Blockchain e mutuo riconoscimento dei titoli di studio nell'UE

Rapporto di Disseminazione

Marzo, 2020

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Ministero dell'Università e della Ricerca

PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

PREFAZIONE

La mobilità internazionale degli studenti è un fenomeno che caratterizza la società attuale in modo sempre più significativo e che, auspicabilmente, conoscerà un rinnovato slancio dopo la battuta d'arresto legata all'emergenza epidemiologica. Infatti, da un punto di vista qualitativo, le Università italiane hanno ampliato l'offerta di corsi tenuti in lingua inglese e dato un taglio internazionalistico a numerosi piani formativi; da un punto di vista quantitativo, vi è stato un progressivo aumento delle immatricolazioni di studenti internazionali ai corsi di laurea e di dottorato, anche in lingua italiana, tenuti nelle stesse Università.

L'importanza della mobilità internazionale di studenti e ricercatori è confermata da numerosi strumenti e iniziative, a livello sia europeo sia nazionale. Nell'ambito dell'Area Europea per la Ricerca (*European Research Area* – ERA) è stata emanata, il 30 settembre 2020, una Comunicazione della Commissione europea relativa a una "*new European Research Area*", focalizzata sul perseguimento di quattro obiettivi strategici, tra cui l'obiettivo strategico 4 – "Rafforzare la mobilità dei ricercatori e il libero flusso di conoscenze e tecnologie, attraverso una maggiore cooperazione tra gli Stati membri, per garantire che tutti possano beneficiare della ricerca e dei suoi risultati". Con questo obiettivo, che sarà perseguito anche attraverso la predisposizione di un apposito toolbox di supporto ai ricercatori, l'UE intende migliorare le opportunità di sviluppo accademico per attrarre e trattenere i migliori ricercatori in Europa e incentivarli a intraprendere una carriera anche al di fuori dell'accademia.

Lo stesso obiettivo figura tra quelli individuati nei documenti preliminari relativi al Programma Nazionale della Ricerca 2021-2027, in corso di elaborazione da parte del Ministero dell'Università e della Ricerca. In particolare, tra le priorità di sistema identificate nel documento che dovrà essere adottato, è opportuno citare la Priorità 1, riferita alla promozione di una "dimensione internazionale dell'Alta Formazione e della Ricerca" e volta, da un lato, ad agevolare e incentivare la partecipazione dei ricercatori italiani a bandi e soggiorni internazionali e, dall'altro, a promuovere una maggiore attrattività di talenti internazionali verso l'Italia.

Il PON Ricerca e Innovazione, in attuazione fino al 31 dicembre 2023, incide sulla mobilità di studenti e ricercatori sia in maniera diretta, attraverso specifiche azioni per il Capitale Umano sostenute dal Fondo Sociale Europeo, sia in maniera indiretta, mediante le politiche di ricerca e innovazione.
Tra le azioni che più direttamente influiscono sulla mobilità internazionale degli studenti e ricercatori, due meritano una particolare attenzione:

- in primo luogo, il supporto all'attuazione di Piani Operativi presentati da Atenei statali e non statali, localizzati in regioni target, che promuovano la mobilità internazionale e intersettoriale dei ricercatori (per intensificare la permeabilità tra istituzioni scientifiche pubbliche e mondo della ricerca industriale), favorendo al contempo il rientro dei ricercatori trasferitisi all'estero o nelle aree del Paese diverse da quelle target;
- in secondo luogo, il supporto all'istruzione terziaria in ambiti coerenti con la Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente e al rafforzamento della capacità di attrazione e qualità dell'istruzione superiore nel Mezzogiorno Tale supporto è rivolto sia agli studenti residenti nelle regioni del Sud sia, in parte, a quelli non residenti (anche stranieri) che conducono gli studi nelle università meridionali.

A loro volta, le politiche di ricerca e innovazione elaborate nell'ambito del PON influiscono anche in modo indiretto sulla mobilità internazionale, attraverso la creazione di un circolo virtuoso: esse infatti, da un lato, contribuiscono a migliorare il sistema della ricerca aumentandone la capacità attrattiva e, dall'altro lato, beneficiano di una sana e genuina mobilità di studenti e ricercatori stranieri e della circolazione di conoscenza che ne deriva.

Alla luce dell'importanza del legame tra ricerca, innovazione e mobilità degli studenti, è nata la stretta collaborazione tra la Direzione Generale per il coordinamento, la promozione e la valorizzazione della ricerca e la Direzione Generale per la formazione universitaria, l'inclusione e il diritto allo studio; collaborazione volta, in generale, a rafforzare la capacità del sistema universitario e della ricerca di promuovere la mobilità e, in particolare, a facilitare il riconoscimento dei titoli di studio stranieri e contrastarne la falsificazione.
L'iniziativa nata da questa collaborazione mira ad analizzare il panorama mondiale relativo alle procedure di riconoscimento dei titoli e definire apposite linee metodologiche che possano essere utilizzate dalle istituzioni della formazione come punto di riferimento per la valutazione dei titoli stranieri. In particolare, sono state individuate quattro linee di attività lungo le quali si esplica l'iniziativa, incentrate rispettivamente: 1) sulla ricognizione dei sistemi esteri della formazione superiore; 2) sull'analisi delle metodologie esistenti e la definizione di strumenti di riferimento per le procedure di riconoscimento; 3) sulla digitalizzazione delle procedure di ingresso, immatricolazione e verifica dei titoli degli studenti internazionali e 4) sulla disseminazione dei risultati raggiunti dall'iniziativa, soprattutto nei confronti dei beneficiari del PON, come le Università e i centri di ricerca.

Il presente rapporto di disseminazione è il principale prodotto elaborato nell'ambito della linea relativa alla digitalizzazione delle procedure di ingresso, immatricolazione e verifica dei titoli degli studenti e ricercatori internazionali. Esso opera una ricognizione di sette casi d'uso dell'utilizzo della tecnologia Blockchain per il riconoscimento dei titoli di studio e descrive i vantaggi derivanti da tale utilizzo.

Antonio Di Donato
Autorità di Gestione del Programma Operativo Nazionale
Ricerca e Innovazione 2014-2020

SOMMARIO

1.
Introduzione: la Blockchain e il riconoscimento dei titoli di studio

1. Introduzione: la Blockchain e il riconoscimento dei titoli di studio

Il problema

La mobilità studentesca e lavorativa offre vantaggi indiscutibili alla crescita personale e delle organizzazioni Tuttavia, nonostante le opportunità si siano moltiplicate incessantemente durante gli ultimi anni, alcune difficoltà permangono. Tra queste, spicca la complessità procedurale del sistema di riconoscimento dei titoli di studio in termini di costi, tempi e verifica dell'autenticità.

Se una persona intende lavorare o continuare a studiare in un altro Paese, sarà spesso necessario che gli vengano riconosciuti i titoli di studio già conseguiti. In sostanza, ciò comporta che il soggetto interessato dovrà esibire, presso l'istituzione che opera il riconoscimento (ad esempio, un'Università dove intende conseguire una laurea specialistica), tutta una serie di documenti che dovrà procurarsi presso le istituzioni dove ha studiato (ad esempio, l'Università dove ha ottenuto il diploma di laurea triennale). Poiché, ad oggi, il sistema di attestazione e riconoscimento dei titoli è ancora quasi integralmente basato su documentazione cartacea, le procedure di recupero dei documenti implicano una serie di costi che le parti coinvolte devono sostenere. Tali costi includono quelli a carico delle istituzioni che devono produrre i documenti, di quelle che devono valutarli e riconoscerli e, chiaramente, della persona che deve affrontare un complesso iter burocratico. A ciò si aggiunga, inoltre, che talvolta si riscontrano oggettive difficoltà nel recuperare i documenti cartacei necessari (come nel caso degli stranieri rifugiati).

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Per altro, i sistemi di verifica dell'autenticità dei titoli non sempre sono in grado di individuare manomissioni, contraffazioni e falsificazioni dei documenti o, addirittura, titoli fraudolenti. A tal proposito, occorre rilevare l'esistenza di numerose "fabbriche di titoli" (*diploma mills*), ovvero finte istituzioni che rilasciano titoli non riconosciuti e privi di valore legale: in sostanza, titoli falsi[1].

La soluzione

La tecnologia *Blockchain* offre l'opportunità di ovviare ad alcuni degli aspetti problematici del sistema di riconoscimento dei titoli di studio descritto, in termini di tempi, costi, garanzie di autenticità.

Mentre un qualsiasi documento cartaceo può essere facilmente falsificato, la *Blockchain* è un registro di informazioni la cui integrità è garantita, in modo pressoché assoluto, dall'uso di sistemi crittografici avanzatissimi. Ne deriva che, mediante la registrazione sulla *Blockchain*, le informazioni relative a un titolo di studio non possono essere violate o manipolate in nessun modo. Ciò rende possibile, dunque, una digitalizzazione delle certificazioni che pone in grado la persona di presentare il proprio titolo ad una istituzione accademica o ad un potenziale datore di lavoro, in modo rapidissimo, economico e sicuro.

Per capire meglio il funzionamento della tecnologia *Blockchain* e come essa possa agevolare la "portabilità" dei titoli di studio, è utile riportare un esempio concreto di applicazione della *Blockchain* per tali fini.

> *Alice ha conseguito una laurea in Ingegneria Gestionale con 110 e lode, presso il Politecnico di Milano. L'Università, oltre a rilasciare il Diploma di Laurea in forma cartacea, lo emette anche sotto forma di "oggetto digitale" ('token'), che può essere inviato all'utente e costituisce una "credenziale verificabile" (Verifiable Credential). Proprio come un qualsiasi certificato, quest'ultimo rimane in possesso dell'utente direttamente all'interno del suo "portfolio digitale". Questa credenziale, la cui validità può essere verificata direttamente sulla Blockchain, conferisce un attributo ad*

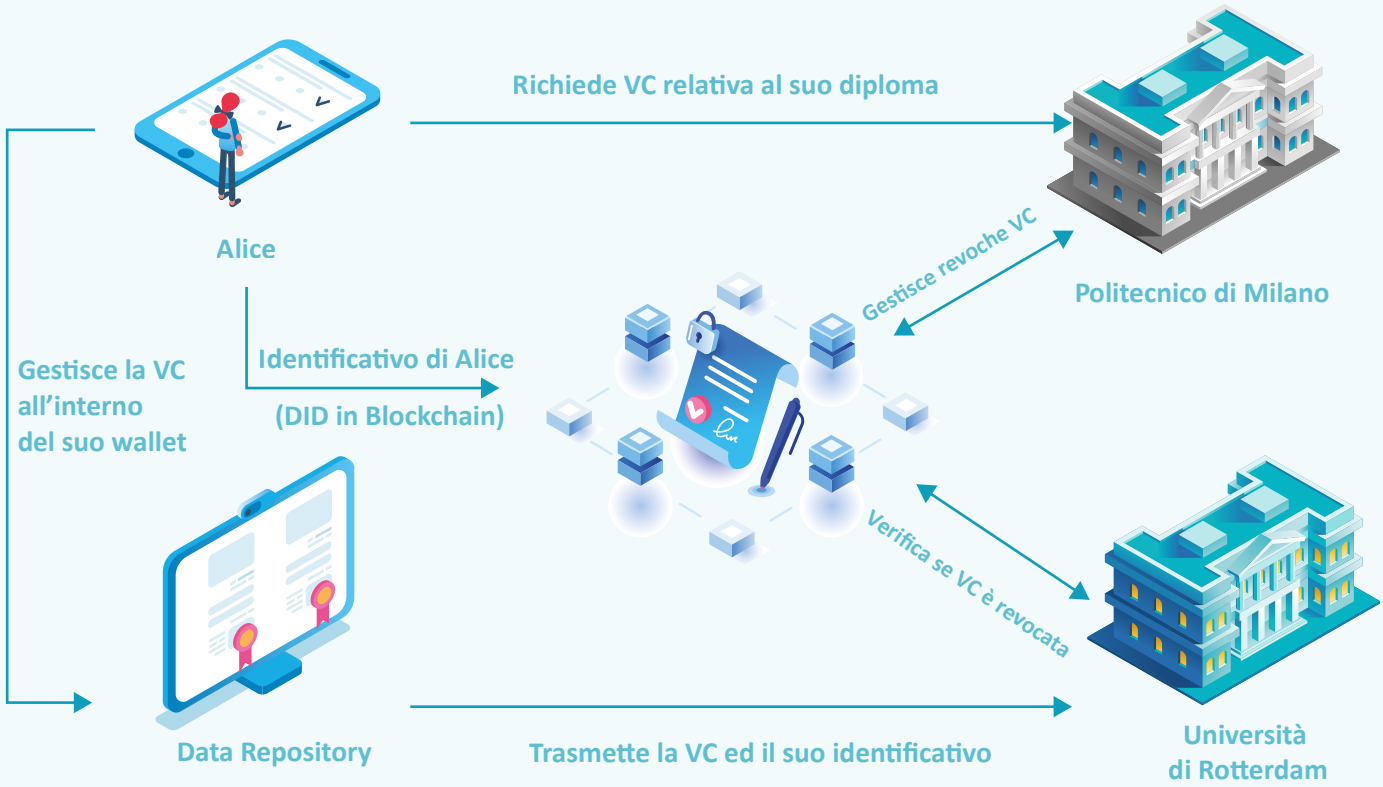
1 Si tratta di un fenomeno di vaste proporzioni e in costante espansione nell'ultimo ventennio, favorito anche dalle opportunità del commercio on-line dei titoli. Recenti dati stimano un numero di ben 2.1615 "fabbriche di titoli" nel mondo, di cui 1005 nei soli USA (Paese nel quale il volume d'affari annuo di questo "mercato" supera i 200 milioni di dollari) (WES, 2017). Per avere una più chiara idea della dimensione del problema, si pensi che è stato accertato come una delle maggiori fabbriche di titoli al mondo, con sede a Karachi (Pakistan), tra il 1997 e il 2016 abbia venduto ben 8 milioni di titoli falsi ad acquirenti di 191 paesi diversi, attraverso ben 4.000 siti web (Ezell, 2019). O come nei soli Stati Uniti vengano venduti mensilmente oltre 400 certificati fasulli di Ph.D. (WES, 2017).

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Alice e comprova il conseguimento del diploma di laurea presso il Politecnico di Milano, garantendo l'autenticità dello stesso e dei dati in esso riportati (informazioni anagrafiche di Alice, voto di laurea, data di conseguimento, etc.).
Alice, a seguito della laurea, vorrebbe frequentare un programma di MBA all'Università di Rotterdam. Nel quadro della procedura di ammissione prevista, le viene richiesto di fornire il titolo di studio che comprova la sua laurea. Alice, semplicemente utilizzando un'apposita app che segue degli standard predefiniti condivide direttamente e istantaneamente con l'Università di Rotterdam il suo titolo di studio, in "forma" elettronica. In tal modo, l'Università è autonomamente in grado di constatare l'effettivo conseguimento del diploma di laurea presso il Politecnico di Milano, con relativo voto e data di emissione, senza bisogni di altre procedure.

In sostanza, un sistema di gestione e condivisione dei diplomi basato su uno standard decentralizzato e abilitato da una tecnologia *Blockchain* funziona nel modo seguente:

Figura 1 **Funzionamento di un sistema di gestione e condivisione dei titoli basato su tecnologia Blockchain**



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Alice ha potuto dimostrare ad un'Istituzione pubblica straniera di aver realmente ottenuto un diploma di laurea, semplicemente utilizzando il suo smartphone, sfruttando le caratteristiche della tecnologia *Blockchain* e strumenti tecnologici come le PKI (Public Key Infrastructure) o i Web *Token*, immediatamente, senza costi e con l'assoluta garanzia di autenticità.

E' evidente come la tecnologia *Blockchain* sia quindi in grado di intervenire nella dinamica di circolazione dei titoli (diplomi, attestati, certificati…) agevolandola e rendendola più veloce, sicura ed economica per tutti i soggetti coinvolti , e realizzando un tangibile efficientamento organizzativo per le istituzioni e un concreta facilitazione per i cittadini.

Si tratta, dunque, di una tecnologia potente, efficace ed efficace in grado di risolvere molte delle criticità finora legate ai procedimenti di portabilità e riconoscimento dei titoli di studio.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Applicazioni della Blockchain: il contesto

Le Istituzioni di diversi Stati membri dell'Unione Europea hanno già adottato soluzioni basate sulla tecnologia *Blockchain* nell'ambito dell'istruzione e della formazione professionale. I suoi evidenti vantaggi la rendono di grande interesse per gli Stati, alla luce degli obiettivi fondamentali di incremento della mobilità dei cittadini dell'Unione.

Occorre rilevare, d'altro canto, che l'adozione di differenti soluzioni applicative della *Blockchain* implica un rischio di frammentazione del mercato, duplicazioni, difficoltà di interoperabilità dei diversi sistemi e lock-in[2] all'interno di soluzioni proprietarie, minando in tal modo una diffusione armonica e ottimale della tecnologia all'interno dello spazio europeo.

Con l'obiettivo di ottimizzare e armonizzare l'impiego della *Blockchain* technology nel contesto europeo, nel 2018 è stato siglato un fondamentale accordo di cooperazione (la "European *Blockchain* Partnership")[3] per la realizzazione di un'infrastruttura comune europea dei servizi *Blockchain* (EBSI)[4] . I 30 Paesi membri hanno convenuto di puntare, in una prima fase, sullo sviluppo di alcuni casi d'uso strategici, tra cui un caso pilota proprio sul riconoscimento dei titoli di studio; a riprova del ruolo strategico e del valore che la tecnologia *Blockchain* già riveste nell'ambito delle politiche di istruzione e formazione e life-long learning[5] (e in molti altri).

2 Le situazioni di "lock in" (blocco) sono quelle in cui un utente è "costretto" a continuare ad usufruire dei servizi erogati da un determinato fornitore per le difficoltà collegate alla sua sostituzione con un altro gestore (di ordine tecnologico, economico, procedurale, etc.)., determinando così, di fatto, un suo "intrappolamento" da parte del fornitore.

3 L'Accordo è stato siglato tra 23 Paesi nell'aprile del 2018. Successivamente, altri 7 Paesi, tra cui l'Italia (nel settembre del 2018), vi hanno aderito. Attualmente, i Paesi partner sono 30 (i 27 membri della UE, più UK, Norvegia e Lichtenstein).

4 European Blockchain Services Infrastructure.

5 L'incremento della efficienza e della sicurezza della circolazione dei titoli di studio, attraverso meccanismi sempre più semplici, automatici e trasparenti, è ormai una necessità ampiamente condivisa in ambito UE. Già nel novembre del 2018, una Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea sulla "promozione del riconoscimento reciproco automatico dei titoli dell'istruzione superiore e dell'istruzione e della formazione secondaria superiore e dei risultati dei periodi di studio all'estero" (2018/C 444/01), invitava gli Stati Membri a rafforzare la cooperazione transnazionale in materia e a esplorare l'utilizzo delle nuove tecnologie, come la Blockchain, nel facilitare il mutuo ed automatico riconoscimento dei titoli e delle qualificazioni, attraverso la registrazione in modo sicuro e decentralizzato delle competenze acquisite dalle persone.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

2.
Quale Blockchain per il riconoscimento dei titoli di studio?

2. Quale Blockchain per il riconoscimento dei titoli di studio?

Metodologia dei casi studio

Questo documento analizza alcuni casi d'uso delle diverse tecnologie *Blockchain* volte al riconoscimento dei titoli di studio e mira a documentare e generalizzare le soluzioni applicative e i modelli di maggior interesse.

I criteri utilizzati per la selezione e l'analisi dei casi d'uso sono:

- rappresentatività del tipo di approccio per l'utilizzo della *Blockchain* all'interno del caso d'uso;
- riconoscimento da parte della comunità di "*practitioners*" dell'interesse potenziale della soluzione;
- disponibilità di dati/informazione sufficienti.

L'analisi dei casi d'uso è stata condotta secondo un approccio metodologico "*blended*", sia quantitativo che qualitativo, il cui rigore è garantito da un processo di "triangolazione delle fonti". L'utilità dello studio deve leggersi anche in relazione al fatto che per le applicazioni *Blockchain* nel campo dell'istruzione, nonché la valutazione dei loro impatti, sono ad oggi a uno stadio ancora pressoché embrionale e informazioni dettagliate sui singoli casi sono difficilmente reperibili, tanto più da fonti dirette.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Per ognuno dei casi d'uso è stata effettuata dapprima una ricognizione/raccolta a largo raggio delle informazioni disponibili, per poi classificare le stesse secondo uno schema di analisi predefinito, in modo da individuare eventuali "dati critici" (ovvero essenziali all'analisi) mancanti. Le principali fonti utilizzate per la stesura dei casi studio sono state:

- documentazione pubblica;
- documenti di lavoro forniti dai referenti dei casi analizzati;
- interviste.

L'azione rilevativa attraverso interviste indirizzate agli ideatori e ai referenti tecnici di ognuno dei case studies ha consentito di raccogliere le informazioni mancanti e confermare la validità degli asserti prodotti attraverso le precedenti fasi e fonti. I casi sono stati classificati secondo una tassonomia che li riconduce a tre diverse macro-categorie di "soluzioni" *Blockchain* pertinenti all'applicazione della tecnologia all'ambito del riconoscimento dei titoli di studio.

Le diverse tipologie di approccio

La tecnologia *Blockchain* è basata su protocolli che le conferiscono caratteristiche molto particolari come, ad esempio, la garanzia dell'immutabilità dei dati archiviati, la decentralizzazione della rete e la gestione condivisa delle informazioni da parte di tutti i partecipanti alla rete.

Ciò detto, è possibile sfruttare la *Blockchain* attraverso approcci e soluzioni diversi, per ottenere una circolazione immediata, economica e sicura dei titoli. L'utilizzo di *Verifiable Credentials*, ad esempio, è solo uno dei possibili modi di utilizzo della *Blockchain* per la certificazione e la circolazione dei titoli di studio.

Le possibili tipologie di approccio alla *Blockchain* sono:

1. *Timestamping*;
2. *Shared Registry*;
3. *Verifiable Credentials*.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

1) Timestamping

In questo caso, la tecnologia *Blockchain* viene utilizzata per effettuare una mera "*marcatura temporale*" garantita del titolo, sfruttando la proprietà di immutabilità, caratteristica peculiare di una *Blockchain* pubblica. Sulla *Blockchain* vengono registrati unicamente gli *hash* dei documenti originali, ovvero stringhe alfanumeriche di lunghezza predeterminata, univocamente originate dai dati originali (i certificati stessi). Chi possiede una copia digitale del documento contenente la qualifica può verificarne la veridicità, creando l'*hash* della copia in possesso e confrontandolo con quello registrato in *Blockchain*.

Questo approccio può, tuttavia, presentare alcune criticità, dal momento che sia gli utenti detentori dei titoli sia i "*verificatori*" devono essere necessariamente in possesso del certificato digitale originale per verificarne la marcatura temporale. Un altro potenziale problema deriva dal fatto che una copia del certificato potrebbe corrispondere ad un *hash* diverso. Inoltre, l'approccio potrebbe presentare problemi in termini di tutela della privacy individualein quanto, se il certificato (in possesso di altri attori al di fuori dell'utente stesso) fosse reso pubblico, l'*hash* sarebbe pubblicamente verificabile e, data la proprietà di immutabilità di una *Blockchain*, ciò non darebbe la possibilità alla persona di esercitare il proprio "*diritto all'oblio*" [6] , provocando una situazione di difformità dal GDPR 7.

Allo stesso tempo, la certificazione e il mutuo riconoscimento dei diplomi basati sull'approccio di *Timestamping* (o notarizzazione) sfruttano una delle caratteristiche principali e più "*semplici*" della tecnologia *Blockchain*: l'immutabilità. L'uso di una soluzione basata sul *Timestamping* permette di avere un approccio "scalabile" alla registrazione e alla verifica dei diplomi (poiché più certificati possono essere inseriti nella stessa "*transazione*" sulla *Blockchain* e gli attori sono in grado di svolgere il riconoscimento dei titoli in maniera indipendente).

6 Il "diritto all'oblio" è il diritto del singolo di pretendere l'oscuramento o la cancellazione di determinate tipi di informazioni personali che lo concernono da una serie di atti e documenti. Esso ha un vasto campo di applicazione ma, evidentemente, è con la diffusione di Internet che la sua tutela è divenuta questione estremamente delicata. Sull'esercizio del diritto all'oblio in rete è intervenuta anche l'UE (con il Reg. 2016/679), che lo fa essenzialmente coincidere con il diritto alla cancellazione dei dati, allorquando: «a) i dati non sono più necessari rispetto alle finalità per le quali sono stati raccolti (es. lo scopo di eseguire un contratto), pertanto il trattamento deve essere limitato agli altri scopi (es. contabilità, archiviazione o conservazione legale); b) l'interessato revoca il consenso al trattamento dei dati personali, per una o più specifiche finalità, oppure revoca il consenso al trattamento di categorie particolari di dati e se non sussiste altro fondamento giuridico per il trattamento; c) l'interessato ha esercitato il diritto di opposizione al trattamento e non sussiste alcun motivo legittimo prevalente per procedere al trattamento, oppure si oppone al trattamento per finalità di marketing diretto, inclusa la profilazione; d) i dati personali sono stati trattati illecitamente; e) i dati personali devono essere cancellati per adempiere un obbligo legale previsto dal diritto dell'Unione o dello Stato membro cui è soggetto il titolare del trattamento; f) i dati personali sono stati raccolti relativamente all'offerta di servizi della società dell'informazione e trattati sulla base del consenso di un minore, laddove il minore abbia almeno 16 anni di età, o del consenso prestato o autorizzato dal titolare della responsabilità genitoriale, laddove il minore non abbia almeno 16 anni» (art. 17, c. 1). L'art. 17 prosegue, nel successivo c. 3, precisando le eccezioni all'applicazione del diritto.

7 È l'acronimo che indica il Regolamento Europeo "General Data Protection Regulation" (Reg. Ue 2016/679), relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento e alla libera circolazione dei dati personali.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

2) Shared Registry

Nel caso dell' approccio "*Shared Registry*", è prevista una singola *Blockchain* a cui tutti gli aderenti devono essere "*connessi*". Su questa *Blockchain* sono caricati i dati dei titoli (rispettando il criterio di pseudonimizzazione[8]) in diverse modalità:

1. Dati del diploma in chiaro;
2. Dati del diploma crittografati con una chiave dell'utente;
3. Dati del diploma sotto forma di *hash*.

Tutti i partecipanti della *Blockchain* possono avere accesso a tali dati per consultarli, verificarli ed utilizzarli, in maniera diretta secondo la modalità 1, su abilitazione "*una tantum*" dell'utente secondo le modalità 2 e 3. Questo approccio presenta criticità di rilievo in termini di rispetto della GDPR. Infatti:

- se la *Blockchain* fosse usata per differenti use cases (utilizzando un'infrastruttura pubblica come, ad esempio, come quella di *Ethereum*), allora i dati sarebbero accessibili anche da terze parti non connesse alla soluzione di certificazione dei titoli.
- Una volta dato accesso al dato ad un attore, l'utente non dispone di un modo semplice per revocare tale accesso: la divulgazione della chiave di crittografia o del dato originale associato all'*hash* è infatti un'operazione unidirezionale. Da quel momento in poi, il Service Provider è automaticamente abilitato ad accedere al dato e ad abilitare altri nell'accesso al dato certificato. Questo comporta delle problematiche in ottica GDPR, in quanto chiunque acceda al dato potrebbe potenzialmente essere eletto a titolare del trattamento del dato e, in caso di data breach[9], chiamato condividere responsabilità e sanzioni previste[10].

8 La "pseudonimizzazione" è il procedimento con il quale s'impedisce di identificare un individuo attraverso i suoi dati. Il GDPR è particolarmente rigido in termini di pseudonimizzazione: l'impossibilità di risalire all'identità del proprietario dei dati deve essere assoluta; esso (all'art. 4) stabilisce che "Il trattamento dei dati personali in modo tale che i dati personali non possano più essere attribuiti a un interessato specifico senza l'utilizzo di informazioni aggiuntive, a condizione che tali informazioni aggiuntive siano conservate separatamente e soggette a misure tecniche e organizzative intese a garantire che tali dati personali non siano attribuiti a una persona fisica identificata o identificabile"

9 Traducibile in italiano "violazione dei dati personali". Con tale locuzione ci si riferisce ad una violazione di sicurezza che comporta accidentalmente o in modo illecito la distruzione, la perdita, la modifica, la divulgazione non autorizzata o l'accesso ai dati personali trasmessi, conservati o comunque trattati.

10 Il Garante per la protezione dei dati personali può prescrivere misure correttive (v. art. 58, paragrafo 2, del GDPR) nel caso sia rilevata una violazione delle disposizioni del Regolamento stesso, anche per quanto riguarda l'adeguatezza delle misure di sicurezza tecniche e organizzative applicate ai dati oggetto di violazione. Possono essere comminate sanzioni pecuniarie che possono arrivare fino a 10 milioni di Euro o, nel caso di imprese, fino al 2% del fatturato totale annuo mondiale.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

3) Verifiable Credentials

Le soluzioni ascrivibili al filone delle *Verifiable Credentials* sono, potenzialmente, in grado di risolvere i problemi di privacy riscontrabili dagli approcci di tipo "*Timestamping*" e "*Shared Registry*". Infatti, in questo caso la logica messa in campo prevede che sulla *Blockchain* venga inserito non un dato personale, bensì delle prove verificabili che riportano a tale dato. Quest'ultimo (come, ad esempio, un diploma) viene gestito autonomamente dall'utente che lo possiede, che ne può autorizzare la condivisione con terze parti, abilitandole a effettuare una divulgazione selettiva. In quest'ottica, le soluzioni afferenti al filone delle *Verifiable Credentials* abbracciano appieno l'approccio definito dalla Self Sovereign Identity, dove l'idea è che l'unico vero proprietario del dato risulti essere la sola persona verso cui quel dato, ossia la Verifiable Credential, viene emesso. Tramite tale approccio, la persona ha totale controllo e completa discrezione dei propri dati, secondo i principi della Self Sovereign Identity[11] . Inoltre, le soluzioni che seguono questo approccio rispettano tutti i requisiti relativi alla privacy e seguono standard in fase di definizione da parte del W3C[12]. Molti progetti che seguono tali standard sono, al momento, in fase di sviluppo e mirano alla generazione di veri e propri "ecosistemi" integrati per il mutuo riconoscimento dei titoli di studio. Inoltre, i sistemi basati su *Verifiable Credentials* possono essere agevolmente estesi a un numero indefinito di casi d'uso, ad esempio alla registrazione di qualsiasi tipo di attributo collegabile ad un'identità (dati sanitari, curriculum, status sociale, scoring creditizi, ecc). L'approccio basato su *Verifiable Credentials* per il rilascio e la gestione dei titoli utilizza in realtà la *Blockchain* in maniera limitata: infatti, si basa su concetti cosiddetti "*legacy*" esistenti da prima della nascita della tecnologia *Blockchain* stessa e in uso da diversi anni, come, ad esempio, le PKI (Public Key Infrastructures), i *token* JWT o il networking. La *Blockchain*, viene utilizzata per il mero scopo di gestire le "revoche" delle *Verifiable Credentials* stesse, e comunque la mole di dati che viene registrata sulla *Blockchain* è minima. Per certi versi, proprio l'utilizzo di quest'ultima come componente tecnologica minimale all'interno della soluzione, consente maggiore scalabilità e maggiore sicurezza.

11 Per un approfondimento sui principi della Self Sovereign Identity, si suggerisce di consultare la pagina della P2P Foundation all'indirizzo: https://wiki.p2pfoundation.net/Self-Sovereign_Identity.

12 W3C sta per "World Wide Web Consortium"- È un'organizzazione non governativa internazionale che ha come scopo quello di sviluppare tutte le potenzialità del World Wide Web. La sua principale attività consiste della definizione di standard tecnici per il World Wide Web inerenti sia i linguaggi di markup (cioè le regole che descrivono i meccanismi di rappresentazione – strutturali, semantici, presentazionali – o layout di un testo) che i protocolli di comunicazione (cioè le modalità di comunicazione tra diverse "entità").

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

3.
Casi d’uso

3.
Casi d'uso

Di seguito sono presentate le caratteristiche dei casi studio oggetto di analisi, secondo una struttura standard che permette di confrontare i risultati ottenuti.

3.1 DiploMe

Scheda Riassuntiva

Titolo caso d'uso

DiploMe

Data: ***Aprile 2019***

Breve Descrizione

DiploMe è una soluzione citizen-oriented basata su tecnologia Blockchain e mirata alla creazione di un ecosistema globale per la gestione delle qualifiche e delle certificazioni ottenute da ciascun individuo. Il sistema è attualmente online e conta di più di 15.000 wallet attivi sulla blockchain: risulta essere l'unico caso in questo settore ad avere un tal numero di utenti.

Ambito di applicazione

Titoli della formazione superiore, titoli scolastici, qualifiche del settore VET, certificazioni di persone, certificazioni aziendali, micro-credential e competenze certificate.

Approccio alla Blockchain

Shared Registry – permissioned Blockchain

Proponente

CIMEA – DiploME- MUR
Sito ufficiale:
http://www.cimea.it/it/progetti-in-evidenza/Diplome-Blockchain4people/home-page-Blockchain.aspx

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Descrizione Estesa

Descrizione funzionale del caso

DiploME è una soluzione citizen-oriented che mira alla creazione di un ecosistema per la certificazione di qualunque tipo di qualifica attraverso l'utilizzo della tecnologia *Blockchain*. La necessità di una soluzione come DiploME, e quindi il motivo dietro alla sua applicazione, deriva da una mobilità studentesca sempre crescente a livello europeo e mondiale, con programmi come ad esempio Erasmus e International Exchange. Al momento esistono ancora moltissime barriere rispetto alla portabilità delle qualifiche acquisite, e DiploME mira a eliminare tali barriere, al fine di promuovere il mutuo e automatico riconoscimento delle qualifiche tra differenti sistemi e la diretta verificabilità dei titoli di studio e delle certificazioni.
L'obiettivo principale della soluzione è il supporto al mutuo riconoscimento delle qualifiche e certificazioni, accademiche e professionali, al fine di migliorare il processo di riconoscimento e ridurre allo stesso tempo i costi, sia per gli utenti che per le Pubbliche Amministrazioni. Le qualifiche da certificare sono quelle relative alle certificazioni ottenute dalla scuola secondaria superiore, i diplomi universitari, le qualifiche VET e le qualifiche professionali, oltre allo sviluppo del settore relativo alle competenze certificate e alle micro-credential.
Il servizio DiploME è stato creato sulla base di diversi elementi base da tenere in considerazione:

4. qualità del dato [13];
5. portabilità del dato [14];
6. sicurezza [15];
7. minimizzazione [16];
8. controllo [17];
9. apertura del sistema [18].

13 Con "qualità del dato" si intende il fatto che i dati degli utenti siano stati certificati da autorità competenti.

14 Deve esistere interoperabilità rispetto al format dei dati gestiti dagli utenti, in modo tale da garantire la portabilità di essi.

15 I dati e le informazioni devono essere protetti attraverso tecniche sicure.

16 La visibilità del dato deve essere minimizzata il più possibile, al fine di garantire che solo i dati necessari alla recognition della qualifica siano mostrati.

17 Il proprietario del dato deve avere pieno controllo sui propri dati.

18 L'intero Sistema di gestione e conservazione dei dati deve essere aperto ad ogni partecipante interessato, regardless della propria professione, educazione, etc.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Il sistema DiploME è stato progettato per i seguenti tipi di utenti:

- cittadini, ad esempio studenti universitari, di Master, specializzandi, partecipanti a corsi di formazione, professionisti con certificazioni, etc.
- Istituzioni accademiche, che sono in grado di utilizzare l'ecosistema DiploME in tutte le fasi della carriera accademica di uno studente, al fine di registrare all'interno di appositi wallet esami, corsi curriculari, etc.
- stakeholder che emettono qualifiche non-accademiche, come ad esempio certificazioni relative a un programma di training informatico specifico.
- Certification Authority che emettano qualifiche, come ad esempio ENIC-NARIC.

DiploME è composto da quattro building block principali:

- la front-end, ovvero l'interfaccia utente;
- il back-end, ovvero il connettore a tutte gli strumenti e tecnologie utilizzati per il servizio;
- l'infrastruttura, ovvero la *Blockchain*;
- il Network Enterprise, ovvero l'interfaccia utilizzata per la gestione da parte di tutti coloro che gestiscono i servizi di certificazione.

Come già anticipato, alla base di DiploME vi è una *Blockchain* permissioned[19], dove vengono registrate le qualifiche ottenute dai partecipanti all'ecosistema, in maniera crittata o non. Al momento della scrittura, l'implementazione di DiploME è basata su una versione privata di *Ethereum*, e il sistema prevede il seguente tipo di ruoli:

- il possessore della qualifica, che gestisce i propri dati relativi alla qualifica tramite la chiave privata che controlla lo smart contract associato alla sua qualifica.
- le certification authorities, ovvero quelle entità che tramite i loro wallet emettono le certificazioni e le registrano negli smart contract associati all'utente, che lui controlla tramite il suo wallet
- l'Oracolo, un particolare smart contract nella *Blockchain* che permette di verificare in maniera indipendente se un'istituzione sia correttamente registrata e certificata all'interno del Network Diplome.

19 Ovvero una rete Blockchain dove i nodi che ne fanno parte sono preventivamente autorizzati da un "gestore" degli accessi alla rete.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Come sottolineato da Cimea, i dati relativi agli attestati all'interno di DiploMe vengono rappresentati tramite l'uso di standard non proprietari, con l'uso di un'ontologia condivisa per la scrittura dei dettagli dei diplomi. Per avere accesso ai dati registrati all'interno di DiploMe è però necessario accedere alla rete stessa (*Blockchain*) DiploMe oppure fruire delle API che vengono erogate dal servizio stesso in maniera aperta, secondo quanto affermato dal CIMEA.
Ogni utente che utilizza la soluzione DiploME, possiede una coppia di chiavi pubbliche e private che permettono una gestione sicura dei dati da parte del legittimo proprietario. Il detentore delle predette chiavi ha associati uno o più Smart Contract il cui compito è gestire in modo sicuro le qualifiche e le certificazioni ivi registrate. Le chiavi appartengono all'utente e vengono create una volta che l'utente ha completato la registrazione sul sistema DiploME. La chiave privata è invece utilizzata dall'utente per avere il pieno ed esclusivo controllo sul suo wallet ed i dati al suo interno inseriti.
Anche le certification authorities sono in possesso di un una coppia di chiavi pubbliche e private, tramite i quali sono in grado di emettere e firmare le qualifiche agli utenti dell'ecosistema.

In DiploME, come evidenziato in precedenza, le certificazioni sono "custodite" all'interno di appositi smart contract che quindi implementano il DiploME Wallet. Le qualifiche possono essere custodite secondo tre diversi profili di privacy:

1. Solamente l'hash20 della certificazione viene conservato all'interno del DiploME Wallet. Con hash si intende una stringa alfanumerica univocamente riconducibile al dato originale, che quindi può essere memorizzato esternamente al sistema.
2. Informazioni parziali sul certificato vengono scritte all'interno del DiploME Wallet.
3. Informazioni complete sul certificato vengono scritte nel DiploME Wallet.

A seconda del livello di privacy necessario, le informazioni sui certificati possono essere scritte secondo i profili visti sopra da una Certification Authority autorizzata, previa richiesta dell'utente.

20 Con hash si intende l'output univoco risultante dall'applicazione di una funzione di hashing ad un dato. Una funzione di hashing è un algoritmo matematico che, a partire da un dato di lunghezza arbitraria, lo mappa in una stringa alfanumerica di dimensione fissa (ad esempio, 64 caratteri) chiamata hash. Ad esempio, la funzione di hashing SHA-256 applicata al dato "AAA", crea l'hash univoco cb1ad2119d8fafb69566510ee712661f9f14b83385006ef92aec47f523a38358. Qualora venisse alterato anche un solo carattere del dato originale (ad esempio, da AAA a AAB), l'hash risultante sarebbe completamente differente da quello sopra.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

In sintesi, il funzionamento della soluzione è il seguente:

1. Un utente richiede l'emissione di una certificazione relativa ad una qualunque qualifica da lui ottenuta, direttamente alla certification authority di competenza;
2. La certification authority emette la certificazione, di fatto caricando i metadati relativi ad essa (in base ad uno dei profili suddetti, ad esempio in base al profilo 3, avremo voto, tipo di laurea, etc.) all'interno del suo portafoglio digitale (DiploME Wallet), firmati con la sua chiave privata e crittati con la chiave pubblica dell'utente. I dati vengono inviati al wallet dell'utente.
3. L'utente riceve i dati relativi alla certificazione e tramite il suo DiploME Wallet può condividere le sue qualifiche con qualunque ente, anche esterno.
4. Una volta che un utente condivide le sue qualifiche con un'organizzazione esterna, quest'ultima può effettuare una verifica della stessa attraverso una funzione pubblica alla quale viene fornita su richiesta anche un interfaccia web. Tale funzione espone i dati relativi al certificato contenuti nell DiploME Wallet solo a condizione che un set di informazioni venga fornito come input
5. Una volta ricevuti i dati sul suo wallet, l'organizzazione può interrogare l'Oracolo per verificare l'accreditamento dell'istituzione che ha rilasciato il certificato.

La soluzione al momento è attiva e maggiori informazioni possono essere reperite direttamente sul sito di DiploME o di CIMEA [21].

Poiché la soluzione è basata su un approccio di Shared Registry implementato sulla *Blockchain* di *Ethereum*, i dati sono condivisi in diverse forme tra tutti i partecipanti della *Blockchain*. Dal punto di vista del rispetto della GDPR, potrebbe dunque verificarsi il potenziale non-enforcing del diritto all'oblio (dati storici e cancellati potrebbero essere ancora visibili da alcuni tipi di nodi della rete *Blockchain*, impedendo di garantire il diritto all'oblio dei dati degli utenti). Ad ogni modo, come sottolineato da CIMEA – secondo cui la soluzione è pienamente in linea con i requisiti GDPR – tale rischio rimane molto limitato, in quanto necessiterebbe che vi sia altresì la perdita delle chiavi. Sicuramente potranno esserci delle migliorie sotto questo punto di vista durante gli ulteriori sviluppi della soluzione.

21 http://www.cimea.it/it/progetti-in-evidenza/Diplome-blockchain4people/home-page-blockchain.aspx

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

3.2 Bestr

Scheda Riassuntiva

Titolo caso d'uso

Bestr

Data: ***Settembre 2019***

Breve Descrizione

Use case basato sullo Standard Blockcerts per rappresentare le competenze di una persona (studente, docente, generico lavoratore, etc.) sotto forma di credenziali digitali "possedute" dalla persona stessa.

Ambito di applicazione

- Hard skills;
- Soft skills;
- Attestati di Partecipazione;
- Certificazioni ufficiali;
- Qualunque tipo di certificazione che può essere rappresentata sotto forma di credenziale digitale.

Approccio alla Blockchain

Timestamping

Proponente

CINECA
Sito ufficiale: https://bestr.it/

Descrizione Estesa

Descrizione funzionale del caso

Bestr è una piattaforma digitale italiana mirante alla certificazione e alla valorizzazione delle competenze e delle qualifiche. La soluzione, creata al fine di registrare e valorizzare le competenze di un'ampia fascia di utenti, è nata in seno a Cineca, il principale consorzio interuniversitario italiano.

Bestr è una piattaforma di Credenziali Digitali che implementa gli standard Open Badge e Blockcerts[22], estensione del precedente. L'utilizzo di Blockcerts permette alle organizzazioni di emettere certificati digitali sotto il controllo dell'utente e firmati digitalmente dalle organizzazioni che li hanno emessi. L'obiettivo di tale piattaforma è quello di supportare gli utenti nel dimostrare le proprie competenze a aziende, università e società che si occupano di ricerca di impiegati o di formazione. La piattaforma si propone, infatti, come un punto di incontro tra coloro che posseggono qualifiche (es. un lavoratore), coloro che le validano (es. un'accademia) e coloro che le ricercano (es. un'azienda).

22 Per ulteriori informazioni è possibile fare riferimento al sito web di Blockcerts: https://www.blockcerts.org/about.html

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Grazie all'uso dello standard Blockcerts, Bestr permette di creare certificati digitali la cui autenticità può essere verificata direttamente all'interno della *Blockchain*. I Blockcerts sono una credenziale digitale che estende l'Open Badge con la notarizzazione su *Blockchain*: perciò la piattaforma Bestr permette di emettere credenziali digitali solo in Open Badge oppure in Open Badge più Blockcerts.

I certificati ottenibili dagli utenti possono essere di diverso tipo e quindi riguardare ad esempio:

- Hard skills;
- Soft skills;
- Partecipazione;
- Certificazioni ufficiali;

Le qualifiche supportate da Bestr possono riguardare tutti i tipi di attribuzione che gli enti emettenti vogliano rappresentare. Bestr è quindi una soluzione innovativa per aziende, università ed altri enti che intendono pubblicare e assegnare riconoscimenti ai propri utenti (studenti, lavoratori, etc.).

I badge supportati da Bestr possono rappresentare potenzialmente qualunque tipo di competenza e lasciano flessibilità di scelta alle organizzazioni che li emettono.
I lavoratori, studenti, o coloro che entrano in possesso dei badge, li detengono all'interno dei loro "portafogli" digitali, e possono renderli visibili a coloro che sono alla ricerca di persone con determinate abilità o qualifiche. Un'azienda è in grado di scegliere i badge che più le interessano (ad esempio il badge relativo ad una competenza molto specifica) e ricercare profili di utenti in possesso di quel determinato badge.
A loro volta, le università e gli istituti formativi possono emettere badge per i propri studenti al fine di rappresentare tipi di qualifiche anche diversi da quelli normalmente emessi. Grazie all'utilizzo di Bestr, le università sono infatti in grado di espandere il range di qualifiche pubblicate per i propri studenti e tale flessibilità è funzionale a un aumento della competitività degli studenti stessi.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Poiché il sistema Blockcerts è basato su uno standard "aperto", una delle sue caratteristiche è la possibilità di abilitare l'interoperabilità tra le diverse soluzioni che si basano sul medesimo standard. Questo significa che le certificazioni Blockcerts possono essere utilizzate nel contesto di applicazioni differenti che seguono il medesimo standard.
La piattaforma Bestr è stata creata nel 2015, con l'idea di valorizzare le competenze acquisite sia in ambito formale che "informale". Al momento della scrittura del presente contributo sono stati pubblicati oltre 1500 badges e oltre 100 organizzazioni Issuers hanno pubblicato un profilo su Bestr [23].

La piattaforma è integrata con i sistemi informativi delle Università ed enti che aderiscono al progetto e che sfruttano la piattaforma per emettere credenziali digitali anche in maniera automatica. Tali entità appartengono al settore dell'istruzione, della ricerca e del mercato del lavoro.
All'interno della piattaforma, i ruoli principali previsti sono quello di Issuer (l'entità che emette il badge) e di Learner (ovvero la persona che riceve la qualifica sotto forma di badge).

A livello esemplificativo, un possibile workflow della soluzione Bestr può essere rappresentato nel seguente modo:

1. uno studente ottiene il diploma di laurea presso una delle università accreditate come Issuer su Bestr;
2. il sistema informativo dell'università, integrato con Bestr, invia l'informazione relativa alla laurea ottenuta dallo studente, alla piattaforma Bestr;
3. Bestr, sulla base di regole predefinite sull'emissione dei badges, invita l'utente che ha conseguito il titolo a ritirare il suo badge;
4. lo studente dalla pagina del badge ricevuto su Bestr può richiedere che venga creato un Blockcerts; il Blockcert viene creato e notarizzato sulla *Blockchain*, attraverso i meccanismi definiti dallo standard Blockcerts; una volta avvenuta la notarizzazione , il Blockcert è reso disponibile sulla pagina (award) di Bestr per essere scaricato dallo studente .
5. le specifiche Blockcerts permettono in qualunque momento di verificare l'autenticità di un Blockcert condiviso dallo studente.

23 Dati aggiornati a Luglio 2020

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Al fine di notarizzare i Blockcerts, Bestr utilizza una *Blockchain* permissionless, nello specifico *Ethereum*. Lo standard Blockcerts non richiede nessuna specifica *Blockchain* per funzionare, essendo di fatto agnostico dal punto di vista della componente tecnologica. Infatti, i Blockcerts possono essere emessi al di sopra di una specifica *Blockchain* e "verificati" online anche da un utente che non abbia accesso personale alla *Blockchain* stessa.

Nell'ambito di Bestr, la tecnologia *Blockchain* viene utilizzata, come precedentemente menzionato, per notarizzare un blockcert in possesso dell'utente. La *Blockchain* non viene però usata per salvare "interamente" i dati relativi alla qualifica ottenuta dall'utente, ma semplicemente una sua digital fingerprint [24], o hash. In questo modo non vengono registrate informazioni personali all'interno della *Blockchain*, poiché viene salvato solo l'hash, e da esso non è tecnicamente possibile risalire alle informazioni originali della qualifica. Grazie alle caratteristiche della crittografia, la presenza dell'hash del dato originale all'interno della *Blockchain* rende comunque possibile verificare l'autenticità del dato originale.

La piattaforma ha avviato l'emissione di Blockcerts in produzione a giugno 2019, nonostante il sistema fosse già pronto da qualche mese. Il primo progetto in produzione è stato quello dell'Università Bicocca, all'interno del quale sono stati emessi badges rappresentanti le lauree degli studenti laureandi a giugno (225 badges emessi). Ad oggi (Luglio 2020) Bestr emette Blockcerts per 56 corsi di studio dell'Università di Milano-Bicocca e 150 dell'Università di Padova [25].

24 Con digital fingerprint si intende un hash, ovvero l'output univoco risultante dall'applicazione di una funzione di hashing ad un dato. Una funzione di hashing è un algoritmo matematico che, a partire da un dato di lunghezza arbitraria, lo mappa in una stringa alfanumerica di dimensione fissa (ad esempio, 64 caratteri) chiamata hash. Ad esempio, la funzione di hashing SHA-256 applicata al dato "Bestr", crea l'hash univoco: cc183f389f4d9fab23865d88ab09571714b2ed58942733997096f7891f33e73d. Qualora venisse alterato anche un solo carattere del dato originale (ad esempio, da Bestr a Best), l'hash risultante sarebbe completamente differente da quello sopra.

25 Vedi ad esempio https://bestr.it/badge/show/1279 e https://bestr.it/badge/show/1211

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Figura 2

Esempio di un badge emesso dall'Università degli Studi di Milano-Bicocca relativo ad una qualifica in "Lingua dei segni italiana – LIS"

Fonte: https://bestr.it/

Lo stato di avanzamento del progetto Bestr è notevole, e lo dimostrano le diverse università già ingaggiate in qualità di Issuers. Inoltre, è importante menzionare il fatto che Bestr è potenzialmente in grado di creare un vero e proprio ecosistema, grazie soprattutto all'utilizzo di uno standard aperto ed interoperabile come quello di Blockcerts.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

3.3 Blockchain4EDU - BCDiploma

Scheda Riassuntiva

Titolo caso d'uso

Blockchain4EDU – BCDiploma

Data: ***Novembre 2019***

Breve Descrizione

Blockchain4EDU è un gruppo di lavoro che mira alla creazione di un progetto per stabilire una piattaforma condivisa, basata su tecnologia Blockchain, all'interno della quale verranno registrati i titoli universitari. Nell'ambito dell'esperienza del gruppo di lavoro, è stato individuato un case study che va in questa direzione, ossia BCDiploma, il cui obiettivo è quello di certificare diplomi nel modo più semplice e sicuro possibile.

Ambito di applicazione

Titoli dell'Education, estendibile a certificazioni professionali, certificazioni amministrative e certificazioni personali

Approccio alla Blockchain

Shared Registry

Proponente

Blockchain Certified Data
Sito ufficiale: https://www.bcdiploma.com

Descrizione Estesa

Descrizione funzionale del caso

BCDiploma è un progetto basato in Francia e lanciato nel 2018 tramite una ICO [26]. Il progetto ha recentemente ottenuto un round di investimento pari a 1.2 milioni di euro e rientra nel programma offerto da Microsoft for Startups [27] in partnership con Chain Accelerator [28].
BCDiploma ha l'obiettivo di realizzare una piattaforma distribuita per certificare i diplomi e altre tipologie di attestazioni, mirando a verificarne l'autenticità nel modo più semplice, sicuro e sostenibile possibile, associando la tecnologia *Blockchain* a un elevato livello di crittografia.

26 Le Initial Coin Offering (ICO) sono una forma di finanziamento, utilizzata da startup o da soggetti che intendono realizzare un determinato progetto. Tale finanziamento è spesso effettuato tramite un crowdfunding in criptovalute, come ad esempio Bitcoin ed Ethereum, ma può anche essere eseguito con monete di uso corrente, come Euro o Dollari. È importante notare che la maggior parte delle Initial Coin Offerings è stata svolta utilizzando il protocollo Ethereum (questo significa che i token che sono stati venduti durante la fase di crowdfunding sono effettivamente basati sulla Blockchain di Ethereum).

27 Microsoft for Startups è un programma globale designato per supportare le startup: https://startups.microsoft.com/en-us/

28 Chain Accelerator è l'incubatore relativo a progetti basati su tecnologia Blockchain più grande d'Europa: https://www.chainaccelerator.com/

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Dato di fatto consolidato, è quello inerente all'uso fraudolento di diplomi falsi o qualifiche inventate su curriculum, problematica che impatta su Istituzioni, laureati, professionisti e datori di lavoro. Inoltre, come si è accennato nell'Introduzione, sono emersi diversi mercati illegali incentrati sulla compravendita di repliche di diplomi di elevata qualità o diplomi afferenti ad istituzioni inesistenti o non riconosciute. A tal proposito, BCDiploma è una soluzione che risponde all'esigenza di contrastare la falsificazione dei diplomi e delle certificazioni universitarie, in un contesto di crescente concorrenza in ambito universitario e lavorativo, realizzando un servizio digitale innovativo volto alla protezione dell'immagine delle istituzioni scolastiche che rilasciano i certificati. La soluzione si basa sullo sviluppo di una dApp[29] per le istituzioni scolastiche, che consenta loro di rilasciare le proprie certificazioni sfruttando la tecnologia *Blockchain* di *Ethereum*. La soluzione ha l'obiettivo di consentire al laureato, per tutta la sua vita scolastica o professionale, di dimostrare l'autenticità del suo diploma fornendo un semplice URL.

In particolare, BCDiploma mira a soddisfare le aspettative delle entità scolastiche offrendo un servizio che garantisce:

1. Semplice implementazione ed integrazione: BCdiploma offre una dApp pronta all'uso e di facile operatività che permette l'emissione delle certificazioni tramite un semplice caricamento del dato, evitando così complessi processi di gestione documentale.
2. Sicurezza e fiducia: l'algoritmo di cifratura del dato, associato alla conservazione del dato sulla *Blockchain* di *Ethereum*, assicura un elevato livello di resilienza e sicurezza.
3. Decentralizzazione del dato: scegliendo la soluzione BCDiploma, la Scuola non dipende da un singolo provider, ma utilizza un sistema open source, ossia una dApp, che garantisce l'accesso perenne ai dati e l'integrità degli stessi.
4. Nessun costo ricorrente: non esistono piani e fee mensili o costi di manutenzione, ma il costo è associato solo alla gestione del processo di emissione del singolo diploma.
5. Economie di scala: viene automatizzato il processo ricorrente e costoso di emissione di una copia del certificato, quando un alunno o un professionista la richiede per propri fini personali.
6. Protezione dei dati personali: la soluzione garantisce l'impossibilità per gli operatori di collezionare e di conseguenza usare i dati personali degli utenti.

29 La parola DApp è un acronimo per indicare una applicazione decentralizzata: ovvero un software creato attraverso Smart Contracts sulla Blockchain di Ethereum.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

7. Interoperabilità digitale: con BCDiploma, il singolo studente può esporre la propria certificazione scolastica su Linkedin o su altri social media tramite la semplice condivisione dell'URL associato.

Dal punto di vista tecnico, BCDiploma si basa su un framework open source chiamato EvidenZ. Il framework EvidenZ contiene tutte le logiche inerenti all'implementazione dei dati on-chain ed è stato concepito con l'obiettivo di essere il più conforme possibile ai principi della privacy dei dati definiti dal GDPR.
L'architettura di EvidenZ si basa principalmente su tre blocchi principali, al cui interno si ritrovano tre componenti:

- Infrastruttura On-chain: dove sono compresi gli smart contract che gestiscono le logiche di validazione e verifica dell'entità che emette il diploma e permettono alla dApp di interagire con la *Blockchain* di *Ethereum*. In particolare, esistono tre diversi smart contract, che sono in grado di gestire le logiche relative ad emissione, verifica e validazione dell'identità dell'università e del diploma.
- Infrastruttura On-Web: dove sono comprese le componenti che abilitano la cifratura del dato e la lettura dello stesso tramite una Web App alla quale si accede tramite l'URL associato al diploma e permette di visualizzare in chiaro i dati.
- Infrastruttura Off-chain: dove si ritrova il Keystore [30] che gestisce e conserva le chiavi crittografiche appartenenti alla scuola, allo studente ed al network. In particolare, all'interno di questa infrastruttura sono gestite le logiche connesse alla protezione ed all'eventuale eliminazione dei dati precedentemente registrati.

Come già accennato in precedenza, l'obiettivo finale è quello di costruire un ecosistema aperto che si affermi come uno standard e che non dipenda da un singolo provider. Per questo motivo, il framework open source EvidenZ è stato designato per essere implementato in maniera decentralizzata, così da permettere a qualsiasi scuola di operare in maniera autonoma tramite il consumo di API[31] dedicate. Il sistema BCDiploma offre un SaaS[32], dove

30 Repository dove sono conservate le chiavi private ed i certificati

31 Con Application Programming Interface (API) si indica un insieme di procedure atte all'espletamento di un dato compito. Nello specifico, in ambito informatico, il termine API indica le librerie software di un dato linguaggio di programmazione. Più semplicemente, un API può essere considerata come un'interfaccia che permette ad un software di interagire con altri software.

32 Con Software-as-a-service si intende un modello di distribuzione del software applicativo dove un produttore di software sviluppa, opera e gestisce un'applicazione web che mette a disposizione dei propri clienti via Internet.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

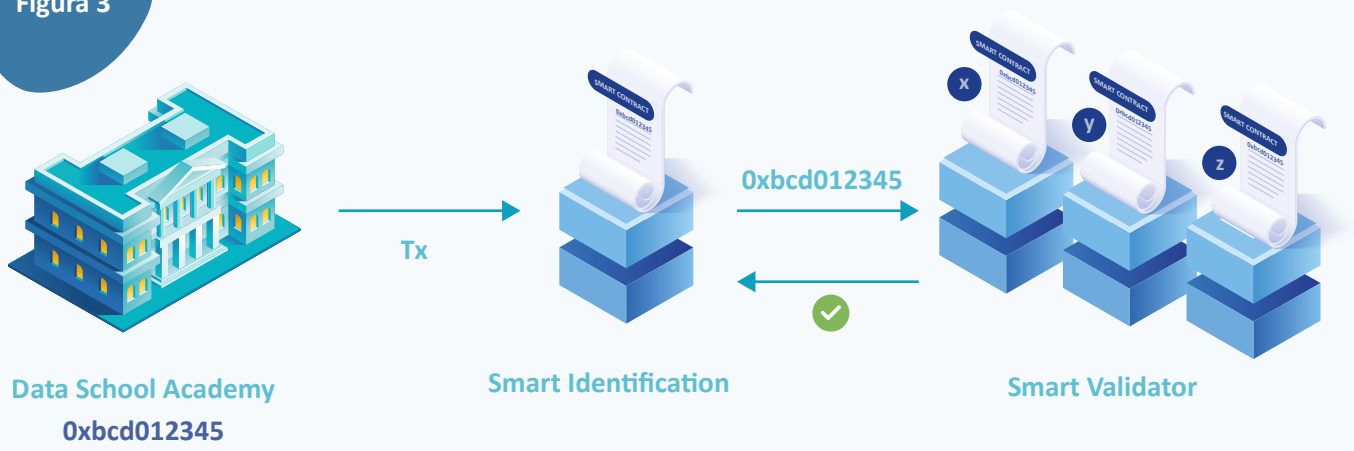
il provider si limiterà a rivestire il ruolo di key custodian, conservando e gestendo le chiavi crittografiche in un ambiente sicuro. Tale caratteristica del sistema può però essere potenzialmente un rischio di accentramento della gestione delle chiavi in un solo soggetto, che si trova ad essere quindi un single-point-of-failure.

Dal punto di vista funzionale, il flow della soluzione si riassume nei seguenti passaggi:

1. **Creazione dell'ID associato alla scuola sulla Blockchain di Ethereum:**
   - *1.1.* Validazione dell'identità della scuola: dopo la richiesta di creazione dell'ID, una terza parte, ossia un validatore, verifica e garantisce l'identità della scuola, in modo che la singola entità abbia un univoco ID associato. In questo caso, il validatore implementa lo smart contract. Successivamente, per ottenere un Certificato collegato all'ID prima creato (ID Certificate), la scuola procede all'esecuzione di uno smart contract di identificazione, che richiama un ulteriore smart contract, lo SmartValidation, il quale verifica il fatto che il validatore abbia effettivamente controllato che l'ID associato alla scuola sia corretto.
   - *1.2.* L'ID della scuola diviene la prova di autenticità del diploma: infatti l'ID Certificate include numerose informazioni: il nome della scuola, le caratteristiche del diploma emesso, l'URL della pagina web della Scuola dove sarà pubblicato l'address[33] *Ethereum* che la identifica e l'URL del web server dove si può accedere al diploma in chiaro.

Figura 3

Workflow di creazione dell'ID Certificate associato alla Scuola



Fonte: https://www.bcdiploma.com/ico/img/BCD-WhitePaper_last.pdf

33 L'address Ethereum è una stringa alfanumerica che identifica un utente specifico all'interno della rete Ethereum. Può essere paragonato ad un codice IBAN o ad un indirizzo di posta elettronica

2. **Registrazione del diploma su Ethereum da parte della Scuola:** gli step che la scuola deve seguire sono semplici. Infatti, in primis invia i dati del diploma tramite un semplice upload del file o tramite un connettore API; successivamente, uno smart contract, lo SmartPublication, prima verifica la validità dell'ID Certificate collegato alla scuola e poi pubblica i dati cifrati in una transazione *Ethereum*. Alla fine del processo, verrà generata e custodita una chiave associata alla transazione di cui la scuola è proprietaria e verrà inviato l'URL per leggere in chiaro il diploma appena emesso.

Figura 4

Workflow di registrazione del diploma in Blockchain

https://www.bcdiploma.com/ico/img/BCD-WhitePaper_last.pdf

3. **Invio dell'URL allo studente per accedere al diploma:** l'URL non è rintracciabile tramite la transazione *Ethereum*. Lo studente è l'unico owner dell'URL ed è l'unico che può condividerlo. Inoltre, lo studente può esprimere il proprio diritto all'oblio, ossia alla cancellazione del diploma emesso. In quel caso, la scuola distruggerà le chiavi crittografiche in modo che non sarà possibile decifrare i dati.
4. **Accesso di una terza parte al diploma:** lo studente invia il proprio URL alla terza parte che viene reindirizzata al Server dell'apposita Web App in modo da accedere al diploma. La terza parte può effettivamente verificare la veridicità del diploma tramite l'accesso all'ID Certificate in modo da controllare l'autenticità dell'emittente e del Web Server, contro-verificando sia l'address di *Ethereum* della scuola, sia l'esatto URL del Web Server che ospita il diploma.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Ad oggi, il progetto BCDiploma è attivo e, nel corso del tempo, ha stretto numerose collaborazioni con scuole ed università, contando più di quaranta clienti in tutto il mondo.
È importante notare il fatto che, nonostante gli ambiziosi obiettivi della soluzione, esistono ancora diversi problemi connessi all'attuale stato di implementazione: in particolare, la centralizzazione delle chiavi all'interno di BCDiploma costituisce un potenziale rischio di centralizzazione dell'intero sistema. Esistono, inoltre, anche rischi connessi al fatto che le chiavi utilizzate per crittare i dati non vengano effettivamente distrutte nel momento richiesto, creando di conseguenza un potenziale rischio in ottica di protezione dei dati personali, che vengono registrati all'interno della *Blockchain*.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

3.4 Università Roma Tre

Scheda Riassuntiva

Titolo caso d'uso

Università Roma Tre use case

Data: ***Giugno 2019***

Breve Descrizione	*Ambito di applicazione*
Il case study mira ad attivare una vera e propria rivoluzione all'interno del mondo del lavoro, ponendo il lavoratore come protagonista e proprietario della propria "identità professionale", tramite l'implementazione di una piattaforma per la registrazione e la condivisione dei propri attestati.	Titoli professionali e dell'Education
Approccio alla Blockchain	***Proponente***
Shared Registry	Università Roma Tre

Descrizione Estesa

Descrizione funzionale del caso

Il case study nasce dalla continua innovazione tecnologica che sta radicalmente cambiando il funzionamento del mercato del lavoro. All'interno di quest'ultimo, infatti, il ruolo dell'identità professionale non è mai stato visto dal punto di vista del lavoratore che la "possiede".

In particolare, tra le soluzioni che mirano a rappresentare in maniera digitalizzata l'identità professionale del lavoratore, sono sempre mancate alcune caratteristiche necessarie per un reale controllo dell'utente su di essa, come ad esempio:

- la portabilità dell'identità lavorativa;
- la titolarità di essa;
- la visibilità e la trasparenza dei titoli delle competenze e delle "doti" dei lavoratori;
- la possibilità di svolgere analisi e collegamenti dei fabbisogni professionali e dei fabbisogni formativi.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

È da queste "mancanze" e da queste necessità che ha origine lo use case proposto dall'Università Roma Tre, mirante a realizzare una vera e propria rivoluzione all'interno del funzionamento del mondo del lavoro. La rivoluzione viene attivata ponendo il lavoratore come protagonista della propria identità lavorativa, fornendogli totale accesso e controllabilità sui propri dati professionali, digitalizzando tali dati, che a loro volta divengono "certi" e condivisibili tra soggetti pubblici e privati in modo trasparente. Per soggetti pubblici e privati si possono intendere sia datori di lavoro o enti accreditati per i servizi al lavoro, sia Università, enti come INPS o INAIL o, ad esempio, l'Agenzia delle Entrate.

La rivoluzione viene abilitata dall'utilizzo di tecnologie innovative, in questo caso la tecnologia *Blockchain* che mira a fornire il totale controllo sui propri dati professionali al lavoratore e abilitare l'incontro tra coloro che sono in cerca di professionisti e necessitano certezza sulle loro qualifiche professionali e coloro che sono in cerca di un lavoro. Se da un lato, la tecnologia *Blockchain* abilita un sistema di emissione e conservazione delle credenziali digitali connesse alle esperienze formative e professionali da parte del lavoratore, dall'altro la stessa tecnologia permette ai datori di lavoro di verificarne in maniera agevole l'autenticità, così da eliminare l'asimmetria informativa oggi più che mai presente nel mondo lavorativo.

L'obiettivo iniziale di tale progetto era quello di condividere i dati sulla base della stratificazione dell'identità del cittadino. I dati del fascicolo elettronico del lavoratore permettono, in questo modo, di favorire l'incontro tra domanda e offerta di lavoro. La prima sperimentazione del progetto è partita dall'utilizzo dell'assegno di ricollocazione, prendendo in considerazione un perimetro molto limitato per la sperimentazione che non è poi potuto essere ulteriormente ampliato; questa limitata estensione è stata la principale causa del suo arenamento.
Lo use case proposto dall'Università si focalizza a sua volta sull'incontro tra domanda e offerta di lavoro a livello regionale, creando per i lavoratori un fascicolo elettronico basato sulle loro competenze. L'obiettivo principale è quello di creare un incontro tra domanda e offerta di lavoro, grazie alla definizione di un fascicolo elettronico basato su un sistema di dati sull'esperienza lavorativa, educativa, formativa che sia condivisibile tra pubblico e privato.
In linea generale, l'idea è di collegare e condividere tali fascicoli con gli enti interessati, in grado di interrogare il sistema, cercando la disponibilità di profili con specifiche competenze relative alla ricerca effettuata.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Il tutto correlato all'utilizzo di uno standard multidimensionale, con il quale viene descritta (e certificata di conseguenza all'interno del sistema) una competenza, in modo tale da definire un modo unico e condiviso per rappresentare le qualifiche, rendendole inter-comprensibili ed interoperabili. Al momento, la soluzione è ancora in fase preliminare. Sono state svolte delle analisi sul possibile flusso procedurale e sulla tecnologia utilizzabile per raggiungere gli obiettivi sopra menzionati.

Rispetto a quest'ultima, l'idea è di creare una piattaforma per l'incontro tra offerta e domanda di lavoro sulla base di un'infrastruttura tecnologica chiamata BE MAN, acronimo delle funzionalità tecnologiche dalle quali è composta: BigChainDB[34], MongoDB[35], Mathematica[36], Angular [37], Node [38].

L'impiego della tecnologia *Blockchain*, in questo caso, consiste nell'utilizzo di BigChainDB che è, appunto come sotto definito, un Distributed Ledger con diverse caratteristiche assimilabili ad una *Blockchain*.

Il meccanismo di consenso, previsto da BigChainDB, si basa sullo strumento Tendermint[39], il quale impiega un meccanismo Bizantyne Fault Tolerance (BFT[40]), ammettendo fino ad ⅓ di fault dei nodi facenti parte del sistema, e assicurando transazioni rapide e a basso costo.

34 La BigchainDB state machine è un'infrastruttura tecnologica creata al fine di registrare e tracciare il possesso di "asset". L'idea è che solamente il possessore/controllore di tali "asset" possa trasferirli. Un file JSON può essere allegato ad un asset, in modo tale da definire al suo interno caratteristiche dell'asset, al fine di estendere le funzionalità della piattaforma a diversi tipi di "asset".

35 MongoDB è un database, classificato come un database program di tipo NoSQL. Una delle sue funzionalità principali è quella di avere una "scalabilità orizzontale", che permette un utilizzo per applicazioni relative ai Big Data, ad esempio.

36 Mathematica è un sistema di computing creato da Wolfram, utilizzato in diversi campi tecnici, scientifici, ingegneristici, matematici, etc.

37 Angular è un framework open-source per le applicazioni web sviluppato da Google e da una community composta da singoli utenti e da vere e proprie corporation.

38 Node.js è un framework open-source che permette di scrivere applicazioni in JavaScript lato server.

39 Tendermint è un protocollo tecnico composto da un algoritmo di consenso e da un protocollo peer-to-peer, utile al funzionamento di sistemi distribuitiz

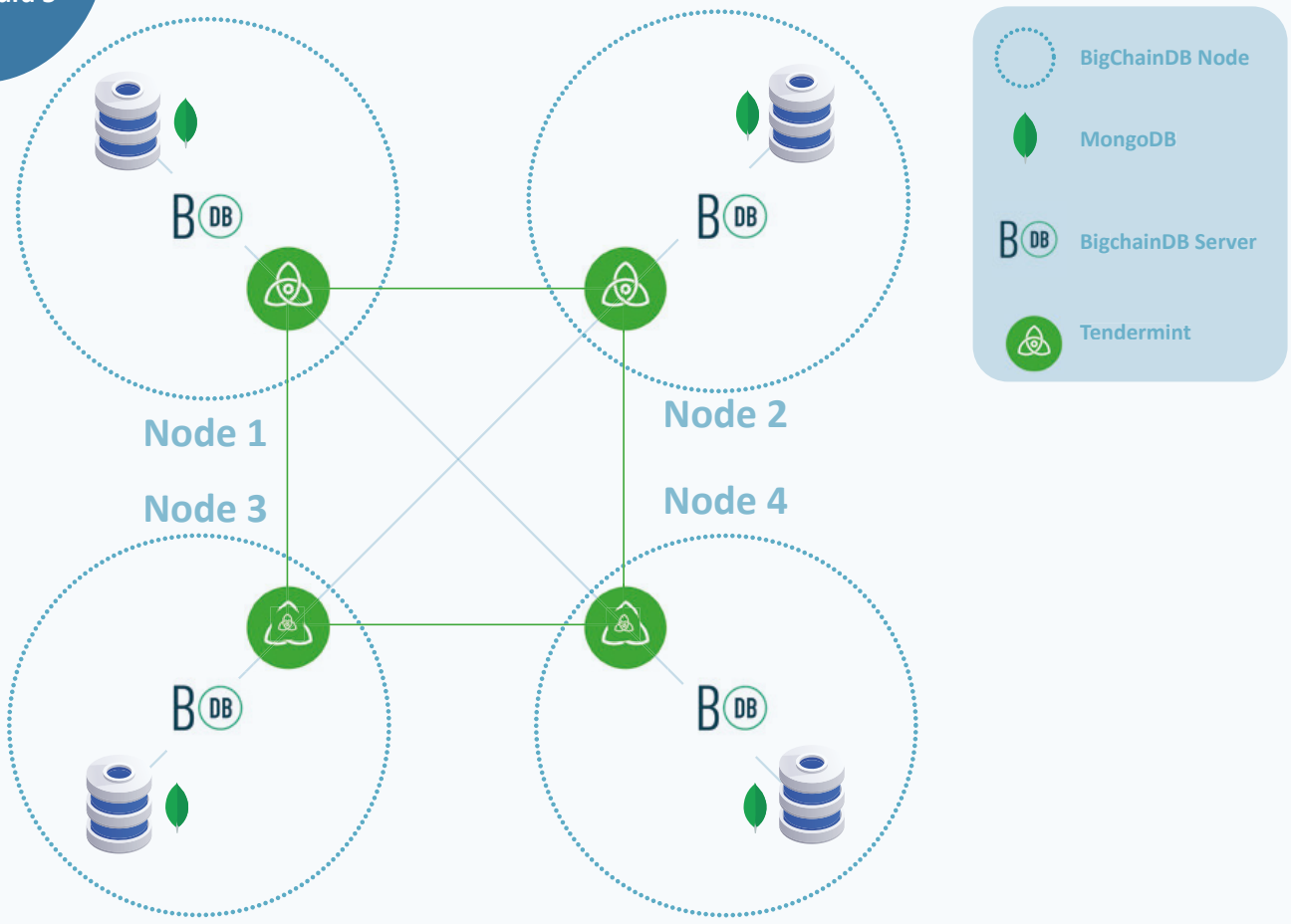
40 Bizantyne Fault Tolerance (BFT) è un meccanismo di consenso per costruire sistemi in grado di continuare a funzionare in modo corretto a dispetto di attacchi ostili da parte dei partecipanti ad una rete. Un meccanismo di consenso di tipo BFT permette al sistema di funzionare correttamente fino ad 1/3 di fault dei nodi di un sistema (ovvero fino a quando i nodi ostili non superano un terzo dei nodi totali).

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

L'architettura di BigChainDB è rappresentata ad alto livello nell'immagine sottostante:

Figura 5

Architettura di alto livello di BigChainDB



Fonte: https://blog.bigchaindb.com/

Per lo use case dell'Università, l'idea è quella di utilizzare BigChainDB per registrare il fascicolo elettronico all'interno del database non relazionale il cui proprietario è il lavoratore, con modalità di accesso personalizzabili. I metadati che vengono inseriti all'interno del fascicolo elettronico riguardano lo stato lavorativo, il titolo di studio, etc.

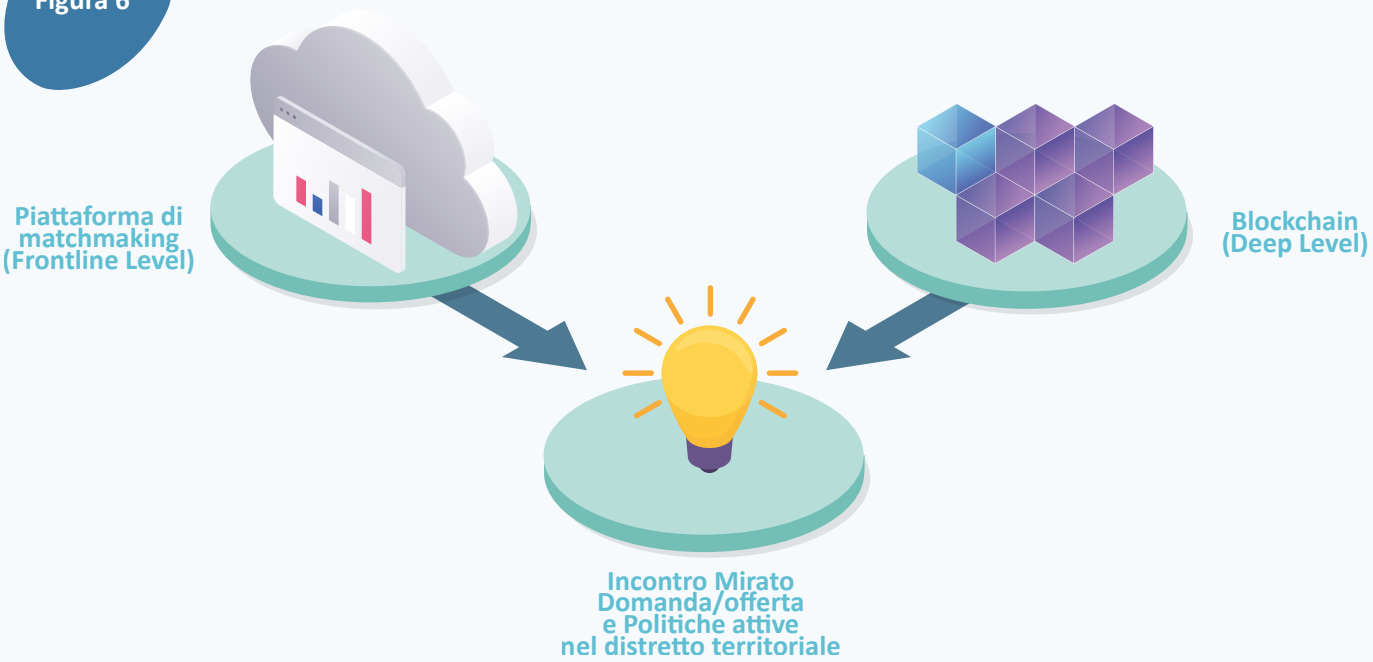
La piattaforma verrà configurata su un doppio livello:

- Deep Level, dove verrà utilizzata la *Blockchain* per la profilazione del lavoratore e la descrizione delle misure di servizio.
- Frontline Level, dove verrà svolto il clustering e l'incontro tra domanda e offerta di lavoro.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Figura 6

Rappresentazione dei due livelli sui quali è basata la soluzione



Fonte: presentazione dello use case

Il principio dello use case sarà, quindi, quello di avere più nodi (ovvero "partecipanti" alla *Blockchain*), composti da centri per l'impiego, associazioni terze che aggregano dati da INPS e INAIL, regione, etc. che mettano in comune i dati relativi ai lavoratori in loro possesso, in modo tale da creare un vero e proprio registro condiviso che sia in grado di abilitare il più efficiente incontro tra coloro che cercano lavoro e coloro che lo offrono. I cittadini (lavoratori, studenti, etc.) accederanno ai servizi a loro preposti tramite i nodi dei centri per l'impiego.

I dati relativi ai lavoratori saranno anonimizzati al fine di rispettare i requisiti privacy posti dalla GDPR, ma non è ancora chiaro in che modo.

Lo use case è ancora nella fase di sperimentazione, al termine della quale sarà possibile valutare i relativi aspetti di sicurezza, fruibilità, efficienza in termini di performance e costi. Rimangono comunque diversi quesiti, come ad esempio il reale utilizzo della tecnologia *Blockchain* o la modalità di anonimizzazione dei dati. Tali quesiti potranno essere chiariti una volta che il caso d'uso sarà implementato e non più in fase embrionale.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

3.5 Network of Trust for Education

Scheda Riassuntiva

Titolo caso d'uso

Network of Trust for Education

Data: ***Luglio 2019***

Breve Descrizione	*Ambito di applicazione*
L'idea dello use case è quella di creare una piattaforma cross-border per il mutuo riconoscimento di diplomi ed attestati, implementata utilizzando la tecnologia Blockchain.	Titoli dell'Education.
Approccio alla Blockchain	***Proponente***
Verifiable Credentials	Stati Membri dell'Unione Europea

Descrizione Estesa

Descrizione funzionale del caso

Lo use case nasce inizialmente in seno ad un'iniziativa portata avanti dall'inizio del 2018 da una coalizione di 7 Stati Membri dell'Unione Europea: Olanda, Belgio, Italia, Malta, Francia, Norvegia e Croazia. La coalizione è stata creata con il fine di sviluppare un'iniziativa basata sulla tecnologia *Blockchain* che potesse apportare un valore aggiunto agli studenti, cittadini e alle istituzioni Europee. Questo tramite la creazione di un ecosistema con lo studente (o cittadino) al centro e la possibilità per egli di connettersi a tutti gli "attori" interessati, appartenenti o meno al settore dell'education.

L'idea sottostante alla creazione dell'ecosistema nasce dal fatto che uno dei principali obiettivi a livello Europeo è quello di offrire ai propri cittadini maggiori opportunità nel mercato del lavoro e nel mondo accademico. In entrambi i casi, la possibilità di svolgere periodi di mobilità all'estero (lavoro in un altro paese o esperienza di studio all'estero come ad esempio Erasmus) può essere un importante stimolo per la vita del cittadino o dello studente. La tecnologia *Blockchain* è stata considerata come potenziale abilitatore di un ecosistema capace di migliorare la vita accademica o lavorativa dello studente.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

È stata evidenziata proprio dalla coalizione la necessità di creare tale ecosistema: a livello Europeo, infatti, sono già state promosse diverse iniziative sotto forma di proof-of-concept, che però da sole non portano valore aggiunto e rischiano di rimanere iniziative "isolate". Inoltre, questo use case è il risultato dell'ambizione di ottenere un network comune e decentralizzato per i dati relativi ai diplomi, capace difavorire la collaborazione tra le diverse amministrazioni centrali dell'istruzione (ad esempio il Ministero dell'Istruzione), mantenendo, allo stesso tempo, un approccio user-centric verso il cittadino e studente.

La coalizione non si concentra prettamente sulla componente tecnologica del Network of Trust: secondo i 7 Stati Membri, difatti, il problema della mobilità a livello Europeo attuale non risiede nelle soluzioni tecnologiche che vengono usate, bensì nella mancanza di un ecosistema che garantisca una precisa governance e degli standard. Il Network of Trust, quindi, mira, grazie all'ecosistema, a fare sì che l'enrolment di uno studente dell'higher education in un'istituzione estera sia tanto facile quanto la sua iscrizione nel proprio paese natale.
Il tutto tendendo i seguenti principi cardine ben in mente:

- mantenimento dello Studente o cittadino come attore centrale del network;
- Governance del network decentralizzato mantenuta tra le diverse istituzioni centrali per l'istruzione (a livello nazionale e regionale);
- soluzione GDPR-compliant by design;
- focus su standardizzazione dei dati relativi agli attestati;
- mantenimento di un ecosistema aperto;
- utilizzo di paradigma Self Sovereign Identity[41] e di conseguenza di Verifiable Credentials;
- Riutilizzo, per quanto possibile, di conoscenza e strumenti già acquisiti.

Partita con questo obiettivo, la partecipazione alla coalizione è stata estesa ad altri Stati Membri oltre a quelli sopra elencati durante i mesi successivi alla partenza del progetto[42].
Tra i target principali del progetto promosso dalla coalizione, come già precedentemente menzionato, rientrano tutti quei cittadini che interagiscono con il mondo del lavoro o quello accademico e possono beneficiare dell'ecosistema per lo scambio dei dati relativi ai diplomi.

41 ?

42 Al momento della rilevazione dei dati per il presente studio, (luglio 2019) erano 16 gli Stati aderenti, oltre a tre Direttorati Generali (DGs) della Commissione Europea.

Ciononostante, l'idea dello use case è di coinvolgere quanti più stakeholder possibili, in modo tale da avere come partecipanti il maggior numero possibile di attori interessati a tali temi sulla stessa piattaforma.
Attualmente il progetto Network of Trust, realizzato dalla coalizione, in collaborazione con una rete di partner (agencies, esperti dell'istruzione, esperti *Blockchain*, architetti di business, esperti PR, etc.) è ancora "su carta". Sebbene non siano stati fatti ancora passi avanti a livello software, è stata definita in maniera precisa una timeline in grado di supportare la partnership nell'implementazione dell'ecosistema sopra definito.

La timeline prevede un Technical Feasibility Study (al momento della scrittura in corso), oltre che una Technical Implementation Roadmap a seguire il Vision Report del progetto già pubblicato.
Gli owner dell'use case prevedono un approccio bi-modale per procedere con lo sviluppo dello stesso:

- una modalità Short Term: sfruttare infrastrutture esistenti e paradigmi esistenti di standardizzazione, seguendo i progetti pilota a livello internazionale e cooperando al fine di migliorare la mobilità internazionale degli studenti.
- una modalità Long Term: esplorare strategicamente la tecnologia *Blockchain* ed esplorare più in dettaglio paradigmi come le Verifiable Credentials e la Governance dell'ecosistema.

L'idea per ora, come anticipato, è di seguire in maniera collaborativa gli standard esistenti e di procedere con la creazione di diverse sandboxes a livello europeo per sperimentare i nuovi concept e avanzare verso l'implementazione.
La partnership è molto interessata a costruire l'ecosistema utilizzando il concetto di Self Sovereign Identity (e di conseguenza l'approccio Verifiable Credential per la gestione dei diplomi all'interno dello stesso). L'idea può potenzialmente essere molto interessante in ottica di creazione di un vero e proprio ecosistema, grazie a degli standard aperti ed interoperabili.
L'obiettivo è di raggiungere l'implementazione di diverse sandboxes entro la fine del 2020.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

3.6 QualiChain

Scheda Riassuntiva

Titolo caso d'uso

Qualichain

Data: ***Ottobre 2019***

Breve Descrizione

Il progetto Qualichain è proposto da un consorzio di Partner a livello Europeo e ha l'obiettivo di ricercare all'interno del panorama tecnologico le diverse soluzioni innovative che possono essere utilizzate per la gestione delle qualifiche. Per svolgere tale compito, il Consorzio Qualichain ha iniziato a lavorare su un'implementazione basata su Blockchain chiamata LinkChains per la creazione e la gestione delle qualifiche su una piattaforma decentralizzata e basata su un'ontologia condivisa e mirata all'interoperabilità dei dati.

Ambito di applicazione

- Corsi accademici;
- Qualifiche personali;
- Annunci di lavoro;
- Certificazione di skills;
- Diversi tipi di qualifica, compresi titoli di studio e certificazioni VET.

Approccio alla Blockchain

Timestamping

Proponente

Consorzio di Partner, tra cui The Open University, Knowledge Media Institute

Link al sito web di QualiChain:
https://qualichain-project.eu/

Descrizione Estesa

Descrizione funzionale del caso

QualiChain è un progetto proposto da un consorzio di partner, tra cui Open University e il Knowledge Media Institute[43], che ha l'obiettivo di identificare e proporre soluzioni nell'ambito della gestione delle competenze e delle qualifiche.

Uno degli obiettivi del progetto è quello di creare una piattaforma decentralizzata per la gestione, la condivisione e la verifica delle qualifiche ottenibili in ambito accademico e pro-

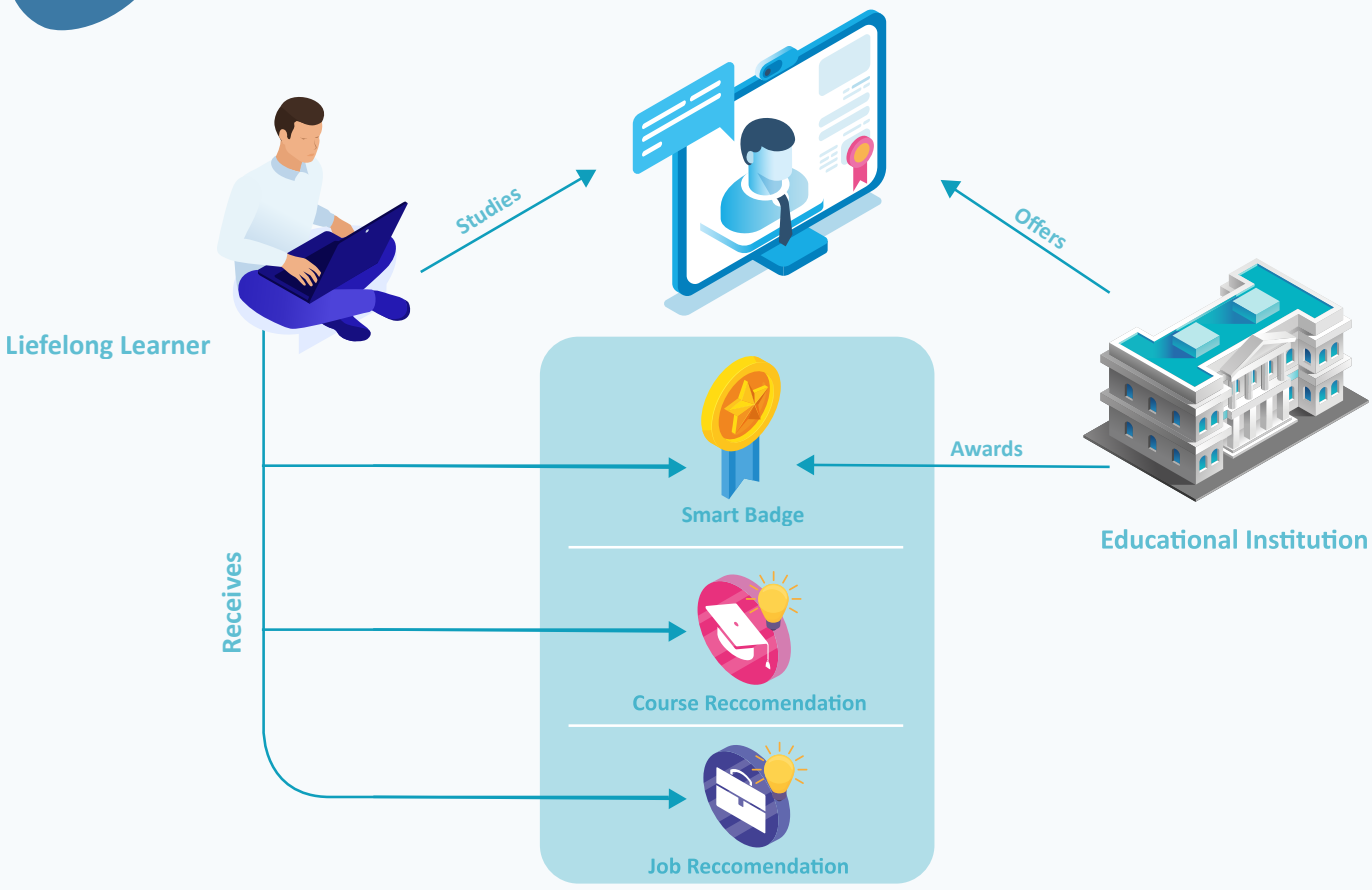
43 Tra gli altri Partner del progetto sono presenti: The Directorate-General for the Qualification of Public Employees (INA), Instituto de Engenhariade Sistemas e Computadores, Investigacao e Desenvolvimento em Lisboa, Supreme Council for Civil Personnel Selection (ASEP), Agência para a Modernização Administrativa (AMA), The Technische Informationsbibliothek, Fraunhofer Gesellschaft (IAIS), National Technical University of Athens (NTUA).

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

fessionale. Come base per la creazione di tale piattaforma decentralizzata, ad oggi è stata scelta la piattaforma LinkChains. Il progetto Qualichain ha ricevuto un finanziamento dal programma dell'Unione Europea Horizon 2020[44].

Il progetto si focalizza, inoltre, sullo studio e all'analisi delle tecnologie come *Blockchain*, di algoritmi e di intelligenza computazionale al fine di creare soluzioni che possono potenzialmente essere disruptive per il mondo accademico, il mondo del lavoro e il mondo delle Pubbliche Amministrazioni, oltre che analizzare i potenziali impatti derivanti dalla creazione di una soluzione decentralizzata per la gestione delle qualifiche.

Figura 7 ***Possibile workflow di creazione, ricevimento e gestione di qualifiche al di sopra della piattaforma decentralizzata.***



Fonte: https://qualichain-project.eu/

44 Grant agreement No 822404.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Nella realizzazione del progetto pilota promosso da Qualichain, sono diversi gli obiettivi tenuti in considerazione nella fase di sviluppo del prototipo, come ad esempio:

- rendere possibile l'emissione e la validazione di certificati accademici;
- essere in grado di riconoscere le frodi in ambito di qualifiche lavorative ed accademiche;
- ridurre l'attuale vulnerabilità dei certificati "di carta";
- aumentare la produttività nella gestione delle qualifiche e delle competenze;
- ridurre le tempistiche nell'ambito dei processi di recruiment.

La piattaforma Qualichain è basata sulla propria ontologia, in modo tale da potere rappresentare all'interno della piattaforma stessa diversi tipi di dati, dalle offerte di lavoro alla descrizione dei corsi affrontati da uno studente. L'ontologia è appunto una delle caratteristiche più considerate e studiate all'interno del progetto Qualichain. Tutti i dati registrati all'interno della piattaforma saranno semanticamente collegati ad un knowledge graph[45], all'interno del quale si possono svolgere e processare ricerche da tutti gli attori che avranno accesso alla piattaforma Qualichain, quali:

- I seekers, coloro che sono in cerca di un lavoro o di un posto all'interno di un'istituzione accademica. I seekers possono essere di diverso tipo: studenti, persone in cerca lavoro o lifelong leaners.
- I provider, ovvero coloro che emettono certificati o qualifiche. I provider possono essere, ad esempio istituti accademici o qualunque tipo di educatore.
- I recruiter, ovvero coloro che ricercano candidati appropriati per un lavoro o per un corso universitario.

Attraverso l'utilizzo di una semantica condivisa e dei knowledge graph, Qualichain è in grado di promuovere ed effettivamente creare interoperabilità di utilizzo delle qualifiche e, più genericamente, dei dati registrati all'interno della piattaforma, poiché essi seguono ontologia e semantica condivise, che sono riutilizzate anche in altri contesti.

45 Un knowledge graph può essere considerato come una base di conoscenza con una semantica chiara, definita da vocabolari e ontologie standard, e un linguaggio rappresentativo (RDF – Resource Description Framework) che sia universale.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Al fine di creare effettivamente dei corretti e onnicomprensivi knowledge graph, è stata creata una "task force" all'interno del progetto Qualichain, definita Ontologies Task Force (TF-Ont), con l'obiettivo di creare un'ontologia condivisa che prenda in considerazione i seguenti domini per i dati registrati all'interno della piattaforma:

- Realizzazioni personali, per esempio la maggior parte delle realizzazioni contenute all'interno di Curriculum Vitae standard.
- Annunci di lavoro, centrati intorno al concetto di skill e qualifiche richieste genericamente all'interno degli annunci di lavoro.
- Descrizione di corsi accademici, centrati intorno alle qualifiche che uno studente è in grado di ottenere dai corsi accademici che frequenta e completa.

Tutte le "qualifiche" appartenenti ai domini sopra descritti possono essere registrate, ricercate e condivise all'interno di Qualichain. Ciò che rende questo possibile è descritto all'interno della documentazione di Qualichain grazie all'applicazione della tecnologia nel semantic web[46].

La piattaforma utilizzata per registrare e condividere le qualifiche nell'ambito di Qualichain è LinkChains. Si tratta di uno strumento creato con lo scopo di registrare, condividere, verificare e cercare i dati inseriti al suo interno, senza avere bisogno di consultare un'"autorità centrale" che detenga il controllo vero e proprio della piattaforma. Grazie alla piattaforma è, infatti, possibile per gli attori che ne accedono "verificare" le qualifiche contenute al suo interno, ovvero determinare quando una qualifica è stata pubblicata, ma anche da chi, verificando, inoltre, il fatto che questa non sia stata alterata dal momento della sua pubblicazione.

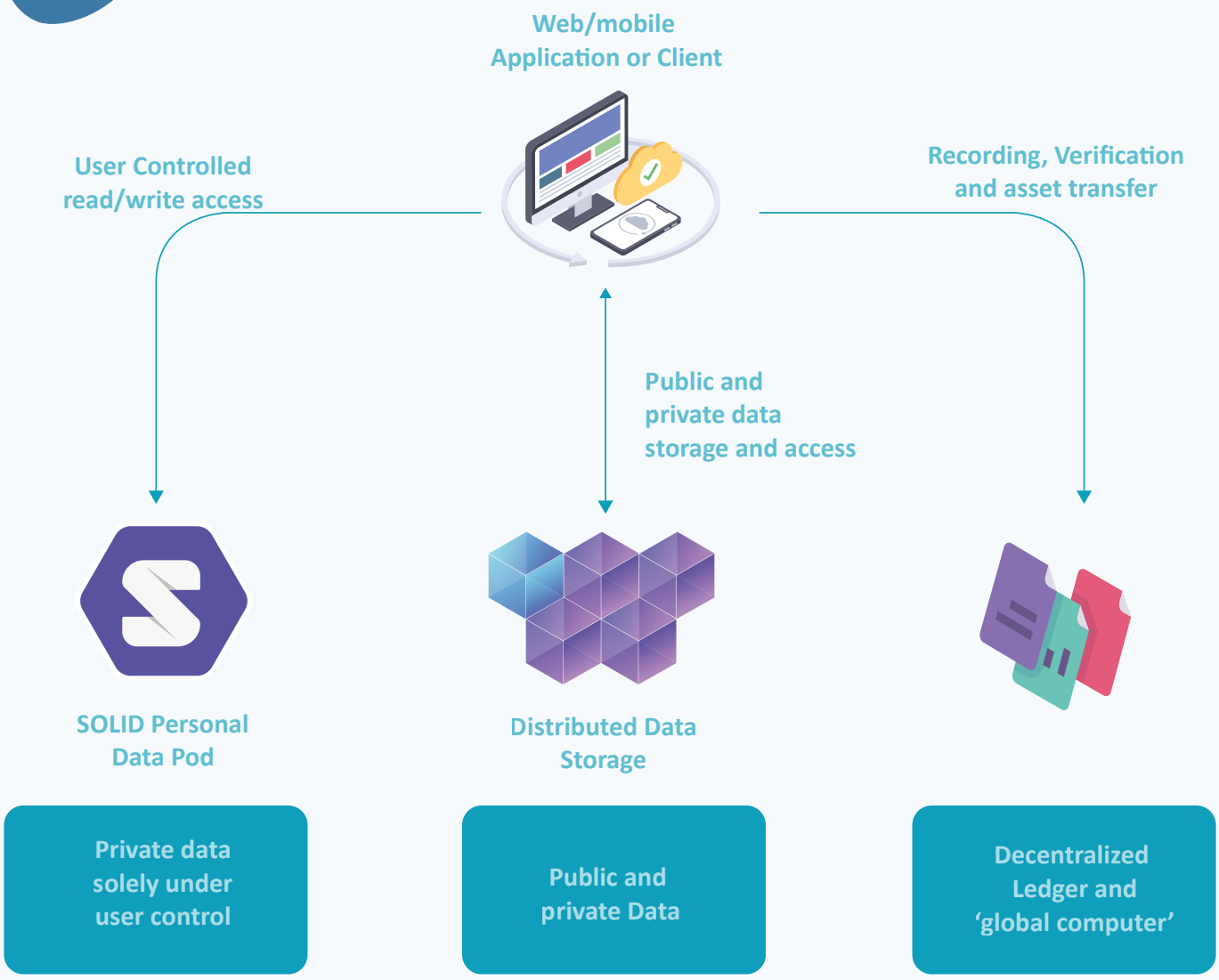
46 Qualichain stesso definisce il semantic web come "una famiglia di tecnologie progettate per abilitare l'interoperabilità e l'integrazione dei dati all'interno del Web".

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

LinksChains si basa su tre pilastri principali, come rappresentato nell'immagine sottostante:

Figura 8

I tre pilastri della piattaforma LinkChains



Fonte: https://qualichain-project.eu/

- una Linked Data Platform (LDP), una piattaforma all'interno della quale gli utenti sono in grado di conservare i loro dati. Gli utenti possono poi condividere i propri dati secondo diversi livelli di accesso. La LDP utilizzata nell'ambito di LinkChains è chiamata Solid;

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

- un Distributed Storage, ovvero una piattaforma che permetta l'accesso ai file in una maniera distribuita, come ad esempio IPFS[47];
- una *Blockchain*, dove registrare i fingerprint digitali[48] dei diversi dati. L'immutabilità dei dati registrati all'interno della LDP o del Distributed Storage può essere verificata grazie all'impronta digitale, o hash, del dato stesso registrato all'interno della *Blockchain*.

L'implementazione *Blockchain* di LinkChains è basata sulla *Blockchain* di *Ethereum*, tramite la quale vengono pubblicate le qualifiche sotto forma di *Token* ERC721, uno specifico standard utilizzato all'interno di *Ethereum* per la creazione di *token* "non fungibili", ovvero semplicemente rappresentativi e non delle vere e proprie "criptovalute" (come ad esempio Bitcoin).

L'idea, all'interno della piattaforma LinkChains, è che le qualifiche vengano appunto pubblicate e rappresentate attraverso l'utilizzo e l'emissione di *Token* ERC721. I *Token* vengono utilizzati come "certificati" dell'integrità dei dati edetenuti direttamente dagli utenti tramite un portafoglio digitale che interagisce con la rete *Ethereum*. È possibile verificare l'emettitore del *token* (come ad esempio un'istituzione accademica) e il destinatario (colui che ha ottenuto una qualifica) tramite le rispettive firme digitali.
All'interno della *Blockchain* non vengono inseriti e registrati dati personali che riportino all'individuo.

Nel *Token* ERC721 sono presenti i metadati e il "puntatore" al file che sta all'esterno del *token* stesso (ad esempio un URL). Ad esempio, all'interno del *token* viene contenuto l'hash[49] del dato originale e l'URL che riporta al dato originale contenuto all'interno della LDP (Solid). Più semplicemente, all'interno del *token* è rappresentata l'impronta digitale del certificato rappresentante la qualifica, che viene invece registrato all'esterno del *token* stesso (all'interno di Solid).

47 Per maggiori informazioni si riporta al sito ufficiale di IPFS: ipfs.io

48 Con digital fingerprint si intende un hash, ovvero l'output univoco risultante dall'applicazione di una funzione di hashing ad un dato. Una funzione di hashing è un algoritmo matematico che, a partire da un dato di lunghezza arbitraria, lo mappa in una stringa alfanumerica di dimensione fissa (ad esempio, 64 caratteri) chiamata hash. Ad esempio, la funzione di hashing SHA-256 applicata al dato "AAA", crea l'hash univoco cb1ad2119d8fafb69566510ee712661f9f14b83385006ef92aec47f523a38358. Qualora venisse alterato anche un solo carattere del dato originale (ad esempio, da AAA a AAB), l'hash risultante sarebbe completamente differente da quello sopra.

49 Fare riferimento alla nota precedente.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Questa caratteristica è pensata anche per permettere la cancellazione dei dati. Ad esempio, cancellando i dati contenuti in Solid e i metadati relativi a IPFS, rimarrebbe solamente l'emissione del *Token* registrata al di sopra della *Blockchain* (ovvero l'hash dello stesso).
All'interno di LinkChains la verifica dei dati è permessa in maniera indipendente agli utenti, tramite un meccanismo chiamato MerQL.

Per il progetto Qualichain, a seguito di una fase di studio e di analisi da parte dei partecipanti al progetto, al fine di seguire un modello aperto e già in utilizzo, è stato scelto di rappresentare le qualifiche ottenibili in campo ad esempio accademico (ma non solo) attraverso il già conosciuto standard Open Badges. Lo standard viene usato in LinkChains per creare qualifiche relative al mondo dell'educazione, con una specifica estensione che permette di rappresentare gli skills ottenuti insieme ad una qualifica. L'utilizzo di standard quali Open Badges possono rendere la soluzione aperta e "parlante" con altre piattaforme per il mutuo riconoscimento dei diplomi.
Ciononostante, l'utilizzo di una *Blockchain* di tipo permissionless come quella di *Ethereum* potrebbe portare dei problemi di scalabilità alla soluzione stessa. Sarà inoltre necessario per i gestori del progetto analizzare le eventuali problematiche relative al rispetto del GDPR, poiché utilizzando una *Blockchain* pubblica e consultabile da chiunque e registrando al suo interno dei dati che riportano al dato originale potrebbero esistere delle problematiche relative al rispetto del diritto all'oblio.

Al momento della scrittura, i partner del Consorzio stanno lavorando all'architettura del progetto, per poi testare i prototipi e il Pilota della soluzione.
Nell'arco dei primi sei mesi di esistenza del progetto, il Consorzio Qualichain ha definito il pilota del progetto, già documentato all'interno di alcuni deliverables, consultabili direttamente all'interno del sito di Qualichain[50].

50 https://qualichain-project.eu/

3.7 Diplomata

Scheda Riassuntiva

Titolo caso d'uso

Diplomata

Data: ***Febbraio 2019***

Breve Descrizione	*Ambito di applicazione*
Diplomata è uno case che mira ad implementare un sistema in grado di permettere la verifica dell'autenticità di un titolo accademico in una maniera privacy-preserving.	Titoli dell'Education universitari.
Approccio alla Blockchain	***Proponente***
Verifiable Credentials	GRNET

Descrizione Estesa

Descrizione funzionale del caso

Diplomata è un sistema che mira a rendere più semplice e sicura la verifica rispetto all'autenticità di titoli accademici. Lo use case è stato proposto nel contesto dell'European *Blockchain* Partnership dalla Grecia, e il suo obiettivo primario è quello di rendere possibile la condivisione e la successiva verifica paper-less dei titoli di studio universitari all'interno del sistema delle università greche. Un grande problema ancora esistente in questo Paese, infatti, riguarda, la difficoltà ancora esistente nel processo di condivisione e successiva validazione dei diplomi di laurea (ad esempio per l'iscrizione ad un master o per la semplice verifica per i più svariati motivi). La maggior parte dei diplomi sono ancora in forma cartacea, e la distanza tra le università greche rende ardua per gli studenti la condivisione dei loro titoli.

Lo use case Diplomata offre una piattaforma per la condivisione e la verifica dei titoli di studio, come sopra menzionato. Gli attori principali che possono beneficiare da tale use case sono i seguenti:

- studenti (greci o non) delle università greche;
- Università greche e i relativi funzionari preposti alla certificazione, condivisione e verifica degli attestati accademici.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Il sistema Diplomata, oltre che alla verifica sull'autenticità del titolo di studio, mira a creare una soluzione che sia focalizzata sulla privacy. Al fine di raggiungere tale obiettivo, il sistema utilizza diverse "tecniche" crittografiche che garantiscono la privacy degli utenti e dei titoli di studio che vengono certificati e condivisi all'interno del sistema. Questo è realizzato grazie alla presenza di un protocollo tecnico che garantisce la privacy ed il funzionamento del sistema e un'applicazione a supporto di tale protocollo.

- Il funzionamento del sistema Diplomata si basa su tre principali ruoli:Issuers, coloro che emettono i titoli di studio (come ad esempio un'università);
- Holders, coloro che detengono i titoli di studio e desiderano condividerli con una qualunque entità (come ad esempio gli studenti);
- Verifiers, ovvero le entità che verificano i titoli di studio presentati dagli Issuers.

A partire dai ruoli sopra descritti, è possibile delineare il workflow dell'applicazione Diplomata. Tale workflow può essere riassunto nei seguenti step:

1. esemplificativamente su richiesta dell'Holder, un Issuer fornisce un titolo a un Holder privatamente. Allo stesso tempo però, l'Issuer crea una prova pubblica relativa al titolo dato all'Holder, apponendo all'interno della *Blockchain* una prova crittografica, che viene denominato AWARD. Tale prova crittografica non contiene alcuna informazione rispetto al titolo o all'Holder al quale esso è associato;
2. l'Holder che ha ottenuto il titolo di studio dall'Issuer vuole ora comprovarlo ad un Verifier. Per svolgere tale comprova, l'Holder dovrà "chiedere" al relativo Issuer (quindi lo specifico ente che ha emesso lo specifico titolo di studio) di provare il possesso del detto titolo, tramite una REQUEST;
3. una volta che l'Issuer "identifica" la richiesta, si occupa di emettere una PROOF relativa al titolo di studio che l'Holder vuole comprovare. Tale PROOF è derivata dall'AWARD iniziale.
4. Quando il Verifier "vede" la PROOF, registrerà sulla *Blockchain* un ACKNOWLEDGMENT, ovvero un riconoscimento della prova;
5. a questo punto l'Issuer scriverà sulla *Blockchain* che il Verifier ha recuperato la corretta informazione, ovvero facendo quello che viene chiamato ADMIT.

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
Ministero dell'Università e della Ricerca
PON RICERCA E INNOVAZIONE 2014 - 2020

Il workflow sopra descritto è essere rappresentato schematicamente nella figura sottostante:

Figura 9

Workflow della soluzione Diplomata ad alto livello

Fonte: documentazione ufficiale di Diplomata

La *Blockchain* utilizzata per lo use case è di tipo permissioned: questo significa che solo gli attori autorizzati (per esempio dall'ente centrale che gestisce lo use case) possono avere un "nodo" della *Blockchain* e quindi scaricare i dati presenti all'interno della *Blockchain*. Tramite i nodi autorizzati, altri attori e lettori potranno "leggere" i dati presenti all'interno della *Blockchain*, senza comunque avere i permessi per scrivere all'interno di essa. Lo use case è un'implementazione che si basa sull'approccio Self Sovereign Identity, e quindi delle *Verifiable Credentials*, così da garantire un'interoperabilità di sistema e rendere la soluzione interessante dal punto di vista della creazione di un ecosistema.

Ciononostante, non è chiaro perché, utilizzando tale approccio, un utente debba "passare" per un Issuer al fine di rendere verificabile il titolo di studio che è stato certificato da quest'ultimo. Questo approccio non sembra realmente in linea con uno standard "*Self-Sovereign*" poiché un utente non può mostrare a piacimento i propri dati relativi ai titoli di studio in suo possesso. Sono stati evidenziati alcuni rischi da parte degli stessi owner dello use case che dovranno essere trattati nei successivi step di sviluppo.

Riguardo allo stato di implementazione della soluzione, un MVP (minimum-viable-product) è previsto per luglio 2019, mentre la fase pilota è prevista per maggio 2020, al fine di ottenere il sistema in produzione a novembre 2020.

Il presente documento è stato realizzato da PwC nell'ambito dell'iniziativa "Contrasto del fenomeno della falsificazione dei titoli e rafforzamento degli strumenti volti a facilitare la mobilità di ricercatori e studenti" finanziata a valere sul Programma Operativo Nazionale "Ricerca e Innovazione" 2014-2020 del Ministero dell'Università e della Ricerca.

pwc

UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Ministero dell'Università e della Ricerca

PON
RICERCA E INNOVAZIONE
2014 - 2020