در مرحله اولیه هر دو بلاک برابر هستند اما با گذر زمان و افزوده شدن بلاک‌های بعدی در انتهای این دو بلاک دو شاخه متفاوت از بلاک چین ایجاد می‌شود که در نهایت همه گره‌ها طولانی ترین شاخه ایجاد شده را به عنوان شاخه درست می‌پذیرند و کار کردن بر روی شاخه دیگر را رها می‌کنند.

[1] Longest Chain Is Valid



تصویر ۴-۳ : قاعده طولانی ترین شاخه [5]

همانطور که در تصویر ۳-۴ دیده می‌شود در هر مرحله پس از دو شاخه شدن بلاک چین، شبکه زنجیره سیاه که طولانی تر بوده است را به عنوان زنجیره اصلی انتخاب کرده و بلاک‌های بنفش رها شده اند، به این بلاک‌های رها شده در اصطلاح یتیم شده [1] می‌گویند.

۳-۱۳ فورک [2] در بلاک چین

شبکه‌های بلاک چین نیز مانند دیگر برنامه‌های کامپیوتری همواره دستخوش تغییرات و به روز رسانی-هایی می‌شوند اما با توجه به این که این شبکه ها کار حساس تری را نسبت به دیگر برنامه‌ها انجام می‌دهند و همچنین پایگاه داده آن‌ها که بلاک چین می‌باشد همواره در حال افزودن بلاک جدید است در برخی موارد ممکن است این تغییرات باعث ایجاد بلاک‌هایی با قواعد جدید شوند که با بلاک‌های قبل از آن تفاوت‌هایی

[1] Orphaned Blocks
[2] Fork

دارد به چنین حالتی فورک در بلاک چین گفته می‌شود. در چنین حالتی گره‌هایی که نسخه نرم افزار خود را به روز رسانی [1] کرده اند بلاک‌هایی با خصوصیات متفاوتی از گره‌هایی که به روز رسانی را انجام نداده اند تولید می‌کنند.

۳-۱۳-۱ فورک نرم [2]

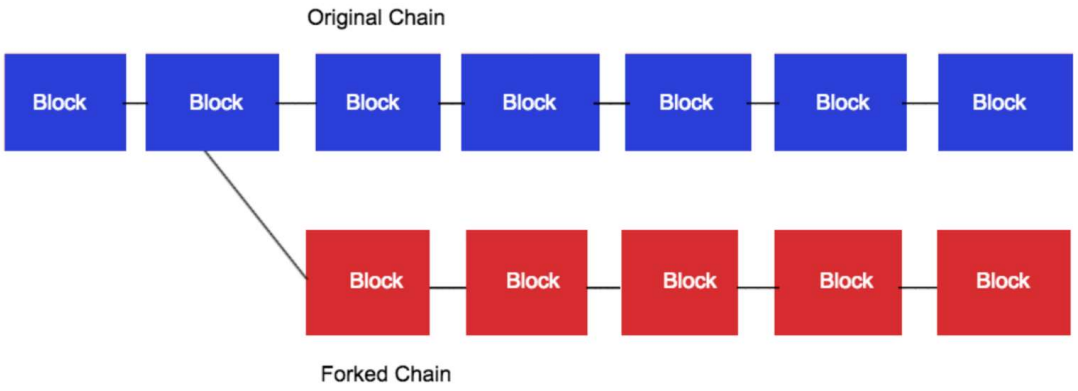
فورک نرم زمانی رخ می‌دهد که تغییرات ایجاد شده اساسی نباشند و بنابر این علی رغم این که دو نسخه مختلف از بلاک ها در حال ایجاد شد هستند اما این بلاک‌ها می‌توانند بدون رخ دادن مشکل خاصی پشت یکدیگر قرار گیرند و شبکه کلی دچار مشکل نمی‌شود بنابر این گره‌هایی که به روز رسانی کرده اند و گره‌هایی که به روز رسانی نکرده اند می‌توانند کار کردن بر روی یک بلاک چین را ادامه دهند.

۳-۱۳-۲ فورک سخت [3]

این نوع فورک زمانی رخ می‌دهد که تغییرات مذکور بسیار اساسی باشند به طوری که بلاک‌های تولید شده با هر نسخه نمی‌توانند کنار یکدیگر قرار گیرند و از نقطه ایجاد به روز رسانی عملا بلاک چین به دو بلاک

[1] Update
[2] Soft Fork
[3] Hard Fork

چین مجزا تبدیل می‌شود در چنین حالتی گره‌هایی که به روز رسانی را دریافت کرده اند روی یک بلاک چین و گره‌هایی که به روز رسانی را دریافت نکرده اند روی یک بلاک چین دیگر کار می‌کنند که به هیچ عنوان سازگار [1] نمی‌باشند و عملا در چنین حالتی ممکن است توکن‌های رمز ارز به دو توکن متفاوت تجزیه شوند، به طور مثال پس از یکی از به روز رسانی‌های شبکه بیت کوین در سال ۲۰۱۶ میلادی با ایجاد فورک سخت توکن‌های شبکه به دو نوع بیت کوین معمولی و بیت کوین کلاسیک [2] تقسیم شدند به طوری که دارندگان کیف پول هریک نمی‌توانند توکن‌های نوع دیگر را داشته باشند.



تصویر ۵-۳ : نمونه فورک سخت در بلاک چین

همانطور که در تصویر ۳-۵ مشاهده می‌شود پس از یک فورک سخت بلاک چین به دو بلاک چین متفاوت تبدیل می‌شود و برخلاف حالت طولانی ترین زنجیره اینجا هر دو زنجیره قابل قبول هستند اما نه

[1] Compatible
[2] Bitcoin Classic

توسط همه گره‌ها بلکه برخی گره‌ها یک زنجیره و برخی گره‌ها زنجیره دیگر را قبول کرده و روی زنجیره مورد نظر خود مشغول به کار می‌شوند.

۳-۱۴ مشکلات بلاک چین‌ها

شبکه های بلاک چینی نیز علی رغم همه مزیت‌هایی که به ارمغان می‌آورند خالی از اشکال نیستند که در اینجا به برخی از اشکالات این شبکه‌ها اشاره مختصری می‌کنیم.

یکی از ایرادات این شبکه به دلیل مکانیزم POW و مصرف انرژی بیش از حد رخ می‌دهد که تلاش هایی برای حل این مشکل با سعی بر ایجاد کردن اثبات‌های متفاوت انجام شده است اما هیچکدام به کارآمدی اثبات کار یا POW نمی‌باشند.

در بسیاری از بلاک چین‌ها امکان پرداخت های با مبلغ بسیار کم وجود ندارد[1] که این خود می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی باشد، به طور مثال در شبکه بیت کوین برای هر تراکنش مبلغی نیز به عنوان هزینه تراکنش [2] دریافت می‌شود که اگر این مبلغ کمتر از حد معینی باشد استخراج کنندگان تمایلی به پردازش آن

[1] Micro Payment
[2] Transaction Fee

تراکنش نخواهند داشت حال اگر فردی بخواهد تراکنشی با مبلغی کمتر از هزینه آن انجام دهد عملا غیر منطقی می‌باشد.

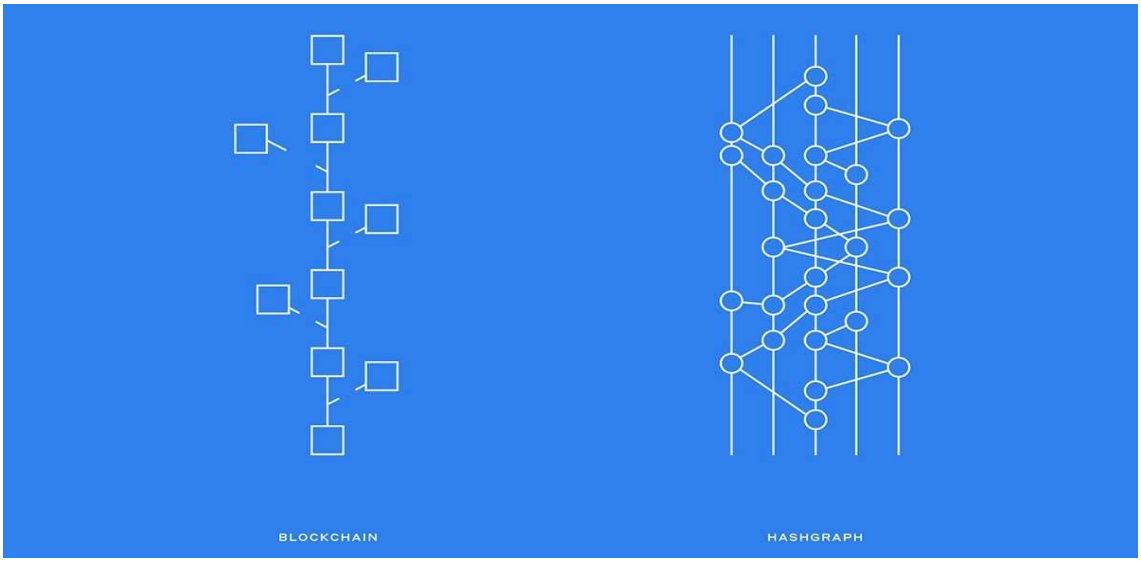
یکی از مهمترین مشکلات نیز مشکل مقیاس پذیری [1] در شبکه‌های بلاک چینی می‌باشد. که در این حالت باتوجه به نیاز انجام کار مشخصی و سپری شدن زمانی برای افزوده شدن هر بلاک و همچنین محدودیتی که در حجم اطلاعاتی‌ای که بلاک می‌تواند ذخیره کند وجود دارد باعث می‌شود عملا در هر زمان بیش از تعداد معینی تراکنش قابل پردازش نباشند به طور مثال در شبکه بیت کوین تقریبا در هر ثانیه فقط هفت تراکنش قابلیت پردازش شدن را دارند که این باعث ایجاد محدودیت بسیاری در ساختار این شبکه و قابلیت های آن می‌شود. همچنین به دلیل محدودیت تعداد تراکنش‌ها افراد مجبور می‌شوند پیوسته هزینه پردازش تراکنش بیشتری پرداخت کنند تا استخراج کنندگان [2] تمایل بیشتری به پردازش تراکنش آن‌ها داشته باشند.

۱-۱۴-۳ هش گراف [3]

باتوجه به مشکل مقیاس پذیری بسیاری از فعالات حوزه بلاک چین تلاش‌هایی برای حل این مشکل

[1] Scalability
[2] Miners
[3] HashGraph

کرده‌اند یکی از راه حل‌های پیشنهاد شده برای مشکل مقیاس پذیری ایجاد هش گراف‌ها به جای هش چین‌ها یا همان بلاک چین‌ها می‌باشد که در این حالت مشکل مقیاس پذیری تا حد زیادی حل می‌شود و تعداد هزاران تراکنش در ثانیه قابلیت پردازش شدن خواهند داشت همچنین امکان انجام پرداخت‌های با مقادیر بسیار کم نیز وجود خواهد داشت.



تصویر ۶-۳ : مقایسه هش گراف با بلاکچین [15]

همانطور که در تصویر ۶-۳ مشاهده می‌شود در هش گراف به جای استفاده از قاعده طولانی ترین زنجیره سعی بر آن است تا بلاک های یتیم شده به صورتی مجدادا به شبکه بازگردانده شوند در این حالت به جای یک زنجیره یک گراف ایجاد می‌شود که گره‌های آن با هش به یکدیگر مرتبط می‌باشند.

۳-۱۵ بلاک چین‌های نسل سوم [1]

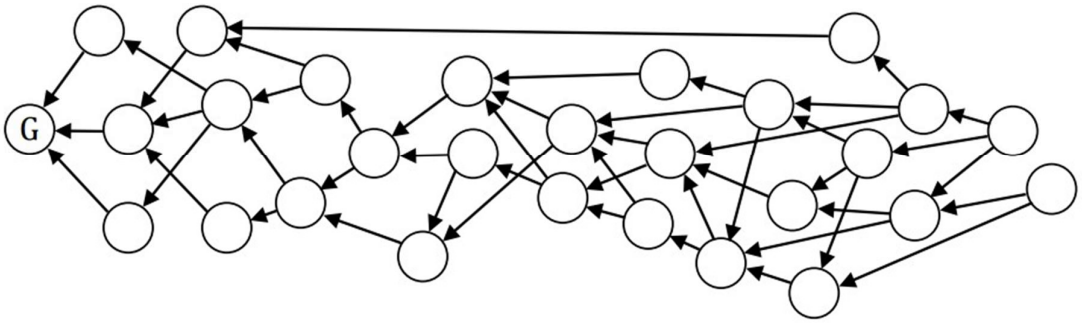
بلاک چین‌های نسل سوم نوع دیگری از بلاک چین‌های هستند که در پاسخ به مشکل مقیاس پذیری بلاک چین ایجاد شده اند به طوری که با حل این مشکل امکان پردازش تعداد نامحدود تراکنش با هر مبلغ را فراهم می‌آورند. همچنین کاربرد دیگر آنها در موارد مرتبط به اینترنت اشیا [2] می‌باشد یکی از نمونه های موفق پیاده سازی بلاک چین‌های نسل سوم IOTA می‌باشد.

۳-۱۵-۱ نحوه کارکرد بلاک چین‌های نسل سوم

در این بلاک چین‌ها به جای ذخیره کردن تعدادی تراکنش در یک بلاک و سپس پشت هم قرار دادن بلاک‌ها پشت یکدیگر تلاش می‌شود تا تراکنش های بعدی به صورت مستقیم به تراکنش‌های قبل از خود متصل شوند، به طور دقیق تر هر تراکنش به دو تراکنش تصادفی از تراکنش‌های قبل از خود متصل می‌شود و بنابر این یک گراف از تراکنش‌ها ایجاد می‌شود که این گراف در حقیقت یک گراف جهت دار رو به جلو در زمان خواهد بود چرا که هر تراکنش فقط به تراکنش‌های قبل از خود در زمان می‌تواند متصل شود بنابر این یال های متصل کننده این تراکنش‌ها در گراف جهت دار هستند و همچنین به دلیل جهت دار بودن امکان

[1] Block Chain 3.0
[2] IOT

ایجاد دور [1] نیز در این گراف موجود نمی‌باشد از این رو به آنها گراف‌های جهت دار بدون دور [2] ویا به اختصار DAG گفته می‌شود.



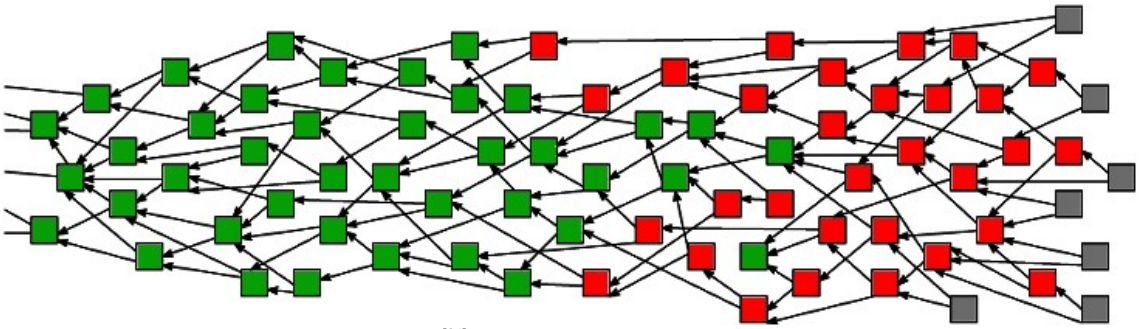
تصویر ۳-۷ : نمونه یک DAG

۳-۱۵-۲ پردازش تراکنش‌ها در بلاک چین‌های نسل سوم

در این نوع بلاک چین‌ها در حقیقت هر فرد برای ارسال تراکنش خود به جای پرداخت هزینه تراکنش به استخراج کنندگان تا آن‌ها تراکنش فرد را تایید و پردازش و به شبکه اعلام کنند خود اقدام به اعلام کردن تراکنش خود می‌کند با این تفاوت که برای افزودن تراکنش خود به شبکه موظف است دو تراکنش قبل از خود را تایید کند و پس از تایید صحت آن دو تراکنش، تراکنش خود را به انتهای آن‌ها می‌افزاید به این صورت

[1] Cycle
[2] Directed Acyclic Graph

ساختار DAG گفته شده از اتصال هر تراکنش به دو تراکنش قبل از خود به وجود می‌آید به این ترتیب و به دلیل عدم وجود هزینه تراکنش تراکنش‌های با هر مقدار ناچیز قابلیت افزوده شدن به شبکه را دارا می‌باشند. همچنین با افزایش تعداد تراکنش ها مشکل ایجاد ترافیک برای تراکنش‌ها رخ نمی‌دهد چرا که افزایش تعداد تراکنش‌ها به معنی افزایش تعداد گره‌های فعال در شبکه است که خود موظف به تایید تراکنش های قبل از خود می‌باشند، بنابر این همواره با افزایش تعداد تراکنش‌ها تعداد تایید کنندگان تراکنش نیز افزایش می‌یابد و شبکه دچار کندی نمی‌شود.



تصویر ۸-۳ : وضعیت تراکنش‌ها در یک DAG[14]

همانطور که در تصویر ۳-۸ نشان داده شده است تراکنش‌ها در این نوع شبکه ها به سه نوع مختلف تقسیم می‌شوند تراکنش‌های کاملا تایید شده تراکنش های در دست تایید و تراکنش‌های جدید که به ترتیب با رنگ‌های سبز قرمز و خاکستری در تصویر قابل مشاهده می‌باشند.

تراکنش‌های تایید شده تراکنش‌هایی اند که از هر تراکنش جدید شبکه پس از طی چند مرحله در

گراف می‌توان به آن‌ها رسید، در حقیقت این بدان معنی است که این تراکنش‌ها سابقه کاملی از تراکنش‌های قبلی را در خود دارند، تراکنش های تایید نشده که به رنگ قرمز هستند فقط به تعدادی از تراکنش‌های جدید متصل اند و تراکنش‌های جدید تراکنش‌هایی هستند که در انتظار افزوده شدن تراکنش جدید به انتهای خود و پردازش شدن توسط یک گره می‌باشند.

۳-۱۶ بلاک چین‌های نسل چهارم [1]

این نوع بلاک چین‌ها که بلاک چین‌های هوشمند نیز معروف هستند در حقیقت تلاشی برای ایجاد اتصال میان حوزه های هوش مصنوعی [2] و به خصوص یادگیری عمیق [3] با بلاک چین می‌باشند از پروژه‌های معروف بلاک چین‌های نسل چهارمی می‌توان به SingularityNet و Deep Brain Chain اشاره کرد.

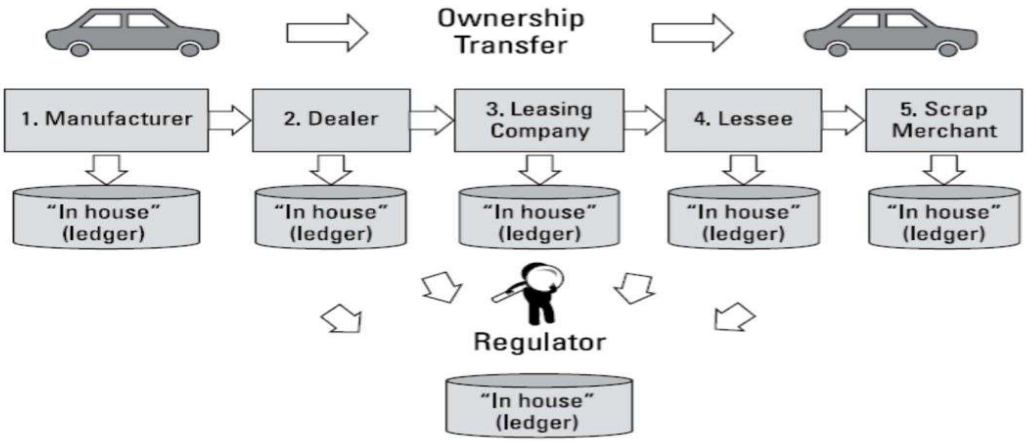
۳-۱۷ بلاک چین در خارج از رمز ارزها

همانطور که پیشتر گفته شد بلاک چین فقط مختص به رمز ارزها نمی‌شود و قابلیت های این تکنولوژی انقلابی می‌تواند در بسیاری از صنایع دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد به طور مثال در اینجا به بررسی کاربرد

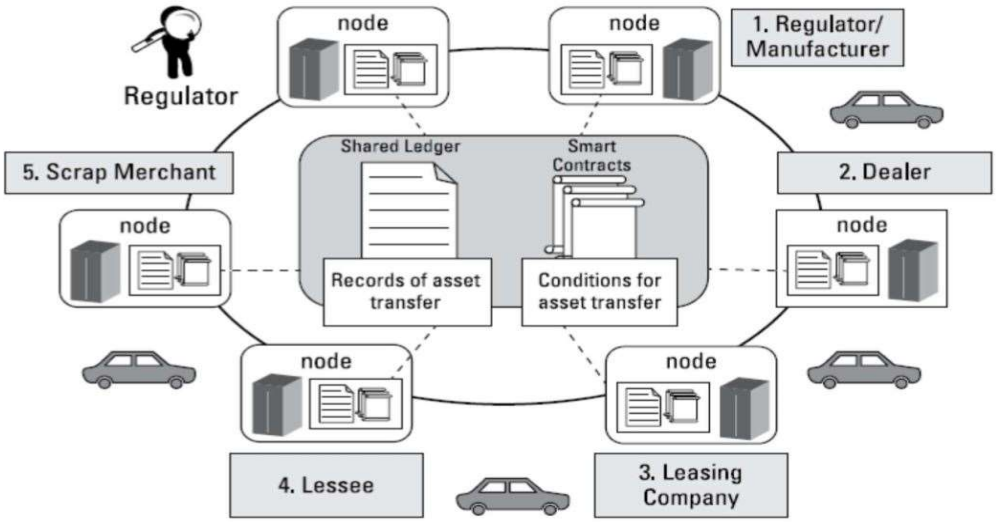
[1] Block Chain 4.0
[2] artificial intelligence
[3] Deep Learning

بلاک چین در یک شبکه فروش اقساطی خودرو می‌پردازیم.

کارخانه‌های سازنده‌ی خودرو خرید قسطی خودرو را ساده جلوه میدهند، اما این کار در واقعیت میتواند کاملا پیچیده باشد. چالش مهمی که این روزها شبکه‌های خرید قسطی خودرو با آن روبهرو هستند این است که هرچند زنجیه تامین فیزیکی معمولا یک‌پارچه است، اما هر مشارکت کننده در شبکه و سامانه‌های پشتیبان از هم جدا هستند که هرکدام از این‌ها باید دفتر کل مخصوص به خود را نگه داری کنند همچنین از طرفی نیز مراجع حقوقی که وظیفه ثبت مالکیت و سند را بر عهده دارند دفتر کل خود را دارند و پلیس نیز باید دفتر کل خود را برای شماره گذاری خودروها داشته باشد و از طرفی بانک‌ها نیز دفتر کل خود را برای پرداخت اقساط دارند با وجود این همه سازمان مختلف و دفتر کل‌های متفاوت هماهنگی میان این مراجعه بسیار سخت صورت می‌گیرد و گاها بسیار دردسر ساز است اما درصورت استفاده از بلاک چین بسیاری از مشکلات حل می‌شوند. به طوری که هریک از مشارکت کنندگان می‌توانند به راحتی بلاک چین را رسد کرده و اطلاعات مورد نظر خود را از آن برداشته و تراکنش‌های مورد نظر خود را بی افزایند.



تصویر ۹-۳ : رهگیری مالکیت خودرو بدون بلاک چین [3]



تصویر ۱۰-۳ : رهگیری مالکیت خودرو با بلاک چین [3]

۴ فصل چهارم : بررسی کارکرد چند رمز ارز مهم

باتوجه به این که شبکه‌های بلاک چین اغلب برای رمز ارزها استفاده می‌شوند برای درک کامل مدل کارکرد آن‌ها لازم به نظر می‌رسد تا ابتدا به بررسی کارکرد چند رمز ارز مهم دنیای فناوری بپردازیم.

۴-۱ بیت کوین

بررسی تخصصی تر بیت کوین به عنوان اولین رمز ارز دنیا و همچنین به دلیل مشترک بودن الگوریتم-های استفاده شده در آن در بسیاری از دیگر رمز ارزها به عنوان مبنا هر رمز ارزی به نظر ضروری می‌رسد.

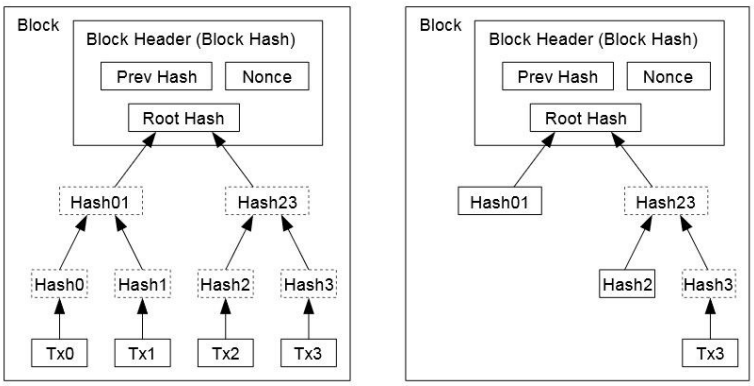
بیت کوین برای اولین بار در سال ۲۰۰۹ میلادی توسط شخص یا اشخاص ناشناسی با نام ساتوشی ناکاماتو معرفی شد، معرفی این رمز ارز به صورت چند برگ مقاله با نام وایت پیپر [1] بود که در این مقاله به تشریح سازوکار این رمز ارز پرداخته شده است.

۴-۱-۱ ساختار بلاک چین بیت کوین

بلاک چین بیت کوین ساختاری مانند بلاک چین‌های فصل قبل دارد در اصل در اینجا باید به بررسی دقیق تر بخش داده‌ای هر بلاک بپردازیم. بخش داده‌ای هر بلاک بیت کوین حاوی اطلاعات تعدادی از

[1] White Paper

تراکنش‌های انتقال این رمز ارز می‌باشد به طوری که حجم هر بلاک به ۱۰ کیلو بایت [1] محدود می‌باشد بنابر این تعداد تراکنش‌های موجود در هر بلاک محدود می‌باشد. همچنین برای سرعت دادن به محاسبات POW به جای استفاده از کل اطلاعات تراکنش‌ها در محاسبه هش بلاک فقط از ریشه درخت مرکله تراکنش‌های بلاک استفاده می‌شود.



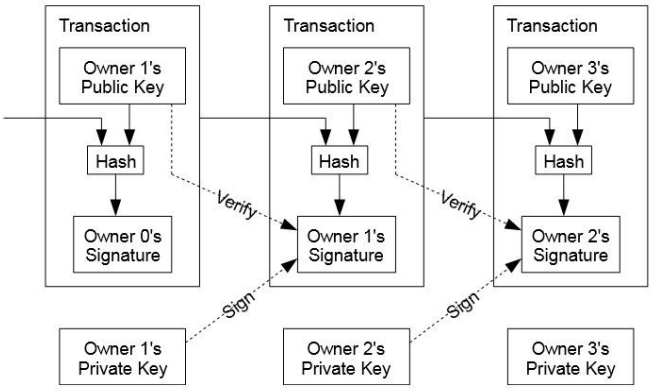
تصویر ۱-۴ : ساختار بلاک‌های بیت کوین [4]

۴-۱-۲ تراکنش‌ها در بیت کوین

یکی از مهمترین اجزای تشکیل دهنده شبکه بیت کوین تراکنش‌ها هستند، در حقیقت خورد ترین بخش سازنده شبکه بیت کوین این تراکنش‌های می‌باشند که به کمک آن‌ها نقل و انتقالات بیت کوین در شبکه انجام می‌شود.

[1] Kilo byte

ساختار هر تراکنش در شبکه بیت کوین شامل اطلاعات کلید عمومی دریافت کننده تراکنش، مقدار تراکنش و امضای دیجیتال صادر کننده می‌باشد که این امضا دیجیتال در حقیقت به صورت یک قطعه کد برای ماشین مجازی بیت کوین به اسم Script Sig می‌باشد.



تصویر ۲-۴ : ساختار تراکنش‌های بیت کوین [4]

۳-۱-۴ ساختار UTXO [1] در بیت کوین

در بیت کوین برای رهگیری مالکیت توکن‌های شبکه در طول زمان دارایی هر فرد به صورت یک عدد که با هر بار ارسال توکن مقداری از آن کم می‌شود و با هر بار دریافت به آن افزوده می‌شود درنظر گرفته نمی‌شود، بلکه در این رمز ارز به محض دریافت یک تراکنش توسط یک نفر خروجی‌های آن تراکنش به عنوان

[1] Unspent Transaction Output

UTXO در کیف پول فرد ذخیره می‌شوند و هنگام ارسال بیت کوین فرد مورد نظر باید تعداد مشخصی از این UTXO ها را به حساب فرد مورد نظر ارسال کند.

۴-۱-۴ کیف پول بیت کوین

شبکه بیت کوین دارای تعداد مشخصی کیف پول می‌باشد که در حقیقت این کیف پول‌ها وظیفه حفظ و نگه داری دارایی‌های هر فرد را دارند، در حقیقت در عمق هرکدام از این کیف پول‌ها کلید خصوصی هر فرد ذخیره می‌شود که با کمک آن و امضا می‌تواند UTXO هایی که به حساب کلید عمومی آن کلید خصوصی ارسال شده است را خرج کند، مهمترین کیف پول بیت کوین BitCoin Core می‌باشد که کیف پول رسمی این رمز ارز می‌باشد، این کیف پول در حقیقت نمونه کامل از پیاده سازی پروتوکل [1] بیت کوین می‌باشد این کیف پول برای کار کردن ابتدا لازم است تا نسخه کاملی از بلاک چین بیت کوین را که در حال حاظر تقریبا حجمی معادل 185GB دارد را دریافت نماید، یکی از قابلیت‌های این کیف پول امکان پیوستن به شبکه استخراج کنندگان توسط آن می‌باشد.

[1] Protocol

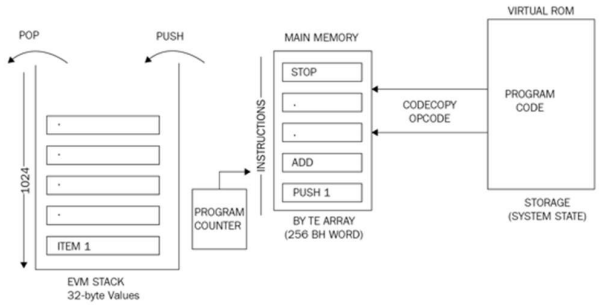
۴-۲ اتریوم

این رمز ارز نمونه موفق از پیاده سازی بلاک چین‌های نسل دوم می‌باشد که با کمک ماشین مجازی خود که EVM نام دارد، قادر است یک زبان کامل تورینگ را اجرا کند که به کمک کدهای این ماشین شبکه اتریوم امکان اجرای کدهایی به پیچیدگی کدهای همه دیگر زبان های برنامه نویسی را به صورت توزیع شده روی همه کامپیوترهای اجرا کننده شبکه اتریوم می‌دهد.

۴-۲-۱ بررسی ساختار EVM

ماشین مجازی اتریوم و یا EVM در حقیقت یک ماشین مجازش مبتنی بر پشته [1] می‌باشد به این صورت که همه دستورات آن فقط مقداری را از پشته خوانده و مقداری را به پشته می‌افزایند، اندازه این پشته به ازای هر داده برابر با 256 بیت[2] می‌باشد که در حقیقت برابر با خروجی تابع درهم ساز SHA3 (که به نام Keccak 256) نیز شناخته می‌شود می‌باشد همچنین در این ماشین مجازی یک حافظه دیگر نیز برای ذخیره سازی کدها وجود دارد.

[1] Stack
[2] Bit



تصویر ۳-۴ : ساختار $EVM^{[1]}$

۴-۲-۲ زبان Solidity

همانند دیگر زبان‌های اسمبلی برای زبان اسمبلی EVM نیز چندین زبان سطح بالاتر ایجاد شده است که کدهای این زبان‌ها به کدهای اسمبلی EVM ترجمه [۱] می‌شود. یکی از زبان‌های سطح بالاتر شبکه اتریوم زبان Solidity نام دارد که با کمک این زبان به راحتی می‌توان به نوشتن قرار دادهای هوشمند پرداخت.

۴-۲-۳ برنامه‌های توزیع شده [۲]

به برنامه‌های نوشته شده به زبان سالیدیتی در اصطلاح برنامه های توزیع شده گفته می‌شود چرا که این برنامه‌ها درحقیقت نه بر روی یک کامپیوتر بلکه برروی همه کامپیوترهایی که در شبکه اتریوم فعالیت می‌کنند اجرا می‌شوند و هر گره در شبکه می‌تواند توابع موجود در این برنامه‌هارا فراخوانی و استفاده نماید. البته باید توجه داشت که مفهوم برنامه های توزیع شده مختص شبکه اتریوم نمی‌باشند و این مفهوم از مدت‌ها

[1] Compile
[2] Dapps

قبل نیز وجود داشته است اما یکی از بزرگترین مشکلات این برنامه‌ها بحث توافق می‌باشد که با کمک شبکه بلاک چین این مشکل حل می‌شود.

۴-۲-۴ توکن‌های ERC20

زبان برنامه نویسی Solidity به قدری قوی می‌باشد که توسط آن افراد مختلف می‌توانند توکن‌های فرعی دیگر مورد نظر خود را ایجاد و برنامه نویسی کنند و به کمک بلاک چین شبکه اتریوم و کیف پول‌هایش از آنها استفاده نمایند به چنین توکن‌هایی ERC20 گفته می‌شود.

۴-۲-۵ ساختار کیف پول‌های اتریوم

در ساختار شبکه اتریوم به جای مکانیزم UTXO استفاده شده در بیت کوین از مکانیزم ماشین حالت[1] استفاده می‌شود به این ترتیب که هر کیف پول در این شبکه معادل یک حساب کاربری [2] در نظر گرفته می‌شود که به یک کلید خصوصی متصل می‌باشد و مقدار موجودی نیز به صورت یک عدد به آن‌ها اختصاص داده می‌شود حال به ریشه درخت مرکله ساخته شده از اطلاعات همه این حساب‌های کاربری حالت سیسم

[1] State Machine
[2] Account

گفته می‌شود که با پردازش هر تراکنش این سیستم از یک حالت به حالت دیگری می‌رود.

۴-۲-۶ شبکه Ropsten

باتوجه به امکان برنامه نویسی برای شبکه اتریوم و نیاز این برنامه‌ها به اطمینان از صحت کارکرد آن‌ها علاوه بر شبکه اصلی اتریوم که توکن‌های آن دارای ارزش می‌باشند، شبکه‌های دیگری نیز برای آن ایجاد شده است که در حقیقت این شبکه‌ها برای تست و خطایابی قرار دادهای هوشمند می‌باشند، ساختار این شبکه ها مانند شبکه اصلی اتریوم می‌باشد با این تفاوت که توکن‌های آن‌ها ارزش ندارند یکی از معروف ترین این شبکه ها Ropsten نام دارد.

۴-۲-۷ Web3.js

زبان Solidity علی رغم داشتن توانایی برای نوشتن هر نوع قرار داد هوشمند و برنامه ای قابلیت ایجاد رابط کاربری گرافیکی [1] را دارا نمی‌باشد در نتیجه کتابخانه‌های زیادی برای زبان‌های مختلف برنامه نویسی برای کار با آن ایجاد شده است، یکی از معروف ترین این کتابخانه‌ها که به زبان جاوا اسکریپت نوشته شده است Web3.js نام دارد که با کمک زبان جاوا اسکریپت و زبان‌های طراحی Html و Css امکان ایجاد

[1] GUI

رابط‌های کاربری تحت وب برای قرار دادهای هوشمند را فراهم می‌آورد.

۴-۳ آیوتا

ایوتا یک نمونه از پیاده سازی بلاک چین‌های نسل سومی است که درسال ۲۰۱۶ میلادی پا به عرصه وجود نهاد این رمز ارز در حقیقت به منظور مناسب بودن برای اینترنت اشیا ایجاد شده است و از پرداخت‌های ریز به خوبی پشتیبانی می‌کند در این شبکه به DAG ایجاد شده از تراکنش‌های شبکه Tangle گفته می‌شود.

۴-۳-۱ توکن‌های IOTA

باتوجه به اینکه در IOTA ساختار استخراج وجود ندارد بنابر این همه توکن‌های شبکه IOTA در ابتدای ایجاد شدن آن به صورت آماده وجود داشتند و توسط یک عرضه عمومی در میان افراد مختلف پخش شده‌اند.

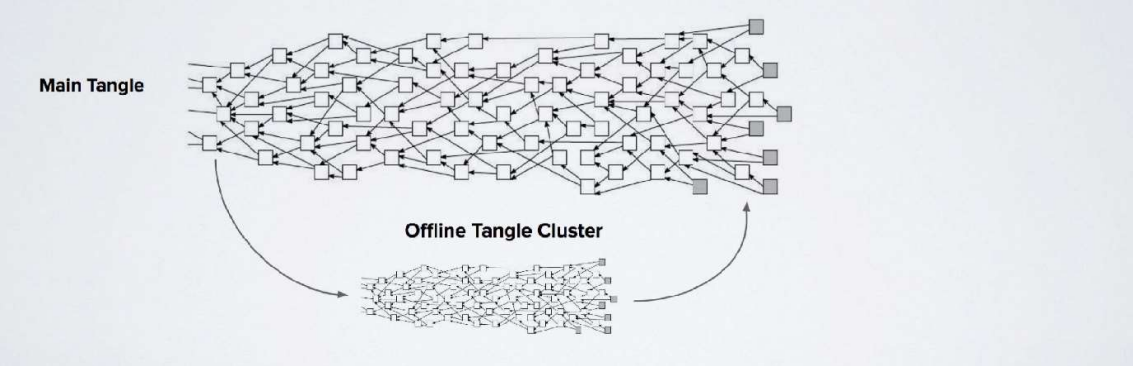
۴-۳-۲ نظیر یابی در IOTA

در شبکه IOTA عملیات نظیر یابی برخلاف بیت کوین و اتریوم نه به صورت خودکار بلکه به صورت

دستی انجام می‌شود در حقیقت در این شبکه افراد برای متصل شدن به نظیرها و اتصال به شبکه باید به سایت IOTA مراجعه کرده و از پایگاه داده موجود در سایت آدرس نظیرهای مورد نظر خود را برداشته و برای اتصال به آن‌ها وارد نمایند، دلیل این ساختار آن است که باتوجه به اینکه در بلاک چین های نسل سوم تراکنش‌ها به تراکنش‌های دیگر متصل می‌شوند هر فرد باید به همسایه‌های مورد اعتماد متصل شود، همچنین باتوجه به ساختار بلاک چین‌های نسل سومی برخلاف دیگر بلاک چین‌ها که قدرت محاسباتی بیشتر به معنی کنترل بیشتر بر شبکه بود تعداد همسایه بیشتر به معنای کنترل بیشتر بر این شبکه است بنابر این با وجود این ساختار نظیر یابی امکان متصل شدن به تعداد زیادی از نظیرها از بین می‌رود.

۳-۳-۴ امکان جدا شدن و پیوستن تعدادی از گره‌ها در IOTA

یکی از قابلیت‌های منحصر به فرد IOTA امکان جدا شدن تعدادی از گره‌ها از شبکه اصلی و مجدادا پیوستن آن‌ها به شبکه می‌باشد در این حالت در مقطعی از زمان تعدادی از گره‌ها از شبکه جدا می‌شوند و به کار کردن بر روی یک Tangle کوچک تر در شعاع کاری خود می‌پردازند در نهایت به راحتی می‌توانند با متصل کردن تراکنش‌های شبکه اصلی به تراکنش های خود مجدادا به شبکه بپیوندند.



تصویر ۴-۴ : جدا شدن و اتصال مجدد

۵ فصل پنجم : پارسی کوین

پارسی کوین [1] در حقیقت نمونه یک پیاده سازی از بلاک چین‌های نسل سومی با زبان C# و با تکنولوژی Net Standard. می‌باشد با علامت اختصاری PIC برای توکن‌ها. که برای درهم سازی از تابع درهم ساز SHA-512 در آن استفاده شده است. که در ادامه به توضیح بخش‌های اساسی این سامانه می-پردازیم.

۵-۱ حالت سیستم

در این رمز ارز نیز به مانند رمز ارز اتریوم از ریشه درخت مرکله تمام حساب‌های کاربری سامانه حالت سیستم به دست می‌آید که با افزوده شدن هر تراکنش جدید سیستم از حالت n-1 به حالت n می‌رود. که این امر مستلزم به روز رسانی درخت مرکله می‌باشد تا ریشه جدید آن بدست آید، نکته قابل توجه آن است که به دلیل خاصیت درخت‌های دو دویی هر بار به روز رسانی این ریشه به تعداد لگاریتم حساب‌های کاربری نیاز به انجام عملیات دارد که به مراتب عدد کوچکی می‌باشد به طور مثال در صورت وجود یک ملیون حساب کاربری در سامانه به تعداد تقریبی بیست عملیات برای به روز رسانی حالت سیستم نیاز خواهد بود.

[1] ParsiCoin

۵-۲ حساب کاربری

هر حساب کاربری در پارسی کوین شامل موارد زیر می‌باشد.

۱. کلید خصوصی دارنده حساب

۲. کلید عمومی دارنده حساب

۳. دارایی حساب

۴. مقدار هش حساب

به طوری که مقدار هش حساب از هش کردن موارد دیگر به دست می‌آید و این مقدار هش به عنوان برگ‌های درخت مرکله ای که ریشه آن حالت سیستم است استفاده می‌شود. حساب‌ها در حقیقت وظیفه ایجاد تراکنش‌ها و امضای آن‌هارا نیز برعهده دارند.

```
public Transaction TransactionBuilder(string reciepient, double value, string message = "")
 {
    if (value > Balance) throw new Exception("Not enough funds.");
    var t = new Transaction(reciepient, value, signtureProvider, message);
    if (t.ISSigntureVerified()) return t;
    throw new Exception("Something went wrong, cannot sign the transaction");
 }
```

قطعه کد ۱-۵: تابع سازنده تراکنش در حساب

۳-۵ ساختار تراکنش‌های در پارسی کوین

ساختار تراکنش‌های در پارسی کوین شامل موراد زیر می‌باشد:

۱. کلید عمومی فرستنده/ایجاد کننده تراکنش

۲. کلید عمومی دریافت کننده تراکنش

۳. میزان تراکنش

۴. زمان ایجاد تراکنش

۵. زمان ثبت تراکنش در شبکه

۶. مقدار هش تراکنش

۷. پیام تراکنش به صورت اختیاری

۸. آدرس تراکنش در DAG

۹. امضا دیجیتال ایجاد کننده تراکنش

۱۰. قطعه کدهای لازم برای تایید امضا دیجیتال تراکنش

برای ایجاد هش تراکنش کلیدهای عمومی فرستنده و دریافت کننده، میزان تراکنش و زمان ایجاد تراکنش استفاده می‌شوند.

```
public string ComputeObjectHash()
        => $"{TransactionIssuer}-{Reciepient}-{Amount}-{IsuueTime}".ComputeHashString();
```

قطعه کد ۲-۵: محاسبه هش تراکنش

در این سیستم تراکنش‌ها پس از ایجاد و امضا شدن و قرار گرفتن در انتهای دو تراکنش قبلی به گره‌های همسایه ارسال می‌شوند تا توسط یک الگوریتم به مانند تئوری سخن چینی [1] در میان تمام گره‌های شبکه پخش شوند. همچنین هر گره پس از دریافت تراکنش ابتدا موظف به تایید هویت امضا آن است که توسط ماشین مجازی این سیستم انجام خواهد شد.

```
public Transaction(string reciepient, double amount, ECDSA ec, string message = "")
{
   TransactionIssuer = ec.ExportPubKey;
   Reciepient = reciepient;
   Amount = amount;
   IsuueTime = DateTime.UtcNow;
   TxHash = ComputeObjectHash();
   Signture = ec.Sign(TxHash);
   ScriptPubKey = $"{Signture};{TransactionIssuer}";
   ScriptSig = $"{ScriptPubKey};CheckSig;IsOne";
}
```

قطعه کد ۳-۵ : ایجاد تراکنش

[1] Gossip

۵-۴ ساختار گره‌های DAG در پارسی کوین

همانطور که گفته شد DAG در حقیقت یک گراف می‌باشد بنابر این، این گراف نیز مانند دیگر گراف‌ها دارای گره‌هایی می‌باشد، این گره‌ها به منظور نگه داری تراکنش‌ها ایجاد شده اند اما می‌توانند حاوی اطلاعات دیگیری نیز باشند. در ساختار پارسی کوین این امکان دیده شده است که گره‌ها بتوانند حاوی هیچ تراکنشی نبوده و فقط دارای یک پیام خاص باشند. ساختار گره‌ها شامل موارد زیر است:

۱. نشانه گره

۲. زمان ایجاد شدن گره

۳. زمان تایید شدن گره

۴. گره قبلی سمت راست

۵. گره قبلی سمت چپ

۶. هش گره قبلی سمت راست

۷. هش گره قبلی سمت چپ

۸. پیام

۹. تراکنش

۱۰. هش تراکنش

۱۱. کلید عمومی ایجاد کننده گره

۱۲. هش گره

۱۳. حالت سیسم قبل از ایجاد این گره

۱۴. حالت سیستم بعد از ایجاد این گره

۱۵. مقدارد none برای مسئله POW گره

۱۶. تعداد تاییدهای گره

که مقدار هش گره در این سیستم برابر با هش شده نشانه گره به همراه زمان ایجاد آن و اطلاعات گره‌های قبلی و همچنین سازنده و تراکنش موجود در گره می‌باشد. همچنین حل یک مسئله POW نیز برای تایید و ایجاد هر گره درنظر گرفته شده است که این مسئله POW مقدار سختی بسیار کمتر از بلاک چین‌های نسل اول و دومی دارد به طوری که به طور معمول با یک کامپیوتر معمولی می‌توان در زمان تقریبی

حدود ۳۰ ثانیه پاسخ آن‌را به دست آورد.

```
public string Mine()
   {
      byte[] s = null;
      do
      {
         s = ComputeObjectHash().ToByteArray(StringEncoding.Base85Check);
      } while (NodeHash.ToByteArray().CompareDiff());
      return s.ToBase58Check();
   }
```

قطعه کد ۴-۵ : تابع مسئله POW برای هر ند

۵-۵ کیف پول‌ها در پارسی کوین

هر کیف پول در پارسی کوین شامل تعداد نا محدودی حساب کاربری می‌باشد که یکی از آن‌ها به عنوان حساب کاربری اصلی در هر زمان وظیفه ایجاد و امضا تراکنش‌ها را برعهده خواهد داشت.

۵-۶ نوسیه بندی‌ها در پارسی کوین

در این سامانه از چهار نوع نویسه بندی برای انتقال متن‌ها استفاده شده است:

۱. نویسه بندی ASCII برای متن‌های انگلیسی

۲. نویسه بندی UTF-8 برای دیگر متن‌ها

۳. نویسه بندی Base64 برای انتقال متن‌های بی معنی در دیگر نویسه بندی‌ها در اجزا داخلی سامانه

۴. نویسه بندی Base58Check برای انتقال متن‌های بی معنی در دیگر نویسه بندی‌ها برای مواردی که لازم است توسط افراد خوانده شود مانند کلیدهای عمومی

تفاوت نویسه بندی Base58Check با نویسه بندی Base58 در قرار داشتن یک CheckSum در آن است.

۵-۷ انواع توابع درهم سازی در پارسی کوین

در این سامانه از سه تابع درهم سازی MD5 برای موارد معمولی SHA256 و SHA512 برای محاسبه POW استفاده شده است البته حالت اصلی دو بار محاسبه خروجی این توابع درهم سازی برای امنیت بیشتر می‌باشد.

۵-۸ رمز نگاری در پارسی کوین

در این رمز ارز از سه سیستم رمزنگاری AES وRSA وECC استفاده شده است که از ترکیب AES وRSA برای نقل و انتقال امن پیام‌ها استفاده می‌شود و از ECC نیز برای ساخت امضا دیجیتال برای ایجاد تراکنش‌ها. همچنین اطلاعات خصوصی نظیر کلید عمومی هر فرد که برروی سیستم فرد ذخیره می‌شود بر

روی یک فایل که با AES رمزنگاری شده است نوشته می‌شوند تا درصورت به خطر افتادن رایانه فرد این اطلاعات قابل بازگشایی نباشند.

۹-۵ اجزا[1] سامانه

در این سامانه برای کنترل بهتر کد، کد برنامه به قسمت‌ها و کامپوننت‌هایی به شرح زیر تقسیم شده است.

۱. کامپوننت Base که کامپوننت پایه برنامه می‌باشد و شامل یک سری توابع اساسی که در همه بخش‌های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌باشد.

۲. کامپوننت اصلی ParsiCoin که شامل موارد کاری سامانه می‌باشد.

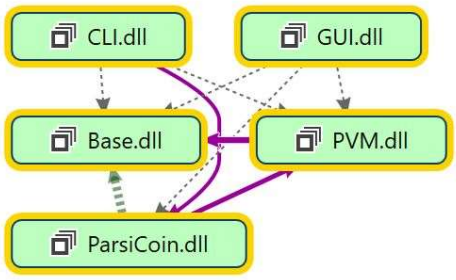
۳. کامپوننت PVM که شامل ماشین مجازی سیستم می‌باشد.

۴. کامپوننت CLI که شامل یک کامند لاین [2] برای کار با سامانه است

۵. کامپوننت GUI که شامل یک رابط کاربری گرافیکی [3]وب بیس برای سامانه می‌باشد.

[1] Component
[2] Command Line Interface
[3] Graphic User Interface

ارتباط اجزا برنامه بایکدیگر به صورت زیر می‌باشد. که در ادامه به شرح کارکرد هریک خواهیم پرداخت.



تصویر ۱-۵ : ارتباط بین اجزا در پارسی کوین

۱-۹-۵ کامپوننت Base

این کامپوننت در اصل دربرگیرنده کلاس‌ها و توابعی است که در همه بخش‌های دیگر استفاده خواهند شد این توابع شامل تغییرات لازم برای کدبندی‌ها و محاسبات خروجی توابع درهم سازی می‌باشد.

این کامپوننت از کلاس‌هایی زیر تشکیل شده است:

۱. کلاس [1] EncoderBase58 که وظیفه کد بندی نویسه‌ها از حالت آرایه ای از بایت‌ها به

[1] Class

Base58 را دارد.

۲. کلاس AES که شامل توابع مورد نیاز برای رمزنگاری AES در سیستم می‌باشد.

۳. کلاس ECDSA که شامل توابع مورد نیاز برای امضا دیجیتال با کمک رمزنگاری ECC می‌باشد.

۴. کلاس‌های SecureLine که شامل توابع مورد نیاز برای رمزکردن پیام‌ها و انتقال آن‌ها در بستر اینترنت می‌باشد.

۵. کلاس استاتیک [۱] Util که شامل توابعی برای کد بندی و یا هش کردن می‌باشد.

۶. کلاس Configuration که شامل پیکر بندی‌های سیستم می‌باشد.

۷. اینترفیس [۲] IPICObject که تمام کلاس‌های کامپوننت اصلی موظف به پیاده سازی آن‌می-باشند.

که در ادامه به شرح کارکرد برخی از این کلاس‌ها و توابع موجود در آن‌ها خواهیم پرداخت.

[1] Static
[2] Interface

۱-۱-۹-۵ کلاس AES

این کلاس که وظیفه انجام رمز نگاری AES را دارا می‌باشد دارای چهار سازنده می‌باشد که کارکرد آن‌ها به شرح زیر است.

۱. سازنده اول که یک رشته حرفی [1]از کاربر به عنوان رمز استفاده می‌کند.

۲. سازنده دوم که از GUID به عنوان رمز استفاده می‌کند.

۳. سازنده سوم که به مانند سازنده دوم بوده اما GUID گفته شده را خود تولید می‌کند.

۴. سازنده چهارم که وظیفه انجام دادن کارهای یکسان را داشته و در هر اجرای دیگر سازنده‌ها فراخوانی می‌شود.

همچنین شامل دو تابع برای رمزگذاری و دو تابع برای رمزگشایی می‌باشد که به ترتیب رشته‌های حرفی و یا رشته ای از بایت‌هارا دریافت می‌کنند.

در پیاده سازی اصلی این کلاس از شی System.Security.Cryptography.Aes خود

[1] String

چهارچوب Net. استفاده شده است که این از یک بردار IV و یک کلید برای رمزنگاری استفاده می‌کند که بردار و کلید گفته شده نیز توسط شی System.Security.Cryptography.Rfc2898DeriveBytes از رمز دریافت شده از کاربر توسط سازنده‌ها ایجاد می‌شود.

```
public class AES : IDisposable
    {
        private readonly byte[] _password;
        private readonly Aes _aes;
        private readonly byte[] _salt;
        private readonly int _iterationCount;
        public byte[] PassWord { get => _password; }
        public AES(string PassWord) : this(new object())
        {
            _password = Utilities.Util.ToByteArray(PassWord);

            Rfc2898DeriveBytes pdb = new Rfc2898DeriveBytes(_password, _salt, _iterationCount);
            _aes.Key = pdb.GetBytes(32);
            _aes.IV = pdb.GetBytes(16);
            pdb.Dispose();
        }
        public AES(Guid PassWord) : this(new object())
        {
            _password = PassWord.ToByteArray();

            Rfc2898DeriveBytes pdb = new Rfc2898DeriveBytes(_password, _salt, _iterationCount);
            _aes.Key = pdb.GetBytes(32);
            _aes.IV = pdb.GetBytes(16);
            pdb.Dispose();
        }
        public AES() : this(Guid.NewGuid())
        {
        }
        private AES(object obj)
        {
            _aes = Aes.Create();
            _salt = new byte[] { 0x49, 0x76, 0x61, 0x6e, 0x20, 0x4d, 0x65, 0x64, 0x76, 0x65, 0x64, 0x65, 0x76 };
            _iterationCount = 20_000;
        }
        public byte[] Encrypt(byte[] clearBytes)
        {
            byte[] res = null;
            using (MemoryStream ms = new MemoryStream())
            {
                using (CryptoStream cs = new CryptoStream(ms, _aes.CreateEncryptor(), CryptoStreamMode.Write))
                {
                    cs.Write(clearBytes, 0, clearBytes.Length);
                    cs.Close();
                }
                res = ms.ToArray();
            }
            return res;
        }
    public byte[] Decrypt(byte[] cipherBytes)
        {
            byte[] res = null;
            using (MemoryStream ms = new MemoryStream())
            {
                using (CryptoStream cs = new CryptoStream(ms, _aes.CreateDecryptor(), CryptoStreamMode.Write))
                {
                    cs.Write(cipherBytes, 0, cipherBytes.Length);
                    cs.Close();
                }
                res = ms.ToArray();
            }
            return res;
        }
         public byte[] Encrypt(string clearText, StringEncoding encoding = StringEncoding.UTF8)
        => Encrypt(clearText.ToByteArray(encoding));
        public byte[] Decrypt(string cipherText)
        => Decrypt(cipherText.ToByteArray(StringEncoding.Base64));

    }
```

قطعه کد ۵-۵: کلاس *AES*

۲-۱-۹-۵ کلاس Util

این کلاس شامل توابعی می‌باشد که مهمترین‌های آن‌ها وظایف مرتبط با محاسبه سختی را دارا می-باشند، در ساختار پارسی کوین باتوجه به اینکه خروجی توابع هش ۶۴ بایت می‌باشد برای سختی دو مقدار در نظر گرفته شده است مقدار اول تعداد بایت‌های برابر با ۰ می‌باشد و مقدار دوم عدد یک بایت بعدی و بقیه بایت‌ها برابر با ۱ درنظر گرفته می‌شوند.

```
public static bool CompareDiff(this byte[] targer)
 {
    for (int i = 0; i < targer.Length; i++)
    {
       if (targer[i] > Difficulty[i]) return false;
    }
    return true;
 }
```

قطعه کد ۶-۵ : مقایسه سختی

۲-۹-۵ کامپوننت اصلی ParsiCoin

این کامپوننت درحقیقت شامل اجزایی از سامانه می‌باشند که وظیفه اجرای الگوریتم‌ها و پروتکل‌های اصلی سامانه را دارا می‌باشند. و شامل موارد زیر است:

۱. کلاس Account شامل حساب‌های کاربری

۲. کلاس DAG شامل ساختار کلی DAG

۳. کلاس MerkleTree شامل درخت مرکله اکانت‌ها

۴. کلاس Node شامل اطلاعات گره‌ها

۵. کلاس Services که شامل سرویس‌های مورد نیاز در سیستم می‌باشد.

۶. کلاس Transaction شامل اطلاعات تراکنش‌ها

۷. کلاس Wallet شامل اطلاعات کیف پول‌ها

۱-۲-۹-۵ کلاس سازنده درخت مرکله

این کلاس وظیفه ساخت درخت مرکله از اکانت‌هارا دار می‌باشد، ساختار داده موردنظر برای ساخت درخت یک ارایه از رشته‌های حرفی عددی می‌باشد همچنین در این کلاس یک آرایه دیگر نیز به تعداد اکانت‌ها از کلاس اکانت برای نگه داری اطلاعات کامل اکانت‌ها درنظر گرفته شده است.

```
public MerkleTree()
{
    Leafs = new MerkleNode[65536];
    Nodes = new string[131071];
    for (int i = 0; i < Leafs.Length; i++)
    {
        Leafs[i] = new MerkleNode();
        Leafs[i].HashString = Leafs[i].ComputeObjectHash();
        Nodes[i + Nodes.Length / 2] = Leafs[i].HashString;
    }
    var Start = Nodes.Length / 2;
    var End = Nodes.Length;
    while (true)
    {
        if (Start == 0) break;
        for (int i = Start; i < End; i += 2)
        {
            Nodes[(i) / 2] = $"{Nodes[i]}{Nodes[i + 1]}".ComputeHashString();
        }
        End = Start;
        Start /= 2;
    }
```

قطعه کد ۷-۵ : سازنده درخت مرکله

۵-۹-۲-۲ کلاس مرتبط با پایگاه داده

یکی از کلاس‌های این بخش کلاسی است که برنامه را به یک پایگاه داده ساده و بدون نیاز به سرور و NoSQL به نام LiteDB متصل می‌کند این پایگاه داده وظیفه ذخیره اطلاعات همه تراکنش‌ها و اکانت‌ها را در کامپیوتر هر دارنده سیستم دارا می‌باشد.

۵-۹-۳ کامپوننت PVM

این کامپوننت در حقیقت ماشین مجازی سیستم را دربر می‌گیرد که یک ماشین مجازی مبتنی بر پشته می‌باشد، به طوری که همه دستورات آن مقداری را از پشته خوانده و یا مقداری را در پشته می‌نویسند.

این ماشین مجازی به دلیل محدودیت دستوراتش قادر به شبیه سازی کامل یک ماشین تورینگ نمی-باشد، بنابر این زبان آن از نوع زبان‌های کامل تورینگ نمی‌باشد. که در ادامه به شرح دستورات و کارکد آن‌ها و همچنین اجزا ماشین خواهیم پرداخت.

۵-۹-۳-۱ اجزا PVM

ماشین مجازی PVM شامل اجزای زیر می‌باشد:

۱. لیست دستورات

۲. حافظه Memory که وظیفه نگه داری رکوردهای داده ای با حجم بیش از ۶۴ بایت را دارا می‌باشد. این حافظه به هر داده یک نشانگر [1] اختصاص می‌دهد، مقدار این نشانگر که معادل آدرس آن در حافظه است در پشته ذخیره می‌شود.

۳. پشته که به برای نگه داری مقادیر استفاده می‌شود، اندازه هر رکورد داده ای آن ۶۴ بیت و اندازه کل پشته ۱۰۲۴ رکورد می‌باشد بنابر این قادر به نگهداری حجمی از داده معادل ۶۴*۱۰۲۴ ویا 64KB می‌باشد.

۴. واحد پردازش که در آن وظیفه هر دستور توسط یک تابع برنامه نویسی به آن تخصیص داده شده است، در این واحد دستورات یک به یک خوانده شده و سپس تابع مربوط به هرکدام با ورودی‌های مناسب اجرا می‌شود.

```
public bool Push(byte[] r)
    {
      if (SP < -1) throw new ArgumentException();
      SP++;
      _data[SP] = r;
      return true;
    }
    public bool Push(string s)
    {
      var r = s.ToByteArray();
      if (r.Length > 64)
      {
        return Push(_mem.Add(s));
      }
      else
      {
        return Push(r);
      }
```

قطعه کد ۸-۵: تابع Push در پشته

[1] Pointer

```
public bool Pop(out byte[] r)
{
   if (SP < 0)
   {
      r = null;
      return false;
   }
   r = _data[SP];
   SP--;
   return true;
}
public bool Pop(out string s)
{
   var b = Pop(out byte[] r);
   if (!b)
   {
      s = string.Empty;
      return b;
   }
   if (_mem.ContainsKey(r))
   {
      s = _mem[r];
      _mem.Remove(r);
   }
   else
   {
      s = r.FromByteArray();
   }
   return true;
}
```

قطعه کد ۱۰-۵: تابع Pop در پشته

```
public bool? Process()
{
   bool? res = null;
   foreach (var item in Codes)
   {
      try
      {
         res = _actions[item].Invoke();
      }
      catch
      {
         return false;
      }
   }
   return res;
}
```

قطعه کد ۹-۵: تابع فراخوان دستورات در واحد پردازش

۲-۳-۹-۵ دستورات PVM

در این بخش به بررسی لیست دستورات ماشین مجازی PVM می‌پردازیم.

۱. دستور Zeor که یک رشته با مقادیر تمام ۰ را درپشته ذخیره می‌کند.

۲. دستور One که یک رشته با مقادیر تمام ۱ را درپشته ذخیره می‌کند.

۳. دستور MD5 که به محاسبه هش از نوع MD5 بالاترین عنصر پشته می‌پردازد.

۴. دستور SHA256 که به محاسبه هش از نوع SHA256 بالاترین عنصر پشته می‌پردازد.

۵. دستور SHA512 که به محاسبه هش از نوع SHA512 بالاترین عنصر پشته می‌پردازد.

۶. دستور DoubleSHA512 که به محاسبه دو بار هش از نوع SHA512 بالاترین عنصر پشته می‌پردازد.

```
_actions.Add(Commands.SHA512, () =>
      {
        _stack.Pop(out string data);
        var data2 = data.ComputeHash(HashAlgorithms.SHA512);
        _stack.Push(data2);
        return null;
      });
```

قطعه کد ۱۱-۵ :تابع اجرا دستور DoubleSHA512

۷. دستور DoubleSH256 که به محاسبه دو بار هش از نوع SHA256 بالاترین عنصر پشته می‌پردازد.

۸. دستور Dup که مقدار سر پشته را مجدادا در پشته ذخیر می‌کند.

۹. دستور ChekcSig که به بررسی تایید هویت امضا دیجیتال می‌پردازد. و در صورت معتبر بودن امضا مقدار ۱ را در پشته ذخیره می‌کند، و در غیر این صورت مقدار ۰ را ذخیره می‌کند.

```
_actions.Add(Commands.CheckSig, () =>
{
  _stack.Pop(out string PubKey);
  _stack.Pop(out string Sig);
  _stack.Pop(out string Message);
  var ecdsa = new ECDSA(PubKey);
  var res = ecdsa.Verify(Sig, Message);
  if (res) _stack.Push(_one);
  else _stack.Push(_zero);
  return null;
});
```

قطعه کد ۱۲-۵: تابع اجرا دستور ChekcSig

۱۰. دستور IsOne که به بررسی برابر ۱ بودن آخرین مقدار داخل پشته می‌پردازد.

۱۱. دستور IsZero که به بررسی برابر ۰ بودن آخرین مقدار داخل پشته می‌پردازد.

۱۲. دستور Eq که برابری دو مقدار آخر پشته را بررسی می‌کند. و در صورت برابر بودن مقدار ۱ را در پشته ذخیره می‌کند و درغیر این صورت مقدار ۰ را در پشته ذخیره می‌کند.

۴-۹-۵ کامپوننت CLI

این کامپوننت در حقیقت به تعامل با کاربر به صورت دستورات نوشتاری می‌پردازد که با دریافت هر دستور عملیات مورد نظر آن‌را اجرا کرده و خروجی را در صفحه کنسول[1] نشان می‌دهد. با دریافت دستور

[1] Console

Exite سیستم متوقف شده و فعالیت‌های جاری ذخیره می‌شوند.

۵-۹-۵ دستورات CLI

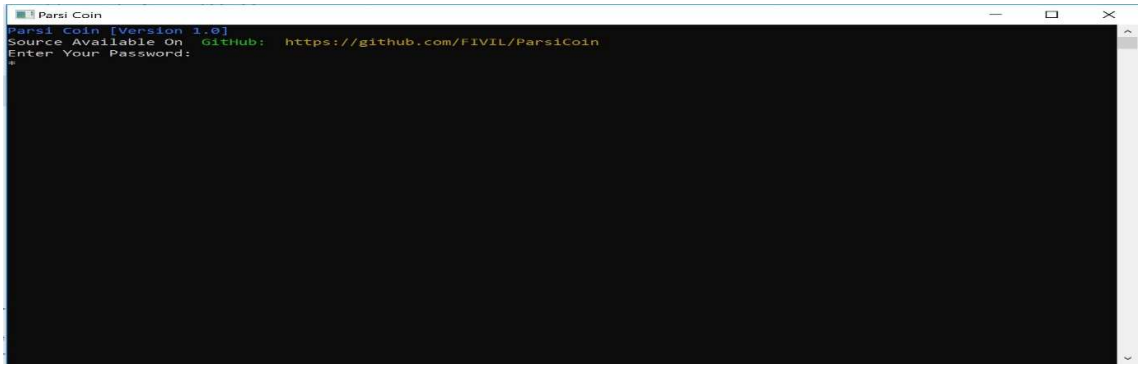
کامپوننت CLI به منظور راحتی کاربر دستورات متنوعی را پشتیبانی می‌کند این دستورات بنابر کارکرد آن‌ها می‌توانند یک یا چند ورودی و یا سوییچ [1] داشته باشند که اجرا دستور مورد نظر را مدیریت کنند، همچنین همه دستورات درای راهنما کامل از کارکرد آن‌ها و چگونگی استفاده از دستور می‌باشند.

۵-۹-۵-۱ دستور Init

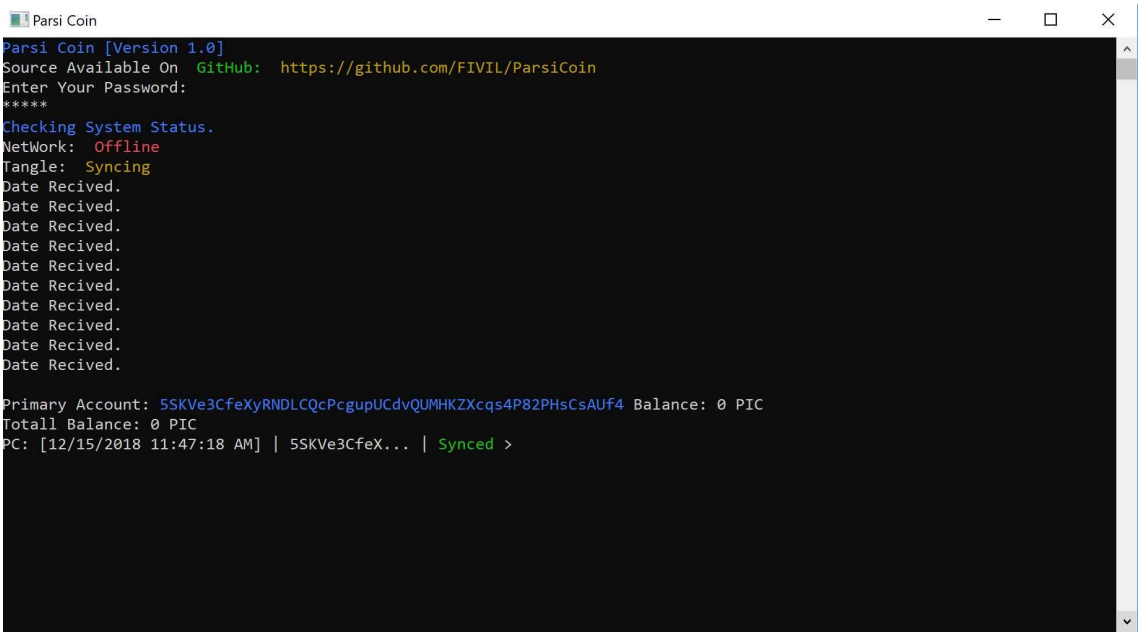
این دستور در حقیقت به فعال سازی اولیه برنامه می‌پردازد و بررسی می‌کند که آیا برنامه در کامپیوتر میزبان برای اولین بار اجرا می‌شود و یا قبلا اجرا شده است سپس بر اساس نتایج این بررسی به ایجاد و به روز رسانی اطلاعات حساب‌ها و همگامسازی[2] اطلاعات DAG می‌پردازد.

این دستور هیچ ورودی یا سوییچی نمی‌پذیرد.

[1] Switch
[2] Sync



تصویر ۲-۵ : اجرای دستور *Init*



تصویر ۳-۵ : صفحه اول برنامه

۲-۵-۹-۵ دستور Exite

این دستور ابتدا همه فعالیت ایجاد شده در نشست [1] جاری را ذخیره کرده و سپس از برنامه خارج می‌شود.

[1] Session

این دستور هیچ ورودی یا سوییچی نمی‌پذیرد.

۵-۹-۵-۳ دستور Sync

این دستور به خاموش و یا روشن کردن سیستم همگام‌ساز می‌پردازد که باروشن بودن آن همگم‌سازی به صورت خودکار انجام می‌شود و با خاموش کردن آن سیستم به حالت برون خط [1] می‌رود.

این دستور هیچ ورودی ندارد اما از دو سوییچ N– و F– پشتیبانی می‌کند که به ترتیب به خاموش یا روشن کردن همگامساز می‌پردازند.

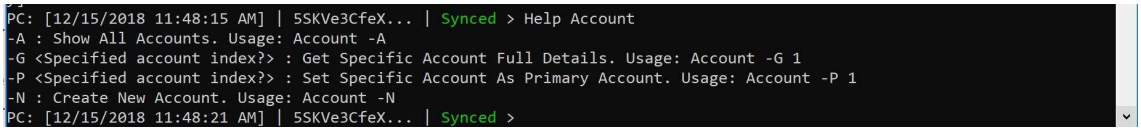
۵-۹-۵-۴ دستور Account

این دستور برای مدیریت حساب‌های کاربری فرد می‌باشد.

این دستور باتوجه به حالت درخواستی استفاده از آن ورودی‌های متنوعی را دریافت می‌کند همچنین از چهار سوییچ A– وG- و P– و N– پشتیبانی می‌کند که به ترتیب به نمایش اطلاعات همه حساب‌های کاربری، نمایش اطلاعات کامل یک حساب کاربری، انتخاب یک حساب کاربری به عنوان پیشفرض و ایجاد

[1] Offline

حساب کاربری جدید می‌پردازد.



تصویر ۴-۵: راهنمای دستور Account

۵-۹-۵-۵ دستور PrivateKey

این دستور برای کنترل کلیدهای خصوصی کاربر طراحی شده است که به کمک آن می‌توان به ذخیره اطلاعات کلیدهای خصوصی بر روی فایل یا خواندن آن‌ها از روی فایل متنی پرداخت.

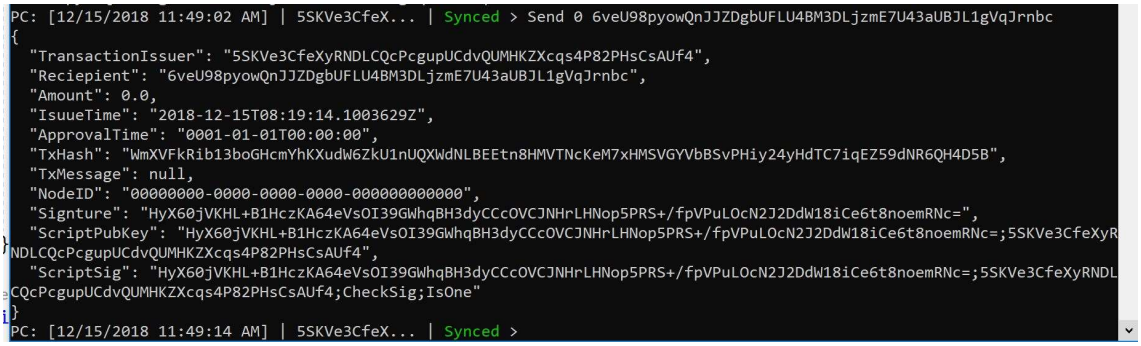
این دستور وردی‌های متنوعی بر اساس حالت استفاده از آن دارد که به تعیین مسیر فایل مورد نظر برای خواندن یا نوشتن اطلاعات می‌پردازند، سوییچ‌های آن شامل E- برای نوشتن اطلاعات و I- برای خواندن اطلاعات می‌باشند.

۵-۹-۵-۶ دستور Send

این دستور به ایجاد و ارسال یک تراکنش و انتقال تعدادی توکن می‌پردازد.

این دستور داری سوییچ خاصی نمی‌باشد اما ورودی‌های آن شامل مواردی از قبیل مقدار توکن برای

ارسال و آدرس دریافت کننده و اکانت ارسال کننده می‌باشند.



تصویر ۵-۵ : اجرا دستور Send و اطلاعات تراکنش ایجاد شده و امضا شده

۵-۹-۵-۷ دستور Recive

این دستور برای نمایش کلید عمومی حساب‌های کاربری خودی برای دریافت می‌پردازد.

۵-۹-۵-۸ دستور Peer

این دستور به منظور نمایش اطلاعات نظیرها و یا افزودن نظیر جدید و حذف نظیر موجود به کار می‌رود.

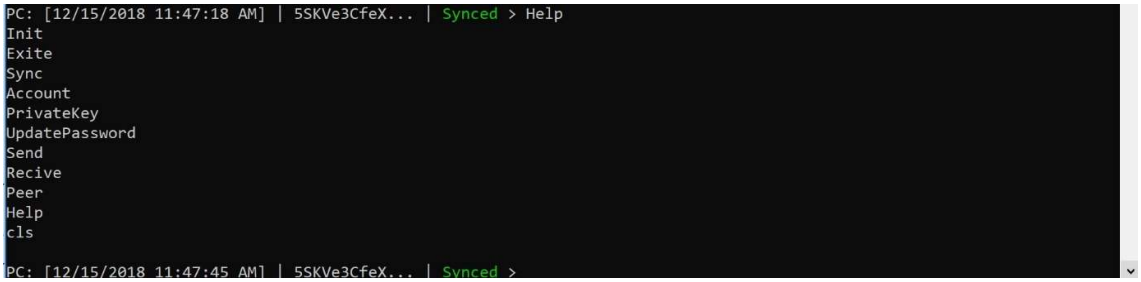
این دستور بر اساس حالت استفاده از آن ورودی هایی را دریافت می‌کند، سوییچ های آن شامل A–

برای نمایش اطلاعات نظیرها، N- برای افزودن نظیر جدید و D– برای حذف نظیر فعلی می‌باشد.

تصویر ۶-۵: راهنمای دستور Peer

۵-۹-۵-۹ دستور Help

این دستور به نمایش راهنمای دستورات می‌پردازد، درصورتی که هیچ دستوری برای نمایش راهنما انتخاب نشود به نمایش لیست دستورات می‌پردازد.



تصویر ۷-۵ :اجرا دستور Help

ورودی این دستور می‌تواند اسم دستور مورد نظر برای دریافت راهنمای آن یا خالی باشد.

۵-۹-۵-۱۰ دستور cls

این دستور به پاک کردن اطلاعات نوشته شده در صفحه می‌پردازد.

۵-۱۰ لایه شبکه

این لایه در اصل وظیفه نقل و انتقال بسته های اطلاعاتی بر روی یک شبکه نظیر به نظیر را در گره‌های

اجرا کننده سرویس داره می‌باشد در این لایه از پروتوکل TCP [1] برای نقل و انتقال بسته ها استفاده شده است، یکی از چالش های پیش‌رو در این لایه عدم امکان وجود سرویس دهنده‌ای با آدرس IP مشخص و قابل مشاهده برای همه سرویس گیرنده‌ها می‌باشد. بنابر این ضروری به نظر می‌رسد که نظیر های موجود در شبکه که هر کدام پشت یک برگردان نشانی شبکه [۲] و یا به اختصار NAT قرار دارند بتوانند به صورت مستقیم با یکدیگر ارتباط برقرار کنند از این رو عملیاتی با نام NAT Traversal لازم است انجام شود که راه انجام این عملیات نیز یک راهکار شبکه با نام Port Forwarding می‌باشد که با انجام این عملیات در حقیقت یکی از Port های مسیر یاب [۳] شبکه فرد اجرا کننده سرویس گیرنده باز شده و تمامی ترافیک دریافتی خود را به یک Port مشخص شده در سیستم ارسال می‌کند به این ترتیب سیستم های موجود می‌توانند اطلاعات ارسالی خود را به آدرس IP مشخص آن NAT ارسال می‌کنند و سپس مسیر یاب مربوط بسته ها را به سمت کامپیوتر اجرا کننده سرویس ارسال می‌کنند بنابر این دو نظیر می‌توانند توسط شبکه اینترنت بایکدیگر ارتباط برقرار کنند.

[1] Transmission Control Protocol
[2] Network Address Translation
[3] Router

۵-۱۰-۱ ارتباط امن در شبکه

باتوجه به اینکه بسته‌های ارسالی و دریافتی بسته های حساسی هستند به نظر می‌رسد که لازم است این بسته‌ها که گاها از مسیر های نا امن در شبکه منتقل می‌شوند بتوانند ابتدا رمزگذاری شوند در این سامانه برای این رمزگذاری از AES برای نقل و انتقال بسته ها استفاده شده است که رمز مورد نیاز برای هر ارتباط توسط الگوریتم‌های رشته تصادفی ساز به صورت تصادفی ایجاد می‌شوند و سپس با پروتکل انتقال رمزی به مانند پروتکل انتقال رمز Diffie Hellman و با کمک رمزنگاری نامتقارن RSA بین دو نظیر موجود در شبکه جابه جا می‌شوند و سپس دو نظیر می‌توانند بر روی یک کانال [1] امن شده ارتباطی با یکدیگر به نقل و انتقال داده بپردازند.

این ارتباط امن توسط دو کلاس در برنامه با نام‌های SecureLineClient برای نظیری که سرویس گیرنده است و SecureLineServer برای نظیر سرویس دهنده پیاده سازی شده است. که خود این دو کلاس نیز از دو کلاس برای انجام پروتکل انتقال رمز با رمگذاری RSA با نام ها RsaKeyExchClient و RsaKeyExchServer استفاده می‌کنند.

[1] Channel

```
public class SecureLineClient
  {
     private AES _aes;
     private readonly RsaKeyExchClient _rsaKeyXchC;

     public SecureLineClient()
     {
        _rsaKeyXchC = new RsaKeyExchClient();
     }

     public string PubKey { get => _rsaKeyXchC.PubKey; }

     public void InitaiteServer(string send)
     {
        _aes = _rsaKeyXchC.ImportPassword(send);
     }

     public string Encrypt(string message)
     {
        if (_aes is null) throw new Exception("Not initaited");
        return _aes.Encrypt(message).ToBase64();
     }

     public string Decrypt(string message)
     {
        if (_aes is null) throw new Exception("Not initaited");
        return _aes.Decrypt(message).FromByteArray();
     }
  }
```

قطعه کد ۱۴-۵ : کلاس *SecureLineClient*

```
class RsaKeyExchClient : IDisposable
   {
      private readonly RSACryptoServiceProvider _rsa;

      private readonly string _pubKey;

      public string PubKey { get => _pubKey; }
      #region ctor
      public RsaKeyExchClient()
      {
         _rsa = new RSACryptoServiceProvider();
         _pubKey = Convert.ToBase64String(_rsa.ExportCspBlob(false));
      }
      #endregion

      public AES ImportPassword(string Pass)
      {
         var key = Convert.FromBase64String(Pass);
         var K = new Guid(_rsa.Decrypt(key, false));
         return new AES(K);
      }

      public void Dispose()
      {
         _rsa.Dispose();
      }
   }
```

قطعه کد ۱۳-۵ :کلاس *RSAKeyExchClient*

```
public class SecureLineServer:IDisposable
    {
        private AES _aes;
        private readonly RsaKeyExchServer _rsaKeyXchS;

        public SecureLineServer(string pubKey)
        {
            _rsaKeyXchS = new RsaKeyExchServer(pubKey);
            _aes = new AES();
        }

        public string InitaiteClient() => _rsaKeyXchS.ExportPassWord(_aes);

        public string Encrypt(string message)
        {
            if (_aes is null) throw new Exception("Not initaited");
            return _aes.Encrypt(message).ToBase64();
        }

        public string Decrypt(string message)
        {
            if (_aes is null) throw new Exception("Not initaited");
            return _aes.Decrypt(message).FromByteArray();
        }

        public void Dispose()
        {
            ((IDisposable)_aes).Dispose();
        }
    }
```

قطعه کد ۱۶-۵: کلاس *SecureLineServer*

```
class RsaKeyExchServer : IDisposable
    {
        private readonly RSACryptoServiceProvider _rsa;

        #region ctor
        public RsaKeyExchServer(string pubKey)
        {
            _rsa = new RSACryptoServiceProvider();
            _rsa.ImportCspBlob(Convert.FromBase64String(pubKey));
        }
        #endregion

        public string ExportPassWord(AES Aes)
        {
            var EncryptedKey = _rsa.Encrypt(Aes.PassWord, false);
            return Convert.ToBase64String(EncryptedKey);
        }


        public void Dispose()
        {
            _rsa.Dispose();
        }
    }
```

قطعه کد ۱۵-۵: کلاس *RSAKeyEchServer*

```
public Usage()
    {
        var c = new SecureLineClient();
        var s = new SecureLineServer(c.PubKey);
        var password = s.InitaiteClient();
        c.InitaiteServer(password);
        while (true)
        {
            var data = Console.ReadLine();
            var h = c.Encrypt(data);
            Console.WriteLine(s.Decrypt(h));
            data = Console.ReadLine();
            var h2 = s.Encrypt(data);
            Console.WriteLine(c.Decrypt(h2));
        }
    }
```

قطعه کد ۱۷-۵ ; استفاده از SecureLine

۵-۱۱ بسته‌های نرم افزاری استفاده شده

در این سامانه از بسته‌های نرم افزاری زیر استفاده شده است:

۱. بسته نرم افزاری Json.net که برای سرالایز [1] کردن اطلاعات از فرمت Json و به فرمت Json است.

۲. بسته LiteDB برای کار کردن با api های LiteDB

۳. بسته NbitCoin برای استفاده از توابع مرتبط با امضا دیجیتال ECC موجود در این بسته.

[1] Serialize

۴. بسته NetStandardLibrary به عنوان بسته اصلی دربرگیرنده چهارچوب دات نت

۱۲-۵ سورس کنترل [1]

نسخه کاملی از کد برنامه به صورت بسته‌های سورس کنترل گیت [2] در سایت گیتهاب و در مسیر https://github.com/FIVIL/ParsiCoin موجود می‌باشد.

[1] Source Control
[2] Git

منابع و مراجع

[1] Imran Bashir, Mastering Blockchain, Packt Publishing, 2018

[2] Andreas M. Antonopoulos, Mastering Bitcoin, O'Reilly, 2017

[3] Wiley Brand, Blockchain for dummies, IBM Limited Edition, 2017

[4] Satoshi Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 2009

[5] BlockChain, https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain, 2018

[6] bitcoin difficulty chart at https://bitinfocharts.com/comparison/bitcoin-difficulty.html, 2018

[7] Andrew S. Tanenbaum, Distributed Systems, Maarten van Steen, 2017

[8] Chris Dannen, Introducing Ethereum and Solidity, Apress, 2017

[9] Nicolas Dorier, Programming the blockchain in C#, GitBook, 2018

[10] Narayan Prusty, Building Blockchain Projects, Packt Publishing, 2017

[11] Ethereum foundation, "Ethereum white paper", 2014

[12] Ethereum foundation (Dr.Gavin Wood), “Ethereum yellow paper”, 2015

[13] Ethereum foundation (Micah Dameron), “Ethereum Beigepaper”, 2015

[14] IOTA (Serguei Popov) “The Tangle”, 2018

[15] Leemon Baird, Mance Harmon, and Paul Madsen “Hedera: A Governing Council & Public Hashgraph Network”, 2018

[16] IOTA documentation, https://docs.iota.org, 2018

[17] Directed acyclic graph, [WIKIPEDIA]Directed_acyclic_graph, 2018

[18] Merkle tree, [WIKIPEDIA] Merkle_tree, 2018

[19] Kass, “Creating Your First Blockchain with Java” available on medium, 2017