



Politecnico di Torino

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea di II Livello

*Implementazione della blockchain nella supply
chain di un e-commerce retailer*

Relatore:

Prof. Guido Perboli

Candidato:

Fabio Bagozzi

Anno Accademico 2018/2019

INDICE:

INTRODUZIONE	5
1. BLOCKCHAIN	7
1.1 TIPOLOGIE DI RETI.....	8
1.2 ARCHITETTURA DELLA BLOCKCHAIN	9
1.3 FUNZIONAMENTO BLOCKCHAIN	9
1.4 MECCANISMI DI CONSENSO	10
1.5 SMART CONTRACT	11
1.6 IoT	12
LIMITI ATTUALI	13
2. BLOCKCHAIN: AMBITI APPLICATIVI E IMPLEMENTAZIONE.....	14
2.1 INTRODUZIONE.....	14
2.2 TIPOLOGIE DI BLOCKCHAIN	14
2.3 AMBITI APPLICATIVI.....	16
2.3.1 <i>Blockchain in Finanza e Banche</i>	16
2.3.2 <i>Blockchain nelle Assicurazioni</i>	16
2.3.3 <i>Blockchain nell’Agrifood</i>	16
2.3.4 <i>Blockchain nell’IoT</i>	17
2.3.5 <i>Blockchain nell’ID management</i>	17
2.3.6 <i>Blockchain nella Supply Chain</i>	17
2.4 IMPLEMENTAZIONE DELLA BLOCKCHAIN.....	19
2.5 FASI TEMPORALI DEL PROCESSO DI IMPLEMENTAZIONE	21
3. HYPERLEDGER	25
3.1 INTRODUZIONE.....	25
3.2 HYPERLEDGER FABRIC.....	25
3.3 HYPERLEDGER SAWTOOTH.....	27
3.3.1 <i>PoET</i>	28
3.3.2 <i>Sawtooth Supply Chain</i>	29
3.3.3 <i>Principali differenze tra Sawtooth e Fabric</i>	30
4. MERCATO ECOMMERCE.....	31
4.1 INTRODUZIONE.....	31
4.2 L’ECOMMERCE NEL MONDO.....	31
4.3 L’ECOMMERCE IN EUROPA	32
4.4 L’ECOMMERCE IN ITALIA	33
4.4.1 <i>Crescita in Italia</i>	33
4.4.2 <i>Utenti e penetrazione</i>	34
4.4.3 <i>Top 5 online store per vendite nette</i>	35
AMAZON.IT	35
ZALANDO.IT	36
ESSELUNGAACASA.IT.....	36
5. ANALISI DEL CONTESTO COMPETITIVO	37
5.1 INTRODUZIONE.....	37
5.2 BREVE DESCRIZIONE DELL’AZIENDA	37
5.3 LE 5 FORZE DI PORTER	37
5.3.1 <i>Rivalità tra le imprese esistenti (forte)</i>	38
5.3.2 <i>Potere contrattuale dei fornitori (moderato)</i>	38
5.3.3 <i>Potere contrattuale degli acquirenti (forte)</i>	39
5.3.4 <i>Minaccia di nuovi entranti (debole)</i>	39
5.3.5 <i>Minaccia di prodotti sostitutivi (forte)</i>	40
5.4 ANALISI PESTLE	40

5.4.1 Fattori Politici.....	40
5.4.2 Fattori Economici	41
5.4.3 Fattori Sociali	41
5.4.4 Fattori Tecnologici	42
5.4.5 Fattori Ambientali.....	42
5.4.6 Fattori legali.....	42
6. SUPPLY CHAIN AMAZON.....	44
6.1 DEFINIZIONE DI SUPPLY CHAIN	44
6.2 AMAZON.....	45
6.3 VALUE RING	47
7. LAST MILE LOGISTICS	50
7.1 INTRODUZIONE.....	50
7.2 DEFINIZIONE DI LAST MILE LOGISTICS	50
7.3 STRUTTURA DISTRIBUTIVA DELLA LML	51
7.3.1 Sistema Push	51
7.3.2 Sistema Pull.....	52
7.3.3 Sistema Ibrido	52
7.4 VARIABILI STRUTTURALI	52
7.5 VARIABILI DI CONTINGENZA.....	53
7.6 PROBLEMI ED OBIETTIVI DI UN RETAILER MULTICANALE	54
7.7 AMAZON LML	55
7.7.1 Struttura push	55
7.7.2 Struttura pull.....	56
7.7.3 Struttura ibrida	56
7.7.4 Modalità di trasporto.....	56
8. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE	59
8.1 EFFETTO BULLWHIP.....	61
9. SIMULAZIONE DELLA SUPPLY CHAIN CON SAWTOOTH.....	63
9.1 INTRODUZIONE.....	63
9.2 CONFIGURAZIONE DELLA BLOCKCHAIN	65
9.2.1 Batch e transazioni	66
9.3 SET UP DELLA BLOCKCHAIN.....	67
9.4 TEST 1	67
9.5 TEST 2	70
Step 1: creazione della struttura.....	70
Step 2: movimentazione del pacco	71
9.5.1 Performance.....	74
9.6 TEST 3	75
9.7 CONCLUSIONI E FUTURI SVILUPPI	76
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	78
APPENDICE	81

INDICE DELLE FIGURE:

FIGURA 1 STORIA DELLA BLOCKCHAIN (FONTE ACCENTURE).....	7
FIGURA 2 TIPOLOGIE DI RETI (FONTE BUSINESS INNOVATION THROUGH BLOCKCHAIN, MORABITO)	8
FIGURA 3 TRANSAZIONI E FIRME DIGITALI (FONTE [2])	10
FIGURA 4 TIPOLOGIE DI INTERAZIONE BLOCKCHAIN-IOT (FONTE A. REYNA ET AL. / FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS 88 2018)	12
FIGURA 5 TIPOLOGIE DI BLOCKCHAIN (FONTE BLOCKCHAIN AND PORT LOGISTICS)	15
FIGURA 6 AMBITI APPLICATIVI DELLA BLOCKCHAIN IN ITALIA (FONTE L'OSSERVATORIO BLOCKCHAIN DEL POLITECNICO DI MILANO)	16
FIGURA 7 APPLICAZIONI DELLA BLOCKCHAIN NELLA SUPPLY CHAIN (FONTE DIGITAL BLOCKCHAIN IN SUPPLY CHAIN REPORT, CAPGEMINI)	18
FIGURA 8 STRUTTURA DI UN ES (FONTE BUSINESS INNOVATION THROUGH BLOCKCHAIN, MORABITO)	19
FIGURA 9 STEP DECISIONALI PER L'IMPLEMENTAZIONE DELLA BLOCKCHAIN (FONTE [1])	21
FIGURA 10 FASI DI TRASFORMAZIONE DELLA BLOCKCHAIN (FONTE IANSITI AND LAKHANI)	21
FIGURA 11 APPLICAZIONI DELLA BLOCKCHAIN CLASSIFICATE CON IL FRAMEWORK DI IANSITI E LAKHSNI (FONTE [51])	23
FIGURA 12 UNA RETE FABRIC CON DIVERSI CHAINCODE INSTALLATI SUI PEER (FONTE [18])	26
FIGURA 13 FASI DEL PROCESSO DI AGGIORNAMENTO DEL REGISTRO (FONTE [19])	26
FIGURA 14 FUNZIONAMENTO PoET (FONTE BLOCKCHAINEXPERT.UK)	28
FIGURA 15 RICAVI NEL MERCATO ECOMMERCE	33
FIGURA 16 CRESCITA DEI RICAVI	34
FIGURA 17 NUMERO DI UTENTI	34
FIGURA 18 VENDITE NETTE GLOBALI E CRESCITA DI AMAZON	35
FIGURA 19 RICAVI DIVISI PER CATEGORIA	35
FIGURA 20 AMAZON SUPPLY CHAIN (FONTE SYRACUSE UNIVERSITY)	36
FIGURA 21 LE 5 FORZE DI PORTER	37
FIGURA 22 ANALISI PESTEL	40
FIGURA 23 OPERAZIONI DI GESTIONE PRODOTTI AMAZON	45
FIGURA 24 FUNZIONAMENTO SERVIZIO FBA (FONTE CPCSTRATEGY.COM)	46
FIGURA 25 STRUTTURE DISTRIBUTIVE DELLA LML (FONTE STANLEY FREDERICK W.T. LIM, XIN JIN, JAGJIT SINGH SRAI, (2018) "CONSUMER-DRIVEN E-COMMERCE: A LITERATURE REVIEW, DESIGN FRAMEWORK, AND RESEARCH AGENDA ON LAST-MILE LOGISTICS MODELS)	51
FIGURA 26 CRESCITA DEI COSTI DI SPEDIZIONE DI AMAZON (FONTE STATISTA)	57
FIGURA 27 AMAZON CUSTOMER JOURNEY LOOP (FONTE MEDIUM.COM)	58
FIGURA 28 THROUGHPUT E STALE BLOCK RATE (FONTE [45])	59
FIGURA 29 TIME OF PURCHASE (FONTE STATISTA)	60
FIGURA 30 NUMERO DI ORDINI PER FASCE ORARIE	60
FIGURA 31 CURVA NUMERO ORDINI PER FASCE ORARIE	61
FIGURA 32 INCREMENTO DELLA VARIABILITÀ LUNGO LA SUPPLY CHAIN (FONTE LEE ET AL., 1997 [46])	62
FIGURA 33 PROCESSO ORDINE AMAZON PRIME	62
FIGURA 34 SUPPLY CHAIN (FONTE [55])	63
FIGURA 35 ARCHITETTURA DI UNA RETE SAWTOOTH (FONTE [56])	65
FIGURA 36 ATTORI E BATCH	68
FIGURA 37 PASSAGGI DI CUSTODIA DELL'ASSET	69
FIGURA 38 PROPOSTE DI PASSAGGIO DI CUSTODIA	69
FIGURA 39 ASSET E WAREHOUSES: SCENARIO INIZIALE	71
FIGURA 40: DELIVERY1	72
FIGURA 41 START DELIVERY	72
FIGURA 42 AGGIORNAMENTO POSIZIONE ASSET IN SEGUITO A START DELIVERY1	72
FIGURA 43 VALORI WH IN SEGUITO END DELIVERY1	73
FIGURA 44 STOP DELIVERY: EFFETTO SU DELIVERY E DC	73
FIGURA 45 AGGIORNAMENTO POSIZIONE ASSET NEL DC	73
FIGURA 46 POSIZIONE ASSET CONSEGNA FINALE	74
FIGURA 47 END DELIVERY2	74

Introduzione

La Blockchain può essere definita come un database distribuito che registra transazioni tra nodi in una rete P2P. Tali transazioni sono registrate in modo indelebile e cronologicamente ordinato, formando la cosiddetta “catena di blocchi”. Nata originariamente sotto forma di Bitcoin, grazie alle proprietà di essere trasparente, condivisa e indipendente da un’autorità centrale, si è successivamente sviluppata in diverse direzioni e ambiti applicativi, come la supply chain; è proprio questo l’ambito di applicazione considerato nel seguente lavoro; in particolare sarà analizzata la filiera di un operatore e-commerce come Amazon.

Le attuali supply chain sono gestite principalmente da ES (Enterprise Systems), i quali dipendono da un database centrale, che raccoglie informazioni a supporto delle differenti aree di business; nelle supply chain così strutturate sono presenti diverse inefficienze, quali assenza di trasparenza e tracciabilità dei beni, processi largamente manuali e prone ad errori, variabilità ed effetto bullwhip, documentazione cartacea etc. Inoltre, di tutti i segmenti della supply chain, l’ultimo miglio è considerato come quello meno efficiente, più costoso e più inquinante. L’implementazione della Blockchain nel contesto della supply chain si pone l’obiettivo di risolvere in parte o del tutto tali problemi, assicurando così benefici per tutti gli attori presenti. Questo però non significa che la Blockchain sia una soluzione ad hoc per ogni realtà aziendale; occorrerà un’attenta fase di analisi e verifica dell’effettiva necessità di una sua adozione, e in seguito di scelta della tipologia di Blockchain maggiormente adatta. Nel caso considerato è stato scelto l’utilizzo della piattaforma Hyperledger Sawtooth, in quanto presenta caratteristiche specifiche per i contesti aziendali.

La letteratura riguardante l’utilizzo della Blockchain nella supply chain presenta alcuni esempi di applicazione, come quello dell’agrifood analizzato in “Blockchain in Logistics and Supply Chain: a Lean approach for designing real-world use cases”. Proseguendo sulla traccia del seguente lavoro, sono stati identificati dapprima gli attori presenti nella filiera, valutando per ognuno, mediante il value ring, i problemi e i benefici che l’adozione della Blockchain apporterebbe.

Questo lavoro però prosegue oltre, effettuando una simulazione della filiera analizzata tramite la piattaforma Sawtooth; è stato costruito uno scenario nel quale un asset è movimentato lungo la filiera tra gli attori precedentemente identificati e, ad ogni passaggio, le informazioni definite precedentemente relative ad attori e asset sono registrate sulla blockchain; in questo modo tali informazioni sono condivise tra tutti gli attori, assicurando così la trasparenza e la tracciabilità ricercata proprio dall’utilizzo della blockchain.

Il primo capitolo è dedicato ad introdurre l’argomento Blockchain: dopo una descrizione dell’architettura della stessa, viene illustrato il principio di funzionamento di validazione dei blocchi; successivamente sono presi in analisi altri elementi strutturali, quali i meccanismi di consenso, gli smart contract e l’IoT, per illustrare infine i limiti della tecnologia nell’attuale stato dell’arte.

Il secondo capitolo, dopo una descrizione delle diverse tipologie di blockchain presenti (pubbliche/private e permissioned/permissionless), passa ad illustrare alcuni ambiti applicativi nei quali la blockchain troverebbe impiego; in seguito il focus sarà rivolto al processo di implementazione nei contesti aziendali, dimostrando come sia necessaria un’attenta fase di analisi prima di un suo effettivo utilizzo.

Il terzo capitolo è rivolto ad una breve presentazione delle piattaforme Hyperledger Fabric e Hyperledger Sawtooth, pensate per aiutare gli sviluppatori a implementare soluzioni per contesti aziendali, pertanto blockchain private e permissioned/permissionless.

Il quarto capitolo descrive lo scenario nel quale stiamo operando: quello del mercato e-commerce in Italia. Dopo un’analisi del mercato a livello globale ed europeo, l’attenzione sarà

rivolta al mercato italiano, analizzando i fattori di crescita e di potenziale ostacolo alla stessa, identificando inoltre quali sono i principali player nello scenario italiano.

Il quinto capitolo prosegue quanto analizzato nel capitolo precedente, valutando però il contesto competitivo nel quale opera l'impresa in esame, ovvero Amazon Italia. Sono identificate le principali forze esterne che determinano il livello di competizione nel mercato dell'e-commerce; per fare questo saranno utilizzati strumenti di analisi quali le 5 forze di Porter e l'analisi PESTLE.

Il sesto capitolo, dopo un'introduzione dedicata a spiegare brevemente cos'è la supply chain, analizza la struttura della filiera di Amazon in Italia, identificando tutti gli attori e i processi in essa presenti. A supporto di quest'analisi è utilizzato lo strumento del value ring, nel quale sia gli attori che i relativi problemi e benefici derivanti dall'adozione della blockchain sono ordinati in ordine di priorità decrescente.

Il settimo capitolo analizza il concetto di last mile logistic (LML), dandone prima una definizione e illustrando in seguito le possibili strutture distributive; sono analizzate tre diverse tipologie, ovvero push, pull e hybrid, e sono applicate al contesto di Amazon.

Nell'ottavo capitolo è dimensionata la rete della piattaforma utilizzata, ovvero Sawtooth. Per quanto riguarda le prestazioni e il numero di TPS supportati da Sawtooth non è possibile ottenere valori assoluti, in quanto variano fortemente in base alle caratteristiche della piattaforma stessa. La rete dovrà gestire un numero di ordini giornaliero che varia tra le 5.000 e 25.000 unità. In questo capitolo è presente inoltre un approfondimento sull'effetto bullwhip.

Il nono capitolo presenta la parte simulativa dell'intero lavoro, effettuata mediante la piattaforma Sawtooth. Dopo una parte descrittiva degli attori, degli asset e delle relative informazioni che saranno registrate sulla blockchain, si passa a descrivere il set-up della piattaforma, configurata con 5 client e 5 validatori. Nelle sezioni successive sono presenti le fasi di test vere e proprie, nelle quali, simulando diversi scenari, si passa a dimostrare la capacità della blockchain di registrare in modo immutabile i dati relativi alla movimentazione di un asset lungo la filiera considerata.

1. Blockchain

L'intenzione di questo capitolo è fornire un background sulla tecnologia della blockchain in modo da chiarirne il funzionamento, gli aspetti chiave e le principali applicazioni.

La blockchain può essere definita come un registro transazionale distribuito tra nodi collegati in una rete di comunicazioni peer-to-peer (P2P). Affinché una transazione sia registrata deve essere raggiunto un accordo tra i partecipanti mediante un meccanismo di consenso; in questo modo nessuno può modificare i dati senza il permesso degli altri partecipanti.

Condividendo il database tra più nodi la blockchain elimina la necessità di intermediari, che erano precedentemente necessari per verificare, coordinare e registrare le transazioni.

Nonostante la sua storia recente (vedi figura 1), la blockchain si sta evolvendo verso molteplici applicazioni e declinazioni, allontanandosi anche dal concetto originale di Bitcoin, sviluppato da Nakamoto nel 2009.

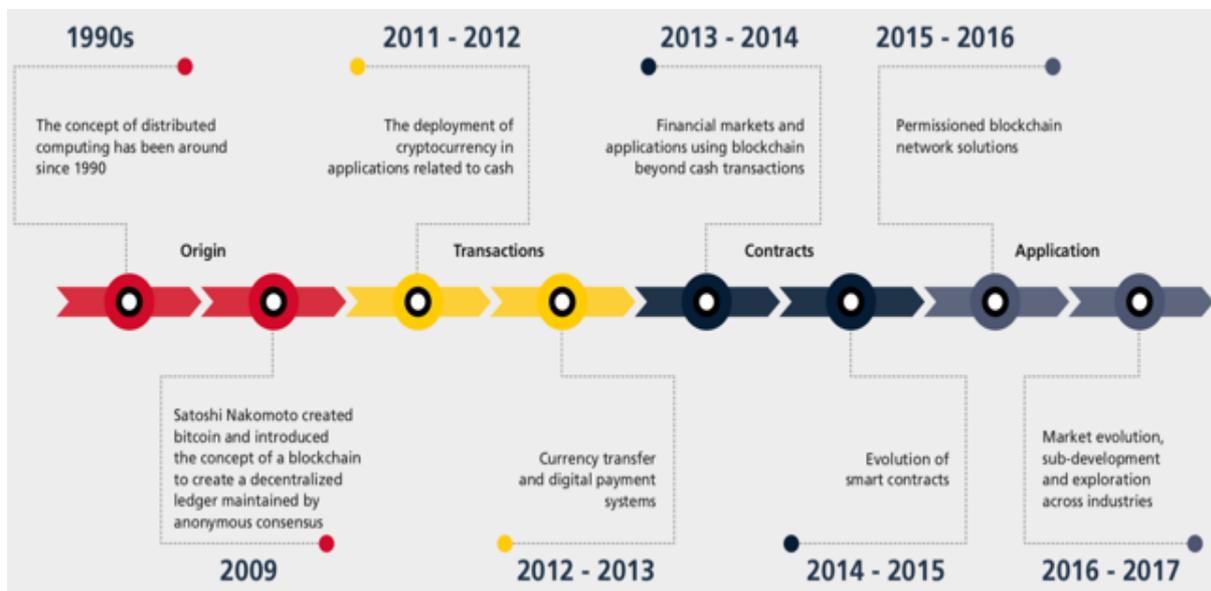


Figura 1 Storia della Blockchain (fonte Accenture)

Prima di ulteriori discussioni sulla tecnologia della blockchain verrà fornita una descrizione della sua prima vera applicazione: il Bitcoin. Nato nel 2009, l'intenzione del Bitcoin era di rivoluzionare i sistemi di pagamento. Consiste in una moneta virtuale, il bitcoin, scambiata tra utenti, definiti nodi, che partecipano alla rete. Comparata ad altre monete virtuali, Bitcoin ha ottenuto una diffusione relativamente ampia poiché è stato il primo a risolvere il problema della doppia spesa. Questo consiste nel fare una transazione digitale mantenendo al contempo la copia originale della moneta scambiata. Per risolvere questo rischio il Bitcoin è basato su un "distributed ledger scheme", che sostituisce l'intermediario centralizzato nel suo ruolo di registrare ogni transazione [6]. Ma poiché ognuno può leggere e scrivere sul registro, potrebbero sorgere dei problemi di sicurezza qualora qualche attore tentasse di manomettere il ledger; Bitcoin offre una soluzione a questo problema, creando un incentivo a comportarsi correttamente. Alcuni attori, chiamati miner, raggruppano le transazioni in blocchi risolvendo un problema computazionale (proof of work) che richiede hardware con un'elevata capacità di calcolo; i miner che creano un blocco con successo sono ricompensati con bitcoin, creando così un forte incentivo ad agire correttamente. Infatti, il processo di mining, oltre ad essere dispendioso dal punto di vista computazionale richiede un enorme quantitativo di energia elettrica, scoraggiando così eventuali hacker ad agire scorrettamente [3].

Molte persone considerano erroneamente Blockchain e Bitcoin come termini intercambiabili della stessa tecnologia. Tuttavia, il Bitcoin rappresenta solo una delle molteplici applicazioni della tecnologia blockchain.

1.1 Tipologie di Reti

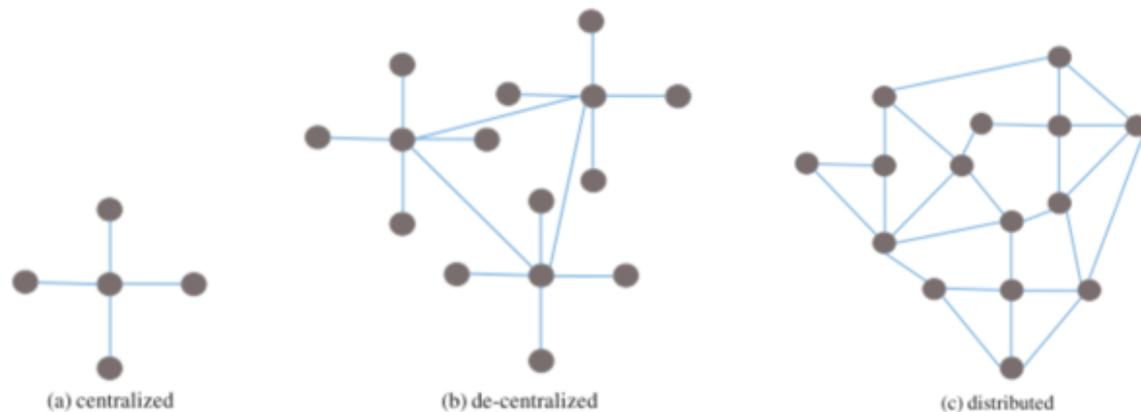


Figura 2 Tipologie di reti (fonte *Business Innovation Through Blockchain*, Morabito)

Nel contesto di una rete blockchain, un nodo è definito come un'entità computazionale che comunica e lavora insieme ad altri nodi per completare una transazione; può operare sia su hardware fisico che virtuale. Nella maggior parte delle reti blockchain (Bitcoin, Ethereum, Hyperledger Burrow, Hyperledger Indy, Hyperledger Iroha, Hyperledger Sawtooth) ogni nodo svolge una determinata azione, come generare blocchi, propagare blocchi etc. In queste reti uno o più nodi assumeranno temporaneamente il ruolo di leader. Tuttavia, in alcune reti (come Hyperledger Fabric) i nodi svolgono invece più ruoli [52].

In una rete centralizzata, come mostrato in figura 2, tutte le risorse, hardware e software, sono immagazzinate in un singolo punto. Tutti gli altri sistemi devono connettersi a questo nodo per avere accesso alle risorse ogni volta che ne hanno bisogno [1]; anche se questo sistema offre maggior controllo, non è trasparente ed inoltre, compromettendo questo singolo punto di accesso, si avrebbe accesso a tutti i dati.

Un sistema decentralizzato alloca le risorse hardware, software e computazionali a diverse work station. Le risorse sono quindi divise tra i nodi e ogni nodo richiede all'altro la risorsa che necessita utilizzare [1].

La blockchain è un registro distribuito di blocchi che conserva transazioni valide che sono state eseguite sulla rete P2P. Ogni blocco contiene una marca temporale della creazione e un hash, o puntatore, che collega ogni blocco al precedente; questo continuo collegamento forma una catena. La struttura distribuita è la caratteristica chiave riguardante la blockchain. Un network distribuito, a differenza di network centralizzati e decentralizzati, è un sistema dove i dati e le risorse sono replicati su vari nodi. Ogni nodo conserva un registro delle transazioni che intercorrono tra i vari nodi della rete. I nodi si identificano uno con l'altro tramite l'indirizzo IP, mentre ogni nodo può mandare una transazione ad ogni altro nodo della rete se conosce la chiave pubblica del ricevente, senza nessuna autorità centrale coinvolta nella transazione; l'assenza di un server centrale rafforza quindi la sicurezza del sistema [6].

Consideriamo infine il concetto di rete peer-to-peer; in una rete di questo tipo i nodi possono comunicare direttamente uno con l'altro senza la necessità di un'autorità centrale. Non sono presenti gerarchie in quanto ogni nodo è allo stesso livello ma, in base alla tipologia di blockchain, i nodi possono però svolgere diverse funzioni, come miner, validatore, database etc.

1.2 Architettura della Blockchain

Considerando un blocco, esso è una struttura che registra transazioni che andranno poi incluse nel registro. Una transazione è un passaggio di stato che cambia i dati della blockchain da un valore ad un altro [52].

Un blocco comprende: la testa (block header), una lista di transazioni valide, l'hash del blocco precedente ed il proprio hash; un singolo blocco può contenere più di 500 transazioni ed il numero di transazioni in ogni blocco è chiamato "Block Height" [1].

In riferimento al block header, se un blocco è alterato l'hash cambia e i corrispondenti hash di tutti i blocchi successivi della catena dovranno cambiare anch'essi affinché la catena sia ancora riconosciuta come valida; questo modello a cascata di hash assicura che un blocco non può essere modificato senza forzare un cambiamento in almeno l'80% dei blocchi della catena. L'enorme potenza computazionale ed energetica richiesta per svolgere questa operazione rende la blockchain praticamente immutabile; più blocchi sono aggiunti alla catena e più questa diventa sicura [1].

Il block header contiene tre set di dati: il puntatore al blocco precedente (hash), una serie di informazioni quali marca temporale e proof of work ed infine un resoconto di tutte le transazioni contenute nel blocco.

Il primo blocco di una catena viene chiamato blocco genesi ed ogni nuovo blocco è aggiunto in cima al precedente. Pertanto, ogni blocco può essere identificato in due modi: il suo hash crittografico e la sua posizione nella catena (block height). Nonostante l'identificativo primario è l'hash crittografico, creato tramite l'algoritmo SHA256, la sua posizione nella catena o la sua distanza dal blocco di genesi possono essere usate per identificare il blocco; questa posizione potrebbe però non essere univoca a causa della presenza di biforcazioni della catena (fork). Un hard fork avviene quando sono effettuati aggiornamenti al linguaggio di programmazione o alla tecnologia sottostante la blockchain; nell'ambito delle criptomonete se il fork non venisse risolto, porterebbe a due differenti versioni della moneta, cosa che potrebbe comprometterne il valore [1].

1.3 Funzionamento Blockchain

Ogni nodo della rete possiede un set di chiavi: una privata e una pubblica. Quella privata è usata per criptare la transazione prima che sia mandata, come mostrato in figura 3. Per inviare una transazione il mittente necessita della sua chiave privata e della chiave pubblica del ricevente. Prima di essere registrata sulla Blockchain, la transazione deve essere sottoposta a due fasi: una di firma e una di verifica; la criptazione dei dati da parte del mittente tramite la chiave privata è definita come la fase di firma; la fase di verifica consiste invece nella soluzione di un problema computazionale (proof of work), che assicuri che la stessa transazione non avvenga due volte [6]. La proof-of-work comporta la ricerca di un valore che, una volta sottoposto ad hashing (ad esempio con SHA-256), restituisca un hash che inizia con un numero di zero bit. In questa fase avviene anche la marcatura temporale del blocco, che rafforza ulteriormente la sicurezza della catena associando al blocco una data ed un'ora legalmente valide.

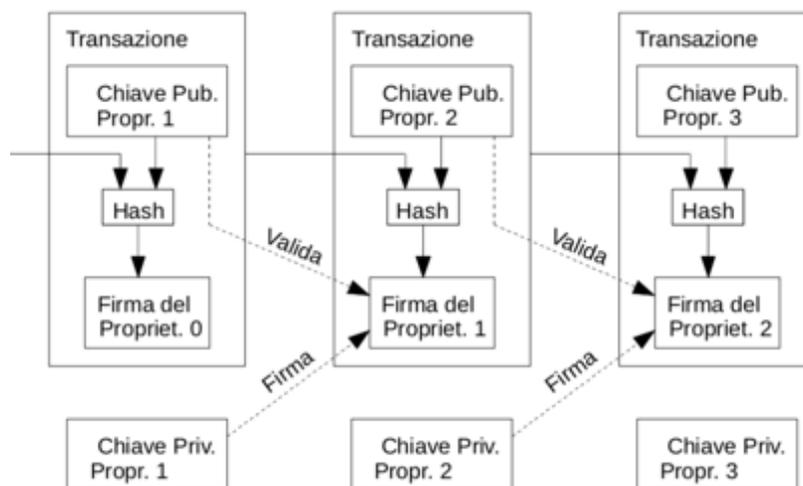


Figura 3 Transazioni e firme digitali (fonte [2])

Il meccanismo di transazione può essere suddiviso in cinque fasi [7]:

1. Transaction Definition: il mittente genera la transazione specificando i dettagli della chiave pubblica del ricevente e il valore della transazione. Inoltre, questa transazione deve essere autorizzata con la firma digitale crittografica del mittente, che verifica che la transazione sia valida e sicura.
2. Transaction Authentication: una volta inviata alla rete, la transazione è ricevuta dai nodi, i quali la autenticano decriptando la firma digitale. Questa transazione attende in un pool di transazioni sospese finché un blocco non viene creato.
3. Block Creation: ogni nodo della rete prende in carico la transazione combinandola con altre transazioni in attesa e creando un blocco; in seguito ogni nodo lavora per risolvere il proof of work relativo al proprio blocco e, una volta risolto, lo trasmettono a tutti gli altri nodi.
4. Block Validation: i nodi incaricati di validare il blocco ricevuto lo accettano solo se tutte le transazioni in esso sono valide e non sono già state spese.
5. Block Chain: dopo che ogni transazione registrata in un blocco è stata accettata, il nuovo blocco è collegato all'ultimo blocco della catena. La versione aggiornata della catena viene quindi inviata alla rete, che la accetta come la versione aggiornata sulla quale futuri blocchi verranno registrati. I nodi esprimono l'accettazione del blocco mediante il tentativo di creare il prossimo blocco della catena, utilizzando l'hash del blocco accettato come hash precedente.

1.4 Meccanismi di Consenso

La blockchain è un sistema che utilizza la crittografia per rendere sicure le transazioni. Questo concetto porta ad una ridefinizione del ruolo dell'intermediario come garante della validità del sistema. La fiducia ora si basa sul meccanismo del consenso, processo nel quale la maggioranza (o in molti casi anche tutti) dei validatori della rete giungono ad un accordo riguardo lo stato del registro. Ci sono molteplici meccanismi di consenso che sono stati sviluppati negli ultimi anni.

Gli elementi principali di un meccanismo di consenso sono [1]:

- Struttura decentralizzata: nessuna autorità centrale può finalizzare processi o transazioni
- Quorum: i nodi scambiano messaggi tramite un set predefinito di passaggi
- Autenticazione: questo protocollo serve a verificare l'identità dei partecipanti
- Integrità: rafforza la validazione e verifica dell'integrità del processo

- Non ripudio: serve per verificare che il mittente abbia effettivamente inviato il messaggio
- Privacy: questo protocollo assicura che solo gli effettivi destinatari di un messaggio ne abbiano accesso
- Tolleranza all'errore: configurazione della rete che assicura che l'efficienza e la velocità delle operazioni non siano compromesse dal fallimento di singoli nodi o server.

Bitcoin si basa sul meccanismo della “catena più lunga”, dove la catena con il maggiore “proof of work” è definita come quella valida. Tuttavia, alcune limitazioni dell'originale tecnologia della Blockchain (come scalabilità, flessibilità, riservatezza) hanno spinto l'esplorazione di nuovi meccanismi di consenso. Nuove piattaforme hanno provato a creare meccanismi maggiormente scalabili e più efficienti dal punto di vista energetico per raggiungere il consenso tra i nodi della rete. Il meccanismo “proof of work (PoW) deriva dagli studi di Dwork, il quale per primo introdusse il protocollo di sicurezza della rete, e Noar, che formulò delle teorie riguardo l'hash cash proof of work; questo concetto consiste nel risolvere un problema computazionale matematico per collegare l'hash relativo alla transazione con quello dell'ultimo blocco registrato sulla blockchain. Tuttavia, tale processo computazionale deve essere supportato da hardware molto potente, che pertanto sarà estremamente energivoro. Moltiplicando l'energia consumata per una singola transazione per il totale delle transazioni richieste al secondo, si avrà una grande richiesta di energia sia elettrica che di calcolo [6]. Per compensare l'aumento della velocità dell'hardware nel corso del tempo, la difficoltà della proof-of-work è determinata da una media mobile che ha come obiettivo la creazione di un numero medio di blocchi ogni ora (circa un blocco ogni 10 minuti). Se i blocchi vengono generati troppo velocemente, la difficoltà aumenta.

Il meccanismo “proof of stake” (PoS) rappresenta una valida alternativa allo schema PoW, poiché basato su una procedura computazionale più efficiente. Anche se i blocchi sono generati in modo simile al PoW, la procedura di hashing avviene in uno spazio di ricerca limitato, invece dello spazio illimitato del PoW. In questo modo la transazione può essere processata in minor tempo e il sistema sarà più veloce e meno energivoro. Tuttavia, questo sistema non è privo di rischi, come quello di centralizzazione [6]. Infatti, la probabilità che un miner sia scelto per la creazione di un blocco dipende dalla quantità di “monete” da esso possedute e non dal potere computazionale.

Esiste inoltre una versione ibrida tra il PoW e il PoS, che combina il processo di mining del primo con l'efficienza energetica del secondo. In questa versione il blocco è creato dal miner con il maggior conio, rappresentato dal totale delle monete possedute dal miner e dall'arco di tempo di proprietà delle monete [1].

Oltre a questi ne esistono diversi altri, utilizzati dalle numerose piattaforme blockchain nate negli ultimi anni; tra questi il Proof of Elapsed Time (PoET) usato da Sawtooth, Byzantine Fault Tolerance usato da Fabric, Tangle, Proof of Authority, Proof of Burn etc.

1.5 Smart Contract

I contratti sono accordi che forniscono alle parti coinvolte un insieme di diritti e obbligazioni necessari a stabilire relazioni di lungo termine.

Nel 1993 Nick Szabo ha definito gli smart contract come “*a computerized transaction protocol that execute the terms of a contract*” [48]. Gli smart contract pertanto sono programmi che detengono i termini di un accordo contrattuale e implementano tale accordo assicurando fiducia e trasparenza tra le parti; sono quindi parti di codice inclusi nella Blockchain, e sono formulati con la struttura “if this then do that”. Tali codici sono implementati in cima alla Blockchain e assicurano un taglio dei pesanti compensi richiesti dagli intermediari. Inoltre, non solo riducono

la possibilità di errori umani o frodi, ma incrementano la privacy e l'efficienza dal punto di vista dei costi e dell'energia [6].

La più importante piattaforma blockchain per l'implementazione di smart contract è Ethereum; essa permette a chiunque, tramite un semplice linguaggio di programmazione, di scrivere smart contract e sviluppare applicazioni decentralizzate nelle quali scegliere le proprie regole di accesso e le funzioni di transazione [49].

1.6 IoT

Internet of Things (IoT) è un neologismo nato per definire gli oggetti reali connessi ad internet, che possono così interagire con la rete fornendo dati ed informazioni in tempo reale; questa tecnologia sta subendo una crescita esponenziale nell'industria e nella ricerca, ma ancora soffre di problemi di privacy e sicurezza; questo perché attualmente vengono utilizzati principalmente servizi di cloud computing per la raccolta e lo scambio di dati. L'architettura centralizzata di questi sistemi non permette la trasparenza dei dati scambiati, che sono inoltre vulnerabili a possibili attacchi informatici. Questi problemi possono essere risolti mediante l'integrazione con la blockchain, che ha il potenziale per rivoluzionare l'IoT, fornendo un ambiente sicuro e trasparente per la registrazione dei dati [48]. L'informazione fornita dai device IoT può non solo essere immagazzinata nella blockchain, fornendo dati in tempo reale sullo stato del dispositivo, ma anche abilitare transazioni tra gli stessi usando gli smart contract. L'intera supply chain può essere rivoluzionata equipaggiando gli eventuali colli o container con uno smart tracker GSM o LTE connesso a Internet e ad una blockchain [6].

Quando si effettua quest'integrazione una decisione fondamentale riguarda decidere dove l'interazione avrà luogo: all'interno dell'IoT, tramite la blockchain, o mediante un sistema ibrido che coinvolge IoT e blockchain. Queste soluzioni (mostrate in figura 4) sono di seguito descritte [48]:

- IoT-IoT: i dispositivi IoT sono in grado di comunicare tra di loro, senza l'utilizzo della blockchain; solo una parte dei dati è registrata sulla blockchain. Questo approccio va bene in scenari dove i dati IoT scambiati sono affidabili, e dove la latenza è bassa.
- IoT-Blockchain: tutte le interazioni passano attraverso la blockchain, permettendo una tracciabilità completa dei dati; questo però implica la necessità di una maggiore capacità di banda, che è uno dei problemi principali dell'utilizzo della blockchain.
- Soluzione ibrida: solo una parte delle interazioni e dei dati saranno registrati sulla blockchain. Rispetto al primo approccio però vengono anche utilizzate soluzioni di fog computing (struttura intermedia tra cloud e IoT che registra solo i dati di dispositivi terminali come router, gateway etc.) e di cloud computing, per integrare i limiti della blockchain e dell'IoT.

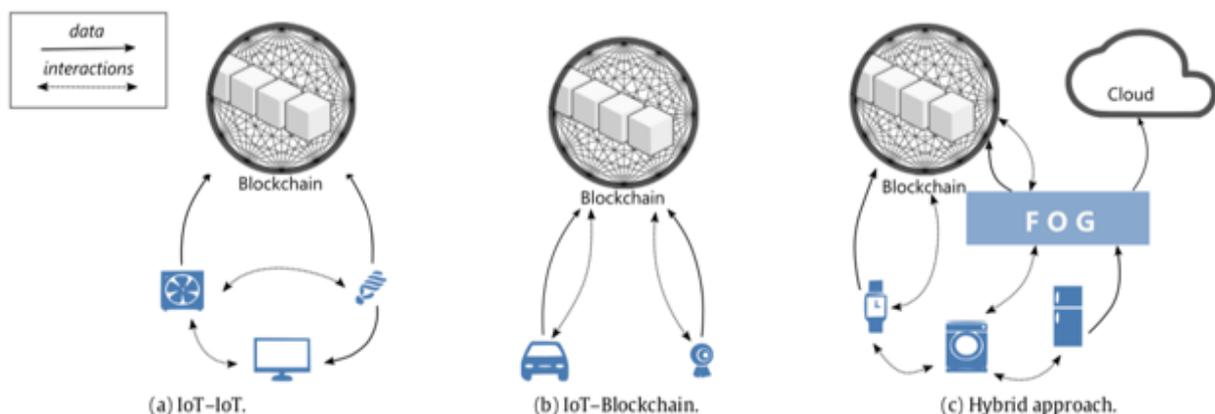


Figura 4 Tipologie di interazione blockchain-IoT (fonte A. Reyna et al. / Future Generation Computer Systems 88 2018)

Limiti attuali

Arrivati a questo stadio iniziale dello sviluppo della tecnologia blockchain, risulta evidente come ci siano ancora numerose sfide tecnologiche da superare, alcune delle quali potrebbero essere risolte ricorrendo a blockchain private o consorzi invece di sistemi aperti.

I principali limiti dell'attuale tecnologia sono [4][5]:

- **Throughput:** rappresenta un limite alla scalabilità delle transazioni; infatti le blockchain pubbliche, come Bitcoin ed Ethereum, possono effettuare circa 7-15 tps (transactions per second). Questo rappresenta un limite alla scalabilità, soprattutto se paragonato a quello dei tradizionali sistemi di pagamento tramite carte di credito VISA, che possono processare da 2.000 fino ad un massimo di 50.000 tps. Tuttavia, nel campo della finanza, l'utilizzo di piattaforme blockchain private come Hyperledger Fabric, in grado di processare circa 3.500 tps, potrebbe essere una soluzione al problema.
- **Latenza:** rappresenta un ulteriore limite alla scalabilità; i sistemi tradizionali come VISA impiegano pochi secondi per effettuare una transazione, mentre utilizzando Bitcoin sono necessari circa 10 minuti; questo perché, per garantire la sicurezza del processo, è necessario spendere maggior tempo per ogni transazione, verificando che questa non sia già stata effettuata (problema del double-spending). Nuovi sviluppi della tecnologia stanno cercando di risolvere il problema, come ad esempio Lightning Network, nel quale i pagamenti avvengono su canali creati appositamente che possono essere sfruttati per transazioni successive; alla chiusura del canale solo le operazioni di apertura e chiusura saranno registrate sulla blockchain, consentendo di ridurre drasticamente il numero di transazioni registrate.
- **Dimensione e capacità di banda:** al momento, la dimensione della blockchain della rete Bitcoin ammonta a 189.000 MB (novembre 2018); quando il throughput crescerà ai livelli di VISA, la dimensione della rete potrebbe crescere di 214 PB (Petabyte, ovvero 10^{15} byte).
La dimensione media di un blocco è circa 1 MB, e un blocco è creato circa ogni 10 minuti; con l'attuale capacità di banda c'è un limite al numero di transazioni che ogni blocco può contenere (circa 500). Per aumentare questo valore sarà necessario risolvere questi problemi di capacità.
- **Sicurezza:** le più comuni piattaforme finanziarie, come Bitcoin, potrebbero soffrire di un problema di accentrimento; imprese o individui che hanno un'enorme disponibilità economica potrebbero investire in hardware specifico per il mining, controllando la rete e manipolando così il mercato. Il più importante problema di sicurezza dei sistemi blockchain è infatti il cosiddetto 51% attack, ovvero quando un nodo riesce ad ottenere il controllo del 51% della rete.
- **Consumo di risorse:** come già detto in precedenza, il processo di mining comporta un notevole consumo di energia elettrica. Il problema computazionale da risolvere nel proof-of-work è estremamente dispendioso; numerose alternative meno energivore sono già presenti, come proof-of-stake; sono inoltre presenti alternative che si basano su algoritmi di estrazione casuale come la Proof of Elapsed Time usata in Hyperledger Sawtooth.
- **Usabilità:** necessità di sviluppare API (Application Programming Interface) maggiormente developer-friendly, in quanto quelle attuali sono difficili da utilizzare.

2. Blockchain: Ambiti Applicativi e Implementazione

2.1 Introduzione

Nel precedente capitolo è stata analizzata la blockchain dal punto di vista tecnico, illustrandone i principi di funzionamento, gli elementi strutturali e le principali limitazioni dell'attuale tecnologia.

In questo capitolo l'attenzione sarà invece posta sui possibili ambiti applicativi e successivamente sul processo di implementazione; la distinzione tra blockchain permissioned e permissionless permette di comprendere la necessità di adottare una tipologia di blockchain che si adatti al contesto nel quale l'azienda opera. Dopo aver analizzato alcuni esempi di applicazione, il focus sarà rivolto sul contesto operativo del presente lavoro di tesi, ovvero la supply chain.

Una fase cruciale è rappresentata dal processo di implementazione della blockchain, soprattutto considerando la necessità di integrazione con i sistemi ES (enterprise system) attualmente usati dalle imprese; in questa classificazione rientrano i sistemi ERP (enterprise resource planning), CRM (customer relationship management), SCM (supply chain management) etc. Verranno considerati alcuni dei principali problemi presenti in questa fase, proponendo alcuni step decisionali da prendere, e analizzando in seguito un framework, proposta da Iansiti e Lakhani, che illustra le diverse fasi temporali di evoluzione della tecnologia blockchain.

2.2 Tipologie di Blockchain

Il concetto originale di blockchain, sviluppato da Satoshi Nakamoto nel 2008, era di una piattaforma completamente pubblica e decentralizzata. Tuttavia, questa struttura non è adatta ad ogni possibile applicazione, in quanto un contesto aziendale potrebbe richiedere diverse configurazioni relative al livello di sicurezza e di controllo della rete. Pertanto, può essere fatta una classificazione bi-dimensionale delle diverse architetture della blockchain, come mostrato in figura 5: pubblica/privata e permissioned/permissionless.

La distinzione tra pubblica e privata è basata sul livello di accessibilità: pubblica è una configurazione della blockchain che permette a chiunque di effettuare transazioni; il singolo utente non necessita il permesso di alcuna terza parte per unirsi alla rete. Una blockchain privata invece coinvolge un numero limitato di utenti che possono leggere e avere accesso ai dati; tutti i partecipanti sono conosciuti e fidati.

La distinzione tra permissioned e permissionless è basata invece sul diritto di registrare dati e validare sulla piattaforma. In una blockchain permissioned solo un numero limitato di partecipanti può proporre aggiornamenti del registro e partecipare alla fase di verifica. Invece nelle blockchain permissionless (delle quali Bitcoin è l'applicazione più famosa) chiunque ha uguali diritti di proporre aggiornamenti del registro e partecipare alle fasi di verifica. Di seguito vengono analizzate le diverse configurazioni, tralasciando la configurazione permissionless e privata dato il suo scarso utilizzo sul mercato [6]:

- Permissionless Public Ledger: è accessibile da qualunque utente (sconosciuto/non fidato), il quale può accedere al registro ed effettuare transazioni. Queste piattaforme sono caratterizzate da molti "miner" o validatori sconosciuti e non fidati (es. Bitcoin ed Ethereum)
- Permissioned Public Ledger: queste piattaforme sono create nell'interesse di una comunità, nelle quali un numero non limitato di utenti può avere accesso al ledger. Sono caratterizzate da "miner" o validatori fidati e conosciuti (es. R3, Ripple, IBM Hyperledger)

- **Permissioned Private Ledger:** accesso consentito esclusivamente ad un numero definito di utenti conosciuti e fidati. Queste piattaforme sono caratterizzate da uno o più “miner” fidati/conosciuti (es. Chain, Bankchain, Setl, Domus Tower).

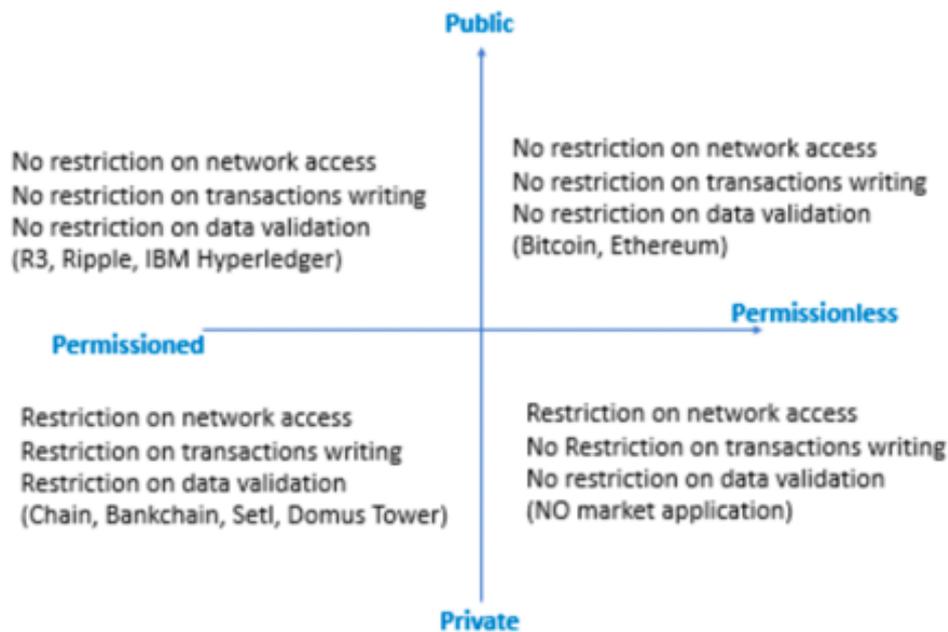


Figura 5 Tipologie di Blockchain (fonte Blockchain and port logistics)

Nelle Permissioned Blockchain sono necessarie i seguenti elementi strutturali [8]:

- **Infrastruttura:** è costituita da reti e da nodi. Le Blockchain Permissioned devono poter contare su reti private o chiuse affidabili e ampiamente testate. La sicurezza di queste soluzioni è direttamente legata alla capacità di garantire l'impenetrabilità della rete da parte di soggetti che non siano autorizzati.
- **Ecosistema:** questa tipologia di blockchain prevede che i diversi attori presenti condividano in modo rigoroso gli stessi valori e le stesse regole. Il principio vale anche per le imprese esterne che sono chiamate a fornire servizi di Private Blockchain sia a livello di infrastruttura, di sviluppo di applicazioni e di servizi. Tutti gli attori devono cooperare per dare vita a un ecosistema, ovvero condividere le regole di governance in tutte le attività di progettazione, sviluppo e gestione della blockchain.
- **Applicazioni:** la componente applicativa in tali blockchain è strettamente legata alle logiche tecnologiche e di governance specifiche delle singole imprese. Quest'ultime, oltre alle software house, ai system integrator o gli application provider che creano soluzioni per le Permissioned Blockchain, sono chiamati a lavorare in forma di partnership rigorosamente stretta e controllata con i fornitori di infrastrutture.
- **Governance:** è parte integrante del processo progettuale e rappresenta la base sulla quale vengono poi attuate le attività di produzione, come un insieme di regole che permettono di garantire l'assoluta sicurezza della blockchain per tutti gli attori, oltre al raggiungimento degli obiettivi di business delle imprese e delle organizzazioni che saranno chiamate a utilizzarla.

La Blockchain quindi non è soltanto Bitcoin; la moneta virtuale è infatti solo una delle sue possibili applicazioni. Priva di gestione centralizzata, infatti, permette di inviare qualsiasi dato in maniera sicura, tagliando drasticamente la catena degli intermediari, e permettendo quindi uno scambio di dati sicuro tra due persone, senza dover utilizzare mezzi di terze parti quali ad esempio un servizio di cloud computing esterno.

2.3 Ambiti applicativi

Vediamo quindi quali sono i principali ambiti applicativi della Blockchain.

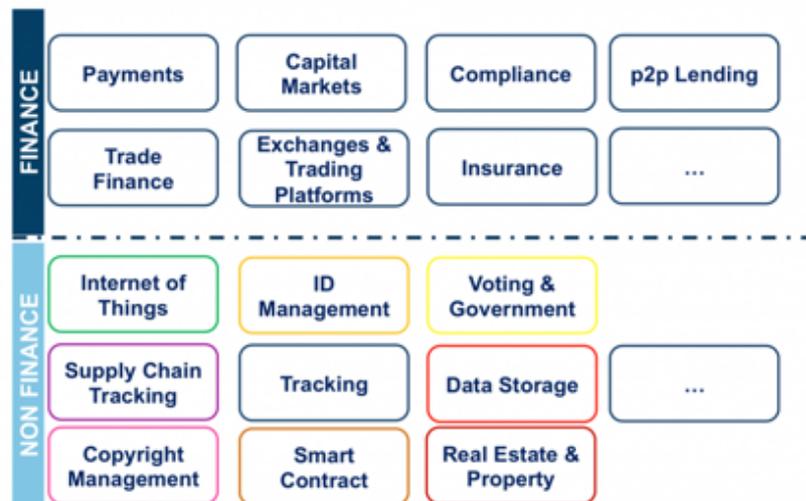


Figura 6 Ambiti applicativi della Blockchain in Italia (fonte l'Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano)

2.3.1 Blockchain in Finanza e Banche

La Finanza è tra i settori con i maggiori investimenti in relazione alla Blockchain. Infatti, non essendoci intermediari a gestire le transazioni, il suo utilizzo abbatterebbe i costi delle commissioni delle banche, permettendo risparmi, velocità e affidabilità delle transazioni. Nell'ambito del trading e dei servizi finanziari alcuni esperimenti di applicazioni della blockchain sono già stati realizzati; nel 2015 NASDAQ, il secondo mercato azionario per capitalizzazione di mercato, ha lanciato Linq, una piattaforma blockchain per lo scambio di asset finanziari. Il funzionamento dello scambio di azioni implica procedure complesse che risultano inefficienti in termini di tempi e costi; l'adozione della blockchain permetterebbe di ridurre significativamente l'attuale complessità del sistema. La strada verso una piena implementazione dovrà risolvere problemi come la scalabilità, standard comuni, regolamentazioni e legislazioni, ma rivoluzionerà il sistema dei mercati di capitali, assicurando efficienza e trasparenza [9].

2.3.2 Blockchain nelle Assicurazioni

L'utilizzo della blockchain nel mondo delle assicurazioni ha il potenziale per automatizzare numerosi processi, tramite l'utilizzo di smart contract e tecnologie IoT. La blockchain potrebbe eliminare gli errori e le inefficienze dell'attuale sistema assicurativo, fornendo un registro delle transazioni condiviso che permetterebbe di verificare facilmente i dati assicurativi relativi a clienti, le polizze sottoscritte e le richieste di risarcimento. Inoltre, ridurrebbe il numero di frodi, grazie alla trasparenza e alla veridicità dei dati.

Nell'ottica di un'integrazione completa, la complementarità della blockchain con altre tecnologie, quali IoT, Big Data, Intelligenza Artificiale etc., apre la strada ad innumerevoli opportunità di applicazione. Ad esempio, nel mondo dell'automotive i premi delle assicurazioni sono calcolati utilizzando variabili che sono proxy di qualità, come età, sesso, residenza etc. L'utilizzo di veicoli connessi, i cui dati sarebbero registrati sulla blockchain, permetterebbe alle compagnie assicurative una migliore gestione del rischio e una forma di previsione specifica per ogni cliente.

2.3.3 Blockchain nell'Agrifood

Nell'agrifood la blockchain trova un ottimo ambito applicativo; alcune delle caratteristiche che possono risultare utili in questo settore sono la tracciabilità e la trasparenza per chi vuole

indicare la provenienza del proprio cibo utilizzando la blockchain, l'affidabilità, l'immutabilità e la conservazione delle informazioni.

I benefici della blockchain appaiono particolarmente importanti per l'industria della trasformazione e per tutte le attività e gli sviluppi legati alla certificazione alimentare. La blockchain consente di creare delle filiere aperte in cui tutti gli attori (produttori di materie prime, imprese che si occupano di logistica e trasporti, imprese che operano sulle materie prime a vari livelli di trasformazione, aziende che lavorano su packaging e marketing ed infine i retailer) possono conferire dati e informazioni e controllare, con la massima trasparenza, quelli di tutti gli altri attori. Questi dati possono infine essere messi a disposizione dell'utente finale [8].

2.3.4 Blockchain nell'IoT

Anche nell'IoT la blockchain trova una grande utilità: grazie alla sua facilità di scambio dati, infatti, questa tecnologia potrebbe essere utilizzata per facilitare la comunicazione tra oggetti IoT connessi, oltre a rendere lo scambio di dati più sicuro e veloce. La blockchain è poi utilizzata come piattaforma per soluzioni che hanno lo scopo di gestire l'identità delle cose: grazie alla corretta identificazione è possibile dare vita a soluzioni di certificazione delle filiere basate anche sui dati che arrivano dalle cose e lavorare alla certificazione di supply chain. Oggi è importante rendere sempre più sicuro il riconoscimento end-to-end di oggetti virtuali o fisici, perché è con questi oggetti che si concretizza l'intermediazione delle persone stesse nelle transazioni [8].

2.3.5 Blockchain nell'ID management

L'esplosione dell'e-commerce ha evidenziato il problema relativo alla sicurezza delle informazioni che devono essere fornite per completare gli acquisti. Prima che ogni transazione sia approvata, ogni utente deve fornire le proprie informazioni personali, oltre ai dati relativi alle carte o agli strumenti finanziari utilizzati per il pagamento. Queste informazioni sono quindi registrate su diversi database, diventando esposte a potenziali attacchi di hacker; inoltre le aziende stesse potrebbero condividere tali dati a terzi, senza il consenso del proprietario dei dati. L'utilizzo della blockchain permetterebbe di creare una piattaforma sicura dove registrare tali informazioni, riducendo il rischio di furti e frodi digitali; inoltre permetterebbe agli utenti di creare un'unica identità digitale crittografica che potrebbe essere utilizzata per tutte le transazioni digitali [10] [11].

2.3.6 Blockchain nella Supply Chain

Grazie alla blockchain le aziende coinvolte in una specifica supply chain possono disporre di un database digitale dove vengono registrate in tempo reale le transazioni relative a tutti i flussi che avvengono lungo la filiera.

In una supply chain l'utilizzo della blockchain assicurerebbe una tracciabilità quasi in tempo reale dei prodotti, grazie ad informazioni sicure condivise in modo trasparente tra tutti i membri della filiera; eliminerebbe inoltre i tentativi di frode e ridurrebbe la propagazione di errori. Infine, questa tecnologia permetterebbe di ridurre i costi operativi, eliminando il ruolo degli intermediari. Tutti questi vantaggi sarebbero raggiunti grazie all'esecuzione di smart contracts, data analytics e combinando la blockchain con altre tecnologie come IoT e cloud computing.

Vengono di seguito elencati alcuni scenari nei quali, all'interno della supply chain, l'implementazione della blockchain apporterebbe dei benefici [14]:

- Le aziende negoziano i prezzi in base, ad esempio, al volume di prodotti acquistati. Attualmente i vantaggi di costo, derivanti dall'acquisto di un maggior volume di prodotti dai fornitori, sono contrapposti alle difficoltà di tenere traccia del volume relativo derivante dai singoli partner. Ad oggi, nelle grandi imprese vengono allocate molte persone con lo scopo di gestire le operazioni legate alle attività di acquisto dei

beni necessari all'impresa; è possibile eliminare questi costi attraverso l'utilizzo della blockchain: i dati delle operazioni di acquisto potrebbero essere registrati automaticamente ed in tempo reale, individuando il soggetto responsabile dell'attività. In questo modo risulterebbe più semplice attribuire i benefici legati all'ottenimento di un determinato rapporto quantità/prezzo alla risorsa in questione.

- Per compensare informazioni incomplete o imprecise riguardo la quantità e la collocazione di prodotti o materiali, le aziende sono spesso costrette ad aumentare il volume delle giacenze di magazzino per evitare il rischio di stock-out. Anche se il costo di tali giacenze è minore rispetto a una mancata vendita, questo è ben lontano dall'essere gratuito (si incorre infatti in ulteriori costi come, ad esempio, quelli derivanti dall'obsolescenza dei prodotti tecnologici). La blockchain in questo caso garantirebbe un monitoraggio della domanda più accurato e un miglioramento delle previsioni. In tal modo si garantirebbe un livello di servizio maggiore con livelli di inventario decisamente inferiori, limitando il rischio di stock-out e riducendo l'effetto bullwhip.
- Ogni volta che viene stipulato un contratto tra aziende, i tempi di consegna e di pagamento sono differiti: la merce viene consegnata ed i pagamenti vengono effettuati successivamente alla consegna. Nei contratti si definisce un periodo di pagamento, tuttavia nella realtà questi tempi spesso si allungano oltre i termini concordati. Quando l'erogazione della prestazione o della fornitura avviene in un momento antecedente alla riscossione del pagamento, si crea un disallineamento che porta ad un aumento del capitale circolante dovuto ai crediti a breve termine. Attraverso l'ausilio di smart contract sarebbe possibile digitalizzare i contratti stipulati tra le imprese, coinvolgendo contemporaneamente tutti gli attori coinvolti nella transazione; in questo modo ad esempio, al momento della consegna della merce, potrebbe essere inviata automaticamente una prova dell'avvenuta ricezione, e contestualmente una fattura potrebbe essere emessa e pagata dal sistema bancario. Un simile utilizzo indurrebbe una riduzione di capitale circolante e semplificherebbe drammaticamente le operazioni finanziarie.

Una ricerca condotta da Capgemini ha individuato, come mostrato in figura 7, una serie di casi d'uso e di applicazioni della blockchain nella supply chain, classificati in base al livello di complessità e di adozione.

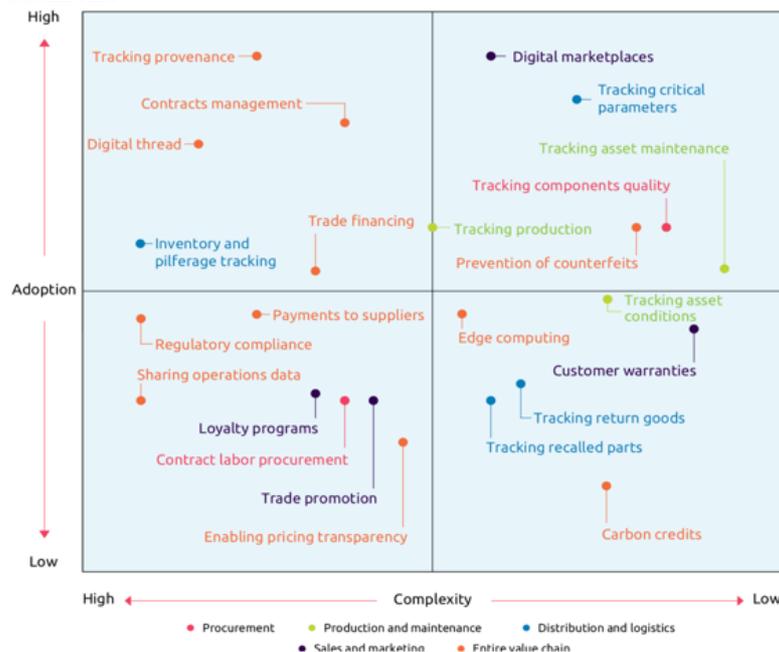


Figura 7 Applicazioni della blockchain nella supply chain (fonte Digital Blockchain in Supply Chain Report, Capgemini)

Nonostante tutti questi possibili utilizzi nel contesto della supply chain, l'utilizzo della blockchain non deve essere visto come una soluzione as-is adatta a tutti problemi, ma piuttosto come una base di partenza per migliorare il proprio sistema di gestione ed evolverlo nel tempo a seconda delle necessità. L'impresa deve però essere sicura che una sua implementazione sia veramente necessaria, verificando la possibilità di alternative come un'integrazione o un miglioramento dell'attuale sistema di gestione della supply chain. La blockchain risulta la scelta giusta se sono verificate le seguenti necessità:

- Tracciabilità e autenticità dei prodotti
- Eliminazione o riduzione dei costi degli intermediari
- Eliminazione o riduzione dei processi manuali e della documentazione cartacea
- Integrazione e gestione di tutti gli attori della catena.

2.4 Implementazione della Blockchain

I principali benefici derivanti dall'adozione della blockchain sono l'immutabilità delle transazioni, il consenso (usando la rete per verificare e validare le transazioni), la decentralizzazione e la disintermediazione. Le aziende attualmente utilizzano principalmente ES (Enterprise Systems), pacchetti di software applicativi che supportano i processi di business, il flusso di informazioni e l'analisi dei dati; tali pacchetti nei moderni ES fanno affidamento su un database centrale, il quale raccoglie informazioni da una serie di applicazioni e al contempo fornisce dati per supportare le varie funzioni di business, come mostrato in figura 7 [1].



Figura 8 Struttura di un ES (fonte *Business Innovation Through Blockchain*, Morabito)

L'obiettivo dell'implementazione della blockchain in qualsiasi impresa dovrebbe essere quello di essere il meno "disruptive" possibile nei confronti del sistema preesistente. Una possibile soluzione è quella di integrare la tecnologia della blockchain con l'ES, così da beneficiare della caratteristica della prima di tenere traccia in modo immutabile delle transazioni, insieme alla documentazione dell'ES come canale per altre applicazioni quali business intelligence, reporting e analisi dati; in questo modo ogni applicazione, precedentemente indipendente, potrebbe comunicare direttamente con le altre o con applicazioni esterne, favorendo una crescita della velocità del sistema e delle decisioni di business. Tuttavia, tali benefici sono possibili solo dopo un'approfondita analisi dell'impatto della blockchain sul proprio business e dell'effettiva necessità di una sua implementazione; il suo impiego infatti dovrebbe avvenire

in concomitanza con tutta una serie di fattori, come la necessità di registrare transazioni tra due o più parti, quella di maggiore sicurezza, di riduzione degli errori manuali, di disintermediazione etc.

La blockchain può servire da connettore software tra diverse applicazioni in un ES, in quanto facilita la comunicazione tramite il registro condiviso e decentralizzato, la coordinazione e la validazione delle transazioni.

Ogni nodo in una rete blockchain presenta due livelli: application e blockchain; i componenti dell'application sono implementati all'interno dei connettori della blockchain sotto forma di smart contracts [1].

Una delle decisioni fondamentali che riguardano l'implementazione della blockchain corrisponde a quali dati mantenere on-chain e quali off-chain; un'altra decisione è la tipologia di accesso: pubblico, privato o consorzio/comunità. La figura 9 illustra una serie di decisioni strutturali da prendere nell'adottare la blockchain all'attuale ES e alla propria tipologia di business:

Blockchain Design Decision 1
Techniques for scaling up the Blockchain for transaction processing: carry out transaction off-chain, scalable protocol, increase the size of blocks on the blockchain
Blockchain Design Decision 2
Choice of the consensus mechanism: Proof of Work, Proof of Stake, Proof of Elapsed Time etc.
Application Design Decision 1
Capacity: on-chain (limited computation power and data storage) Capacity: off-chain (more computation power and data storage, less cost, additional trust required)
Application Design Decision 2
Public blockchain: larger scale, information transparency, Private blockchain: restricted access, easier management, better privacy
Application Design Decision 3
Single blockchain: easier chain and permission management, harder data management and isolation Multiple blockchain: information isolation, harder chain and permission management
Application Design Decision 4

External validation oracle: introduce a third party that will be trusted by the whole network Internal validation oracle: resolve the problem of trust of the external source
Application Design Decision 5
Permissionless versus Permissioned blockchain; trade-off between performance, cost, censorship, reversibility, flexibility

Figura 9 Step decisionali per l'implementazione della blockchain (fonte [1])

2.5 Fasi temporali del processo di implementazione

In accordo con Iansiti e Lakhani:

“La blockchain non è una tecnologia disruptive, che può attaccare un tradizionale modello di business con una soluzione low-cost, permettendo di superare le imprese incumbenti velocemente.

La blockchain è una tecnologia fondamentale: ha il potenziale per creare nuove fondamenta per i nostri sistemi economici e sociali; ma anche se l'impatto sarà enorme, impiegherà decenni per integrarsi nelle nostre infrastrutture economiche e sociali. Il processo di adozione sarà graduale e costante, non improvviso.”

Per poter capire quali applicazioni della blockchain avranno maggiore diffusione, con particolare riferimento al contesto nel quale stiamo operando, utilizziamo il framework di Iansiti e Lakhani (figura 9); esso categorizza le implicazioni derivanti dall'adozione di una tecnologia sulla base di due dimensioni: livello di novità e livello di coordinazione richiesto. Il primo rappresenta il grado di novità di un'applicazione nel mondo, e più sarà alto maggiore sarà lo sforzo necessario per far capire quale problema risolve. La seconda dimensione rappresenta il livello di coordinazione richiesto, ovvero il numero e la diversità di parti coinvolte che devono lavorare insieme per generare valore con questa tecnologia [12].

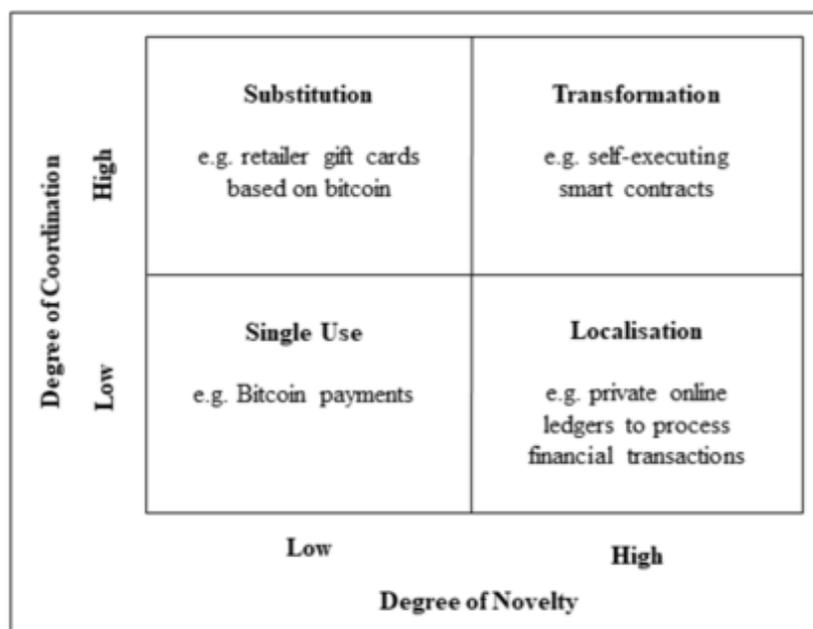


Figura 10 Fasi di trasformazione della Blockchain (fonte Iansiti and Lakhani)

Ogni quadrante rappresenta uno stage dello sviluppo di questa tecnologia [13]:

- **Single use:** applicazioni con un basso livello di novità e coordinazione, che creano soluzioni migliori e meno costose rispetto a quelle attuali; un esempio è Bitcoin, che offre un immediato valore alle persone che lo usano come metodo alternativo di pagamento
- **Localisation:** comprende innovazioni che sono relativamente nuove, ma che necessitano di un numero limitato di utenti per generare valore, favorendone così l'adozione. Ad esempio, l'utilizzo di distributed ledger per creare reti private nella quale più organizzazioni sono connesse.
- **Substitution:** applicazioni che hanno un grado relativamente basso di novità, poiché si basano su applicazioni esistenti single-use e localizzate, ma necessitano di un elevato grado di coordinazione; l'intenzione di queste innovazioni è di sostituire interamente alcune aree di business, ma si scontrano con elevate barriere all'ingresso e con processi profondamente inseriti nelle organizzazioni.
- **Transformation:** applicazioni che potrebbero cambiare la natura sociale, politica ed economica dei sistemi coinvolti. Un esempio attuale potrebbe essere l'utilizzo degli smart contracts nelle transazioni.

Di seguito verranno analizzati i quattro scenari nell'ambito dell'adozione della blockchain nella supply chain e nella logistica, identificando alcune delle principali applicazioni e piattaforme già presenti sul mercato (figura 10); con piattaforma si intende l'infrastruttura tecnica che è alla base delle varie applicazioni, le quali invece sono limitate ad uno specifico bisogno. Ad esempio, Hyperledger è una piattaforma, e al suo interno comprende diverse applicazioni; in base alla classificazione precedente [12] [13] [51]:

- **Single-use:** per molte aziende il modo migliore per iniziare ad implementare la blockchain è tramite applicazioni single-use; esse minimizzano il rischio poiché sono basate su sistemi preesistenti e necessitano di poca coordinazione con terze parti. Sviluppare proof of concept o prototipi aiuterà le imprese a generare le competenze necessarie per applicazioni più avanzate. Ad esempio, utilizzando la blockchain come database interno per gestire asset fisici e digitali permetterebbe l'adozione di questa tecnologia in un ambiente controllato, consentendo di valutare le implicazioni su un livello di scala inferiore. In questa fase pilota è fondamentale includere tutti gli attori rilevanti, per poter procedere successivamente all'espansione del progetto. Un esempio di applicazione single use è la start-up Fluent, il cui obiettivo è favorire pagamenti veloci, sicuri e semplici tra aziende, banche e istituti finanziari, in modo da creare una supply chain globale. Altre applicazioni che rientrano nel caso single-use, e il cui obiettivo è facilitare i pagamenti all'interno delle supply chain favorendo l'integrazione e lo scambio di informazioni tra i vari attori, sono: Wave, Tallysticks e SolasVGM.
- **Localisation:** è lo step successivo, nel quale le imprese cercano di risolvere problemi specifici nell'area delle transazioni; nello scambio di beni e informazioni con i sistemi attuali sono necessarie numerose operazioni manuali e di generazione di documenti cartacei, che incidono tra il 15 e il 50% sul costo di transazione. La blockchain offre una soluzione a questo problema, digitalizzando le transazioni ed eliminando così inutili documenti cartacei. Ad esempio, Skuchain, sviluppata in collaborazione con un consorzio di banche internazionali, ha l'obiettivo di eliminare tali inefficienze lungo la supply chain. Un'altra applicazione è Chain of Things, il cui progetto è creare una soluzione integrata di Blockchain e IoT, per garantire sicurezza e interoperabilità nell'ambiente industriale. Provenance invece vuole assicurare la provenienza di ogni bene fisico, creando un "passaporto" digitale mediante l'utilizzo della blockchain; i

benefici sono per il cliente finale, che può accedere alla storia e all'origine del prodotto, ma anche per tutti gli altri attori della catena.

- **Substitution:** sviluppare queste applicazioni richiede un'attenta pianificazione, poiché le soluzioni esistenti potrebbero essere difficili da sostituire. Una soluzione potrebbe essere implementare applicazioni che non producano cambiamenti significativi delle abitudini degli utenti finali, ma rappresentino soluzioni più efficienti ed economiche. La piattaforma Hyperledger, sviluppata da IBM, fornisce un ambiente di sviluppo nel quale è possibile creare applicazioni open-source e standardizzate, il cui utilizzo va dalla finanza, alle banche, IoT, supply chain etc.
- **Transformation:** applicazioni che necessitano di una trasformazione dell'attuale business model e dell'accettazione da parte di molteplici attori, sia interni che esterni. In questo senso l'IoT potrebbe cambiare completamente la logistica e la supply chain; tuttavia l'attuale infrastruttura non è in grado di supportare un così elevato numero di dispositivi e dati, quindi sarà necessario attendere diversi anni prima di una sua completa implementazione. Oltre all'IoT un'altra applicazione trasformativa sono gli smart contracts, che renderebbero automatiche le transazioni eliminando il ruolo degli intermediari. Anche qui però saranno necessari diversi anni prima di una sua completa implementazione, in quanto è necessario stabilire standard e regole universalmente valide.



Figura 11 Applicazioni della blockchain classificate con il framework di Iansiti e Lakshmi (fonte [51])

Nonostante la blockchain abbia il potenziale per generare vantaggi sostanziali, incrementando l'efficienza delle operazioni e riducendo i costi di transazione, devono essere superati diversi ostacoli prima che questa tecnologia possa raggiungere un'adozione diffusa nella logistica e nelle supply chain. Raggiungere un'adozione industriale è infatti fondamentale e determinerà il successo della blockchain in questo campo.

La tecnologia in sé, così come gli attori che la utilizzeranno, genera maggiori benefici quando sono inclusi molteplici membri nella rete; le esternalità di rete vengono infatti raggiunte quando l'adozione raggiunge una massa critica; in particolare la maggiore difficoltà nell'implementazione della blockchain risiede nella necessità che tutti gli attori siano inclusi nella piattaforma. Questo sarà inizialmente difficile da ottenere dati i diversi livelli di predisposizione tecnologica dei vari attori. Inoltre, ulteriori sfide sono rappresentate dallo sviluppo di standard e dai costi per migrare dai sistemi preesistenti alla piattaforma blockchain; il settore industriale, data la sua natura competitiva, sarà caratterizzato da molteplici blockchain private, rendendo così essenziale sviluppare standard che consentano l'interoperabilità tra i diversi sistemi [12].

Considerando l'obiettivo e i servizi offerti da un enterprise system e le qualità di una blockchain pubblica o privata, la tipologia che maggiormente si adatta ad un sistema aziendale preesistente è sicuramente quella privata. Le blockchain pubbliche garantiscono affidabilità e fiducia, tuttavia nel mondo delle imprese tale proprietà non è strettamente necessaria in quanto i nodi della rete fanno parte dell'impresa stessa e pertanto sono già fidati. Le blockchain pubbliche sono inoltre inefficienti per quanto riguarda il numero di transazioni al secondo (3-20/s); combinando blockchain private con enterprise system è possibile ottenere i seguenti benefici [1]:

- Riduzione degli errori nell'ingresso dei dati
- Archiviazione dei dati: un modello di archiviazione decentralizzato e autonomo, come quello della blockchain, può essere una valida alternativa alle soluzioni centralizzate tipiche degli ES; questo modello elimina la dipendenza da un'autorità centrale e permette una condivisione dei dati sicura tra i nodi della rete. In questo modo ogni nodo può verificare e tenere traccia autonomamente di una transazione
- Sicurezza e privacy: una blockchain privata riduce qualsiasi tentativo di frode o minaccia dei dati
- Consenso: le transazioni non sono valide senza il consenso di tutti i nodi incaricati di validarle
- Smart contracts per pagamenti automatici: il rilascio di fondi avviene solo quando determinate condizioni sono verificate. Sistemi di pagamento che non forniscono informazioni aggiornate e in tempo reale possono determinare inefficienze in tutte le aree di business dell'impresa; quindi muovendosi verso tali sistemi di pagamento e integrandoli con l'ES, sarà possibile scoprire tali inefficienze ed eventuali frodi.

3. Hyperledger

3.1 Introduzione

Per aiutare le imprese ad implementare soluzioni di blockchain sono sorte alcune piattaforme di sviluppo tra le quali Hyperledger, un progetto della Linux Foundation, è la più famosa; è stata definita un “ombrello” per le comunità di sviluppatori che studiano la blockchain e le relative tecnologie open-source. È stata annunciata formalmente nel dicembre 2015 da 17 aziende in uno sforzo collaborativo per promuovere lo sviluppo e l’adozione in diverse industrie e mercati della tecnologia blockchain. Attualmente, con oltre 130 membri in tutto il mondo, è il progetto con la maggiore crescita nella storia della Linux Foundation [15].

3.2 Hyperledger Fabric

IBM inizialmente contribuì al progetto chiamato Hyperledger Fabric, che attualmente conta oltre 400 tra prototipi, proof-of-concept e applicazioni in sistemi di produzione “distributed-ledger” in diversi settori e casi d’uso; come altre tecnologie relative alla blockchain, ha un registro, utilizza smart contracts ed è un sistema tramite il quale i partecipanti gestiscono le loro transazioni. La differenza rispetto agli altri sistemi blockchain è nella sua natura privata e permissioned; i membri della rete vengono riconosciuti tramite il “Membership Service Provider” (MSP), che fornisce ad ognuno di essi un’identità.

Hyperledger Fabric offre anche diverse opzioni innestabili; i dati possono essere memorizzati in diversi formati, il meccanismo di consenso può essere cambiato e sono supportati diversi MSP.

Inoltre, permette di creare dei canali, tramite i quali un gruppo di partecipanti può creare un registro separato di transazioni; quest’opzione è particolarmente importante per quelle reti dove alcuni partecipanti potrebbero essere dei competitor e non vogliono che tutti conoscano i dettagli di una determinata transazione.

Gli smart contracts, chiamati anche “chaincode”, sono attivati da un’applicazione esterna alla blockchain ogni volta che tale applicazione necessita di interagire con il registro; chaincode può essere implementato in diversi linguaggi di programmazione (es Go, Java, Node.js).

Pertanto, Fabric è una permissioned blockchain che fornisce servizi di registrazione delle transazioni ai suoi utenti; in molti casi più organizzazioni e imprese si uniscono per formare un consorzio che stabilisce il set di regole e policies che determineranno il funzionamento della rete; tali regole potranno essere cambiate nel corso del tempo in base agli accordi delle organizzazioni facenti parte del consorzio [16].

Una rete Fabric è formata da [17] [18]:

- Registri: ogni registro è composto da un database (chiamato world state) che descrive lo stato del registro in un determinato momento, e da un registro delle transazioni (transaction log) che registra tutte le transazioni che hanno portato allo stato corrente del world state. Ogni canale ha un registro e ogni nodo mantiene una copia del registro per ogni canale del quale è membro
- Smart contracts (chaincode): è un codice, invocato da un’applicazione client esterna alla rete della blockchain, che gestisce l’accesso e le modifiche di una serie di valori del world state; chaincode è installato nei nodi
- Nodi: sono entità della rete che mantengono un registro e attivano smart contracts per effettuare operazioni di lettura/scrittura sul registro; i nodi della rete Fabric svolgono una delle seguenti funzioni, come mostrato in figura 10: client, che inviano proposte di transazione per l’esecuzione e nel caso di approvazione inviano la transazione; i nodi “approvatori”, che approvano le proposte e validano le transazioni; ordering service, un insieme di nodi che dispone le transazioni in blocchi

- Canali: è una struttura privata della blockchain che permette la riservatezza dei dati; un registro specifico per il canale è condiviso tra i nodi dello stesso, che devono essere correttamente autenticati per poter interagire
- Fabric Certificate Authorities (CA): distribuisce i certificati alle organizzazioni per poter accedere alla rete; possono esserci uno o più CA nella rete. Inoltre, le applicazioni client di proprietà delle organizzazioni nel consorzio usano i certificati per autenticare le proposte di transazione, e i nodi li usano per approvare le proposte e inviarle al registro se sono valide.

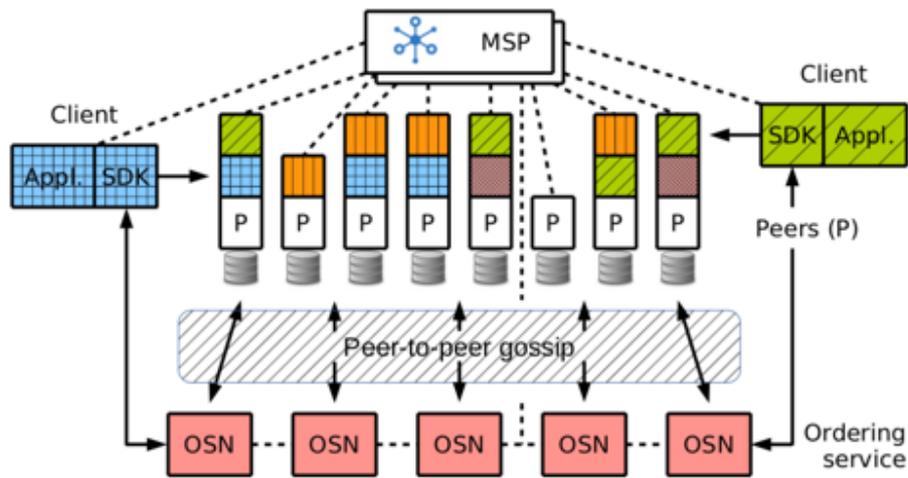


Figura 12 Una rete Fabric con diversi chaincode installati sui peer (fonte [18])

Nello specifico, un'applicazione che vuole aggiornare il registro è coinvolta in un processo che comprende 3 fasi principali, come mostrato in figura 11; nella prima l'applicazione lavora con un sottoinsieme di nodi "approvatori", ognuno dei quali approva la proposta di modifica del registro, ma non applica tale modifica alla propria copia del ledger. Nella seconda fase, le approvazioni sono riunite insieme come transazioni e impacchettate in un blocco. Nella fase finale questi blocchi sono distribuiti ad ogni nodo, dove le transazioni possono essere verificate prima di essere applicate alla propria copia del registro [19].

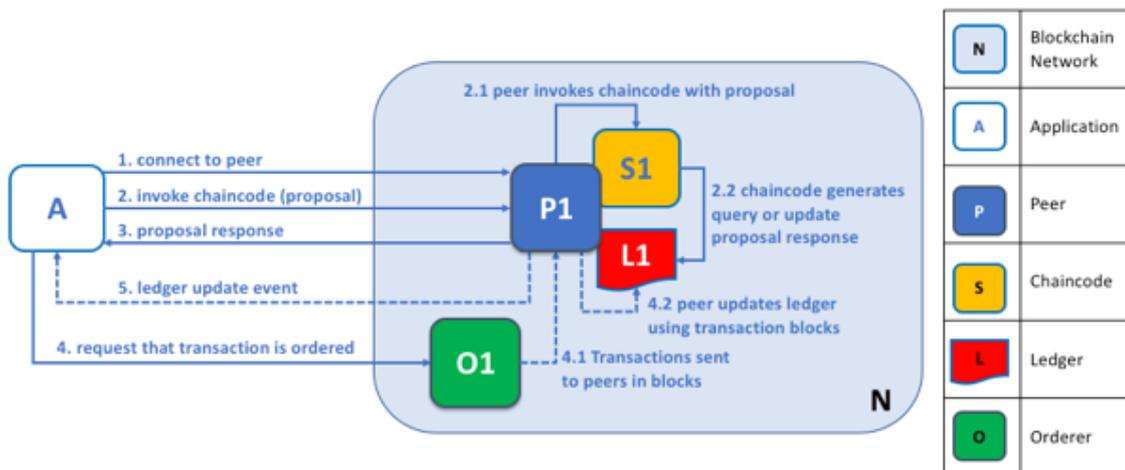


Figura 13 Fasi del processo di aggiornamento del registro (fonte [19])

3.3 Hyperledger Sawtooth

Hyperledger Sawtooth è una piattaforma blockchain, inizialmente sviluppata da Intel, per aiutare le imprese a costruire applicazioni e reti usando la tecnologia distributed ledger; invece di un database unico e centralizzato, ogni partecipante ne detiene una copia e verifica le transazioni, facendo parte di un protocollo che assicura un accordo universale sullo stato del ledger. Ogni ledger distribuito deve contenere i seguenti elementi [20]:

- Modello di dati: per rappresentare lo stato corrente del ledger
- Linguaggio delle transazioni: per cambiare lo stato del ledger
- Protocollo: per raggiungere il consenso tra i partecipanti

Sawtooth semplifica lo sviluppo di applicazioni blockchain separando il livello “core system” dal livello applicativo; gli sviluppatori possono specificare le regole di business appropriate per la loro applicazione, usando il linguaggio di programmazione da loro scelto senza dover sottostare a quello del core system. Una caratteristica distintiva di Sawtooth è infatti l’utilizzo di famiglie di transazioni (transaction families), che vengono utilizzate per implementare il modello di dati e il linguaggio delle transazioni, permettendo un’elevata modularità; questa caratteristica aiuta le imprese e le organizzazioni a sviluppare sistemi che si adattano alle specifiche esigenze di business. Nonostante sia permesso agli utenti di creare famiglie di transazione customizzate, Sawtooth ne fornisce alcune come modello [21]:

- IntegerKey usata per testare lo sviluppo di ledger
- Validator Registry per registrare servizi di ledger
- Settings: fornisce un’implementazione per registrare configurazioni on-chain

Esistono alcune transaction families per ambiti applicativi specifici, come ad esempio Seth; essa permette la creazione e l’esecuzione di smart contract grazie all’estensione dell’interoperabilità di Sawtooth con la piattaforma Ethereum.

Un’applicazione può essere una logica di business o una smart contract virtual machine; entrambe possono coesistere nella stessa blockchain. Sawtooth permette che queste decisioni di design siano fatte nel livello di processo (transaction-processing layer), così da consentire a diverse tipologie di applicazioni di esistere nella rete nello stesso momento [21].

Questo progetto di Hyperledger è sviluppato per soddisfare le necessità di una rete privata e permissioned, ma può essere implementato anche in reti permissionless.

Molte blockchain utilizzano transazioni in serie in modo da garantire un ordinamento adeguato delle stesse in ogni nodo della rete. Sawtooth include uno schedatore avanzato che divide le transazioni in flussi paralleli quando possibile, permettendo un sostanziale incremento delle performance. In Sawtooth le transazioni sono sempre raggruppate in un’unità chiamata “batch”; essa è quindi l’unità atomica del cambiamento del sistema. Tutte le transazioni saranno eseguite nell’ordine presente all’interno del batch; se anche una transazione non è valida, tutte quelle presenti nel batch non saranno eseguite.

In una blockchain il consenso è il processo che porta al raggiungimento di un accordo in un gruppo di partecipanti non fidati. Gli algoritmi che permettono di ottenere il consenso solitamente richiedono un qualche tipo di voto [21]; gli esempi più famosi includono le tipologie di consenso derivanti da Nakamoto e le varianti del tradizionale Byzantine Fault Tolerance; BFT è l’affidabilità di un sistema tollerante all’errore, ovvero un sistema che deve essere in grado di continuare a lavorare anche quando dei componenti potrebbero fallire e c’è informazione imperfetta sul funzionamento degli stessi; pertanto il funzionamento dovrà essere garantito anche senza il raggiungimento del consenso, data l’impossibilità di determinare con sicurezza lo stato del sistema.

Sawtooth permette l'implementazione di diverse tipologie di consenso nella stessa blockchain: viene selezionato durante la configurazione iniziale della rete e può essere cambiato in itinere tramite una transazione. La tipologia di consenso attualmente utilizzata da Sawtooth è la Proof of Elapsed Time (PoET), disegnato per essere un protocollo di supporto a reti di grandi dimensioni; permette di ottenere i benefici di scalabilità degli algoritmi derivanti da Nakamoto, ma senza la necessità computazionale ed energetica dei Proof of Work [21].

Riassumendo le caratteristiche chiave di Sawtooth sono:

- Distributed ledger
- Smart contracts
- PoET
- Transaction families

3.3.1 PoET

Il metodo di consenso Proof of Elapsed Time offre una soluzione al problema dei generali bizantini, usando un ambiente di esecuzione fidato (TEE: Trusted Executed Environment) per migliorare l'efficienza delle soluzioni attuali come la PoW. L'ambiente di esecuzione fidato è necessario in quanto i partecipanti potrebbero "barare".

PoET elegge stocasticamente dei nodi che eseguiranno le transazioni in un determinato periodo di tempo; i nodi individualmente estraggono una variabile casuale distribuita esponenzialmente e aspettano per un lasso di tempo indicato dal campione estratto. Il nodo con il tempo minore vince l'elezione [22]. Ad esempio, un partecipante potrebbe intenzionalmente scegliere un tempo di attesa inferiore per vincere, oppure il vincitore potrebbe non attendere per il tempo di attesa estratto. Per ovviare a questi problemi PoET dipende da un set di istruzioni CPU chiamate Intel Software Guard Extension (SGX). SGX permette di eseguire codici fidati in un ambiente protetto; per PoET, un codice fidato vuol dire assicurare la validità del meccanismo della lotteria [57].

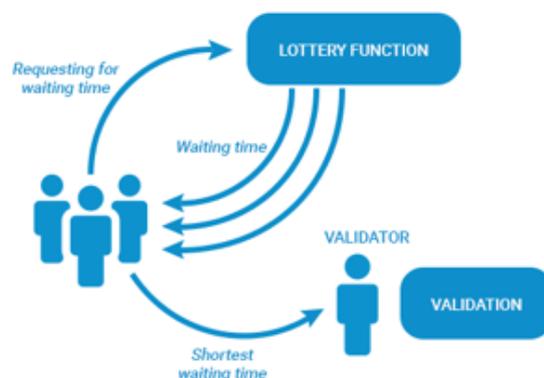


Figura 14 Funzionamento PoET (fonte blockchainexpert.uk)

Per assicurare efficacemente il consenso distribuito, una buona funzione di estrazione deve avere le seguenti caratteristiche [22]:

- Imparzialità: la funzione dovrebbe distribuire la vittoria dell'estrazione al più ampio numero possibile di partecipanti
- Investimento: il costo di controllare l'elezione del leader dovrebbe essere proporzionale ai benefici ottenuti da questo
- Controllo: dovrebbe essere semplice per tutti i partecipanti verificare la legittimità del leader.

PoET è disegnato per ottenere questi risultati usando nuove istruzioni di CPU che stanno diventando ampiamente disponibili nei processori utilizzati dagli utenti e dalle imprese, senza la necessità di investimenti costosi in hardware specializzato necessario per la maggior parte degli algoritmi “proof”.

PoET sostanzialmente lavora nel seguente modo [22]:

1. Ogni validatore richiede un tempo di attesa da un'enclave (un'area protetta che fornisce riservatezza e integrità anche in presenza di malware)
2. Il validatore con il tempo di attesa inferiore per un particolare blocco di transazioni è eletto leader
3. Una funzione, chiamata “CreateTimer”, crea un timer per un blocco di transazioni
4. Un'altra funzione, chiamata “CheckTimer”, verifica se il timer è stato creato dall'enclave; se il timer è scaduto, questa funzione crea un attestato per verificare che il validatore abbia atteso il tempo attribuito prima di reclamare il ruolo di leader.

La probabilità di essere eletti leader è proporzionale al contributo di risorse (che in questo caso corrispondono a processori di uso generico usati insieme ad un TEE); inoltre il basso costo di partecipazione aumenta le probabilità che il numero di validatori sia grande, incrementando la robustezza del meccanismo di consenso.

3.3.2 Sawtooth Supply Chain

Sawtooth Supply Chain è un'applicazione specifica che permette di tracciare la provenienza, od ogni altra informazione, relativa ad un qualsiasi bene; può essere usata as-is o customizzata a seconda del caso d'uso.

L'infrastruttura necessaria per tracciare oggetti fisici in una supply chain che utilizza Sawtooth comprende i seguenti elementi [23]:

- Agenti: rappresentano gli attori del sistema, che in questo ambito applicativo sono costituiti dalle imprese. Gli agenti sono identificati dalla loro chiave pubblica e ogni transazione da loro inviata deve essere firmata; essi possono svolgere due ruoli nel sistema: proprietari e custodi. I proprietari sono agenti che hanno il possesso legale dell'oggetto fisico che il record rappresenta; i custodi invece potrebbero essere imprese di trasporto, di logistica, di stoccaggio od ogni altra entità che è entrata in accordo con il proprietario per il trattamento del bene
- Record: rappresentano gli oggetti fisici e sono identificati nel sistema da chiavi naturali; queste chiavi potrebbero essere il numero di serie dell'oggetto, etichette elettroniche etc. I Record tengono una lista di tutti i proprietari e custodi che hanno posseduto l'oggetto, in ordine cronologico dal più vecchio al più recente (il primo è per definizione il creatore del record mentre l'ultimo è il proprietario corrente). Possono anche essere terminati, nel caso l'oggetto fisico sia stato consumato o distrutto e non sono più possibili aggiornamenti del record
- Applicazioni: sono il meccanismo tramite il quale gli agenti cambiano i ruoli (proprietario o custode). Gli agenti che vorrebbero un nuovo ruolo per un record creano una nuova applicazione che specifica il ruolo desiderato; affinché il record sia aggiornato l'agente che attualmente detiene quel ruolo deve accettare l'applicazione. Questo permette ad entrambi di raggiungere un accordo prima che il cambiamento sia effettuato; è possibile però che questo non si verifichi, in quanto il proponente potrebbe cancellare l'applicazione o l'agente corrente potrebbe rifiutarla
- Supply Chain Transaction family: è implementata da un processore (SCTP: Supply Chain Transaction Processor) usato per tracciare i record.
- Supply chain REST API: una specifica API (Application Programming Interface) per interrogare il ledger della supply chain

Alcuni esempi di applicazioni reali che utilizzano Sawtooth sono [24]:

- Tracciabilità del pesce nella supply chain: tramite la combinazione di Sawtooth e sensori IoT è possibile registrare il percorso del pesce dal mare fino alla tavola; oltre a questa specifica applicazione, i sensori IoT possono essere attaccati a qualsiasi altro oggetto per poter ottenere informazioni come il possesso del bene e altri parametri quali temperatura, umidità etc. L'utente finale ha così accesso ad un set completo di informazioni che aumentano l'affidabilità e la fiducia nel prodotto acquistato
- Mercato per lo scambio di asset digitali: Marketplace Navigator è una GUI (graphical user interface) sviluppata per essere utilizzata con Sawtooth; aiuta gli utenti a creare e scambiare asset digitali
- Mercato delle obbligazioni: tramite l'utilizzo di Sawtooth e smart contract l'utente può comprare, vendere e gestire facilmente il proprio portafoglio di obbligazioni.

3.3.3 Principali differenze tra Sawtooth e Fabric

Le principali differenze da considerare nella scelta tra Hyperledger Fabric e Sawtooth sono:

- **Permissioned/Permissionless:** Sawtooth supporta entrambe le tipologie di reti; ha inoltre un approccio flessibile, in quanto usa regole e permessi.
Fabric invece supporta solo reti permissioned; ha un approccio maggiormente definito tramite i MSP, che assicurano una tipologia di governance più stretta.
- **Algoritmi di Consenso:** Sawtooth usa il meccanismo PoET, basato sull'ambiente Intel SGX; questo meccanismo è maggiormente efficiente dal punto di vista energetico rispetto al meccanismo PoW, e pertanto permette il supporto e la scalabilità a reti di grandi dimensioni.
Fabric supporta diversi meccanismi di consenso innestabili per ordinare le transazioni in blocchi.
- **Smart Contract:** Sawtooth supporta i linguaggi Go, JavaScript, Java, Python, Rust, and Ethereum Solidity. Fabric invece Go, JavaScript, Java, and Ethereum Solidity
- **Privacy:** in Sawtooth i nodi hanno accesso a tutti i dati delle transazioni. In Fabric invece ci sono diversi livelli di privacy; è possibile infatti definire dei canali, tramite il quale è possibile scambiare dati solo tra un set di attori, escludendo gli altri.
- **Flusso delle transazioni:** Sawtooth supporta il tradizionale flusso dei blocchi, ovvero "Order-Execute-Commit".
Fabric invece supporta un modello di approvazione unico, ovvero "Execute-Order-Commit".

4. Mercato eCommerce

4.1 Introduzione

L'obiettivo di questo capitolo è analizzare il mercato nel quale opera Amazon, e nel quale il progetto di implementazione della blockchain troverà un'effettiva applicazione; sarà analizzato il mercato dell'e-commerce principalmente a livello quantitativo, con un focus sui principali attori operanti.

Il mercato eCommerce comprende la vendita di beni fisici, tramite un canale digitale, verso clienti privati (mercato B2C). In questa definizione rientrano acquisti effettuati tramite computer, così come utilizzando device portatili quali smartphone e tablet. Non rientrano nell'analisi dell'eCommerce i seguenti dati: servizi digitali, digital media downloads o servizi di streaming, acquisti effettuati nel mercato B2B e infine acquisto di beni usati, difettosi o riparati.

I dati relativi al dimensionamento del mercato nel mondo ed europeo sono stati ottenuti dal report di Casaleggio associati [26], mentre quelli relativi all'Italia dal portale Statista [25].

4.2 L'eCommerce nel Mondo

La crescita esponenziale di internet prosegue e si stima che il traffico generato nel 2018 sarà maggiore di qualsiasi altro anno.

Il numero di coloro che si connettono a Internet ha superato i 4 miliardi di persone, con un aumento del 10% rispetto al 2016; il tasso di penetrazione è in continuo aumento, passando dal 46% del 2016 al 53% del 2017.

Nel 2017 1,79 miliardi di persone nel mondo hanno effettuato un acquisto online e per il 2018 è prevista una crescita dell'8.1. Si stima che nel 2021 2,21 miliardi di persone acquisteranno online.

Cina e Stati Uniti continuano a essere i leader, rappresentando il 69,1% dell'e-commerce globale, con un fatturato cumulato di 1.584 miliardi di dollari nel 2017, ovvero il 18% in più rispetto al 2016.

L'area Asia-Pacifico rappresenta un enorme bacino d'utenza; infatti oltre la metà degli acquirenti online del mondo risiede in quest'area. Circa il 61,7% degli utenti internet e il 28,5% della popolazione dell'area effettuerà un acquisto online nel corso del 2018. Le vendite al dettaglio nel 2017 sono cresciute del 31,1%, raggiungendo quota 1.349 miliardi di dollari, il 15% del fatturato totale retail dell'area.

La Cina è il più grande mercato e-commerce del mondo. Da sola produce circa l'83% delle vendite dirette e-commerce dell'area Asia-Pacifico, per un valore stimato a circa 1.119 miliardi di dollari nel 2017.

Gli Stati Uniti rimangono ben saldi al secondo posto, con un fatturato stimato in 409 miliardi di dollari nel 2017 per le vendite dirette e una crescita del 14% rispetto all'anno precedente. Per il 2018 è prevista una crescita del 12%.

Analizzando invece il mercato in base alle principali aziende, Amazon e Alibaba proseguono nel loro ruolo da giganti mondiali dell'e-commerce. Oltre che sui mercati consolidati (Nord America e Europa per Amazon, Cina per Alibaba) la sfida si svolge principalmente nell'area Asia-Pacifico, dove entrambi i player hanno aumentato gli investimenti strategici non solo rispetto all'online, ma anche nel retail fisico, con un interesse particolare verso i settori del food e della moda. In quest'area la penetrazione di Amazon è però limitata, a causa delle differenze culturali e delle politiche restrittive nei confronti delle aziende straniere, il cui ingresso in questi mercati non è accolto favorevolmente.

Negli ultimi due anni Alibaba ha investito circa 8 miliardi di dollari nel retail offline: dopo l'assorbimento di LAZADA, per cui gli investimenti hanno raggiunto i 4 miliardi a inizio 2018,

e del rivenditore online di generi alimentari Redmart nel sud est asiatico, in Cina ha puntato al finanziamento di Sun Art Retail Group (RT-Mart e Auchan), il più grande operatore di supermercati e ipermercati locale, nonché sul delivery food di Ele.me, sulla catena di lusso di centri commerciali Intime, mentre in India l'attenzione è stata posta su Zomato.

Amazon invece, dopo l'acquisizione della catena di supermercati bio Whole Foods per 13,7 miliardi di dollari nel 2017 e di Souq.com (l'Amazon del Medio Oriente), ha puntato sull'apertura di store fisici negli Stati Uniti (Amazon Go) e sta pianificando aperture anche in Europa.

Il retail tradizionale continua ad essere influenzato in modo preponderante dall'e-commerce, ma anche dal cambiamento delle abitudini dei consumatori. Nel corso del 2017 numerosi sono stati i gruppi storici che hanno chiuso shop fisici, come Gap e Toys R; il settore più influenzato risulta essere quello della moda.

Nonostante questo, molte aziende vedono prosperare e moltiplicarsi i propri shop fisici (il bilancio tra chiusure e aperture negli Stati Uniti è comunque a favore delle aperture con un risultato di +4.000 unità) e si assiste alla trasformazione del concetto di shop tradizionale e all'integrazione dei canali on-line e off-line. È sempre più utilizzato il concetto di pop-up store, negozio dove non è possibile comprare in modo tradizionale, ma solo vedere la merce o ritirarla dopo l'acquisto.

Amazon ha creato Amazon Go, lo shop dove non esistono casse tradizionali e, grazie all'intelligenza artificiale ed un complesso sistema di telecamere e sensori, i prodotti prelevati vengono automaticamente introdotti nel conto virtuale dei clienti, che escono dallo shop senza pagare fisicamente e ricevono successivamente l'addebito sul conto Amazon.

4.3 L'eCommerce in Europa

Il valore dell'e-commerce in Europa è stimato a 602 miliardi di euro nel 2017, il 14% in più rispetto al 2016. Il numero di persone che effettua acquisti online è pari a 324 milioni.

Oggi il 68% degli utenti internet fa acquisti online, con evidenti differenze tra i paesi dell'UE (si passa dal 23% della Romania all'86% del Regno Unito).

Regno Unito, Germania e Francia dominano la scena europea, generando il 70% del fatturato e-commerce europeo e guadagnando un ulteriore 5% rispetto all'anno precedente.

Il Regno Unito è leader in termini di fatturato; la Brexit ha influito sulla contrazione dei consumi interni e sull'aumento delle esportazioni dovuto alla successiva e rapida svalutazione della Sterlina, ma le vendite online del Paese continuano a crescere e nel 2017 hanno raggiunto quota 197 miliardi di euro nella vendita e-commerce B2C, il 20% in più rispetto all'anno precedente.

La Germania è il secondo mercato e-commerce B2C in Europa, con un fatturato di 65 miliardi di euro nel 2017. La crescita è in rallentamento, ma rappresenta comunque un incremento dell'11,3% rispetto all'anno precedente.

Rispetto ai tradizionali servizi di consegna a domicilio, si registra una crescita sostanziale del servizio di click & collect, che è utilizzato dal 36% dei consumatori, con picchi del 42% in Francia, Germania, Regno Unito e Svezia; questo è dovuto soprattutto alla maggiore flessibilità relativa al ritiro e alla possibilità di risparmiare sui costi di spedizione. Anche il servizio di lockers, ovvero dei luoghi automatizzati dove ritirare i prodotti, è in crescita; ad esempio in Estonia l'80% dei consumatori digitali sceglie con regolarità questa modalità di consegna. Tra i diversi settori, il più importante è quello della moda, che si stima raggiungerà un volume di 90 miliardi di euro nel 2018. Seguono elettronica e media, hobby e fai da te, arredamento, food & personal care.

4.4 L'eCommerce in Italia

Nel corso del 2018 l'Istat sta registrando un forte aumento delle vendite online (+13,6% rispetto al 2017), mentre è in calo il commercio tradizionale (-1,8%). Questi dati sono confermati anche dalla crescita delle imprese operanti nel mercato e-commerce: il numero è salito del 9% nell'ultimo anno, raggiungendo 17.432 imprese attive nel paese. Nonostante questi dati incoraggianti lo scenario italiano è ancora lontano dalle principali realtà europee; ad esempio solo il 22% dei portali italiani vende anche fuori dall'Italia, mostrando una scarsa apertura verso altri mercati. In paesi come Spagna, Francia, Regno Unito e Germania gli e-shop che vendono all'estero sono circa il 50%.

I ricavi nel mercato dell'ecommerce in Italia ammontano a 14.151m € nel 2018, con una previsione di ulteriore crescita nei prossimi anni (vedi figura 15).

Il segmento di mercato maggiore è rappresentato dalla moda, con un volume di 4.550m di € nel 2018; seguono l'elettronica con 3.297m ed il segmento dei giocattoli, hobby e fai da te con 2.938 m.

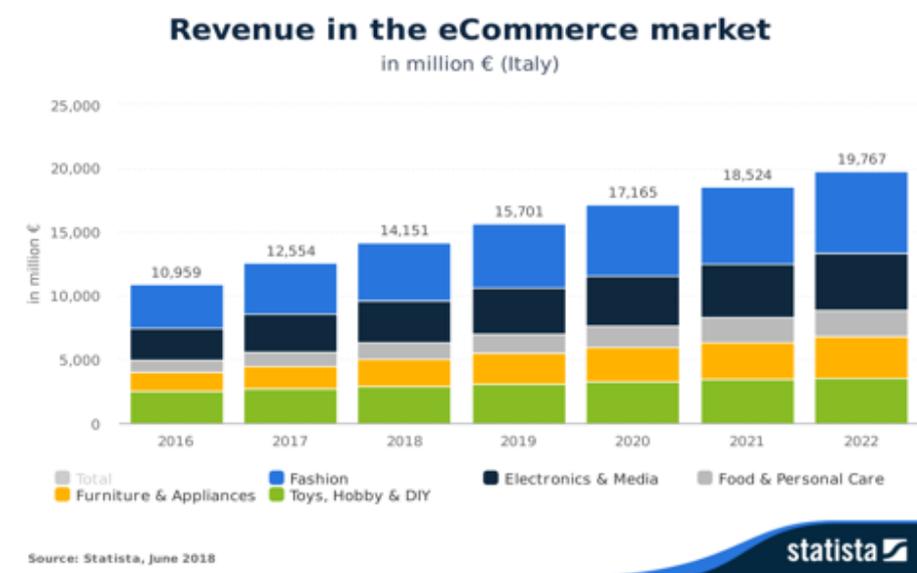


Figura 15 Ricavi nel mercato eCommerce

4.4.1 Crescita in Italia

Il mercato dell'ecommerce in Italia si stima avrà una crescita dei ricavi dell'11.5% nel 2019 (figura 17). In Italia si registra quindi un'accelerazione verso l'e-commerce; i dati mostrano come sia ancora al di sotto della media europea, dove l'ecommerce vale il 10% delle vendite retail, ma il potenziale di sviluppo è enorme. Questo trend è supportato anche dai grandi player del mercato come Amazon, che nel solo 2018 ha investito in Italia quanto i 7 anni precedenti, raggiungendo una quota complessiva di 1,6 miliardi di euro; anche sul fronte assunzioni ha investito molto, con 1.700 persone aggiunte al personale nel 2018, portando il totale a 5.200 dipendenti in Italia [53].

Il tessuto economico italiano, composto prevalentemente da pmi (piccole e medie imprese), potrebbe rappresentare un ostacolo alla crescita dell'ecommerce; gli sforzi di Amazon sono rivolti anche in questa direzione: sono già 10.000 le imprese presenti sulla sua piattaforma, che hanno generato nel 2017 un export di 350 milioni, con una crescita del 40% rispetto all'anno precedente. Inoltre, da quando sono approdate sulla piattaforma Amazon, hanno generato 10.000 nuovi posti di lavoro. Ma se tali numeri sono possibili per medie o grandi imprese, che possono permettersi di pagare gli oneri previsti dall'utilizzo dei servizi Amazon, diverso è il

discordo per le realtà più piccole; molte di queste operano ancora in un contesto non digitale, restando così escluse dalle nuove potenzialità offerte dal mercato online.

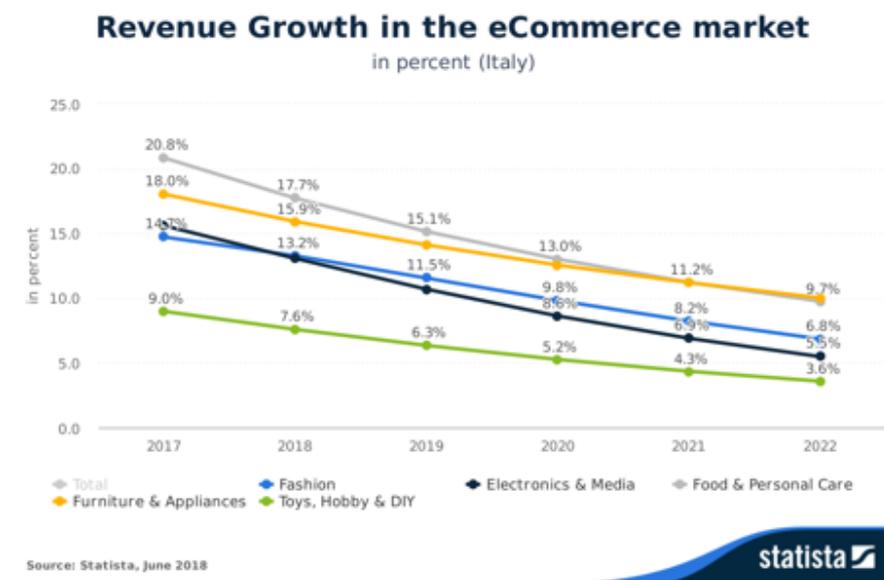


Figura 16 Crescita dei ricavi

4.4.2 Utenti e penetrazione

In questo mercato il numero di utenti ammonta a 38,41 m nel 2018 e si stima che crescerà a 41,3 m nel 2022. Il ricavo medio per cliente (ARPU: average revenue per user) è di 363,40 € nel 2018, mentre il tasso di penetrazione dell'eCommerce in Italia è del 63.6%. Questi dati derivano sia dalle nuove esperienze di acquisto omnicanale offerte dai maggiori retailer ecommerce, che integrano la modalità online e offline, sia dalla sempre maggiore tendenza ad effettuare acquisti tramite dispositivi mobile, che sfruttano nuove applicazioni per effettuare pagamenti rapidi e sicuri (Apple Pay, Google Pay, Amazon Pay etc.), oltre agli assistenti vocali e l'intelligenza artificiale che rivoluzioneranno il modo in cui il consumatore farà acquisti online.

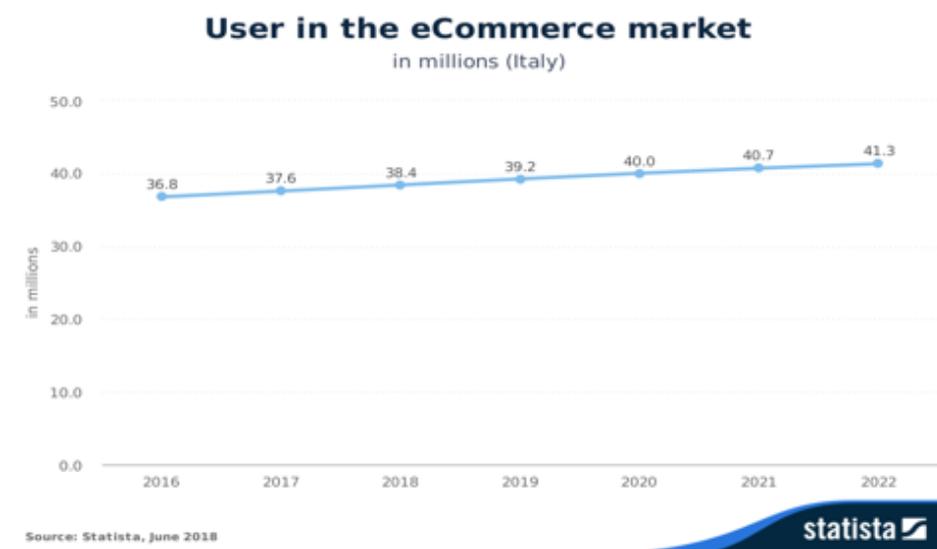


Figura 17 Numero di utenti

4.4.3 Top 5 online store per vendite nette

Sono di seguito mostrati i 5 principali negozi online per vendite nette nel mercato eCommerce in Italia:

1. amazon.it 1.821.8m €
2. zalando.it 376.3m €
3. apple.com 214.9m €
4. eprice.it 188.7m €
5. esselungaacasa.it 186.7m €

amazon.it

amazon.it, gestito da Amazon EU S.à.r.l., è uno store online che vende prodotti di qualsiasi categoria, da Elettronica e Media, Casa e Arredamento, così come Alimentare, Salute e bellezza”. Lo store online è stato lanciato in Italia nel 2010.

Vendite nette globali e crescita:

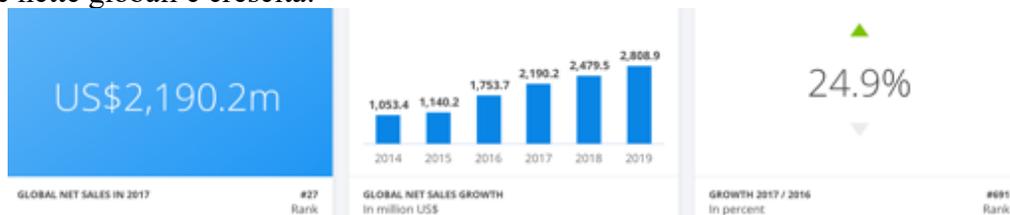


Figura 18 Vendite nette globali e crescita di Amazon

Ricavi divisi per categoria:



Figura 19 Ricavi divisi per categoria

Nel segmento dell'Elettronica, che è uno di quelli predominanti in Italia, amazon.it ha generato 971.5 m di dollari nel 2017. Pertanto, amazon.it pesa per il 37.3% in questo segmento, seguito da competitor quali apple.com e eprice.it

In Italia Amazon ha tre fulfillment center: uno a Castel San Giovanni (Piacenza), uno a Passo Cortese (Rieti) e infine uno a Vercelli. Oltre a queste warehouse principali, Amazon in Italia possiede diversi altri centri, quali sorting center e delivery station.

In seguito all'evasione di un ordine, questo prenderà un diverso percorso di consegna sulla base del valore del bene, della dimensione e del peso; ulteriori variabili che possono influenzare la consegna sono il paese e la scelta della tipologia di consegna. I tempi di consegna possono variare da qualche ora fino a 3-5 giorni per le consegne standard.

Amazon's Supply Chain Simplified



Figura 20 Amazon Supply Chain (fonte Syracuse University)

L'Amazon fulfillment center di Castel San Giovanni spedisce circa 400.000 pacchi ogni giorno, con un picco di 1,2 milioni durante il Black Friday.

zalando.it

zalando.it, gestito da Zalando SE, è uno store online con vendite prevalentemente nazionali. In riferimento al range di prodotti venduti, zalando.it genera il 98% delle sue vendite nette nel settore della moda; la restante quota proviene dalla categoria Hobby&Giocattoli.

Nel mercato della moda in Italia, zalando.it ha generato 400 milioni di dollari nel 2017, ovvero il 10-15% del totale delle vendite nette. In riferimento ai competitor i principali sono yoox.com e vente-privee.com.

In Italia Zalando possiede un centro di distribuzione a Stradella (Pavia), che spedisce 3 milioni di pacchi all'anno.

esselungaacasa.it

Analizzando il settore del cibo e della cura personale, il principale store in Italia è esselungaacasa.it; esso ha generato 200-300 milioni di dollari nel 2017, ovvero il 15-20% del totale delle vendite nette del settore. In riferimento ai competitor i principali nel settore sono amazon.it e Sephora.it.

5. Analisi del contesto competitivo

5.1 Introduzione

In questo capitolo sarà analizzato il contesto competitivo nel quale opera l'impresa in esame, ovvero Amazon, fornendone prima una breve descrizione dell'azienda, e analizzando in seguito le principali forze esterne che determinano il livello di competizione nel mercato dell'e-commerce; per fare questo saranno utilizzati strumenti di analisi quali le 5 forze di Porter e l'analisi PESTLE.

5.2 Breve descrizione dell'azienda

Amazon.com Inc. è stata fondata nel 1994 nello stato del Washington e nel luglio 1995 il sito è diventato attivo. L'impresa iniziò vendendo libri online, offrendo una disponibilità di titoli maggiore di qualsiasi altro negozio; Il sito si espanse velocemente offrendo nuove sezioni per nuove linee di prodotti, arrivando oggi a vendere in qualsiasi categoria merceologica. Oggigiorno è il maggiore retailer online al mondo, con un valore del brand di oltre 150 miliardi di dollari. Ha 560.000 impiegati e centri sparsi in tutto il mondo.

Nel Q2 del 2018 le vendite trimestrali di Amazon sono aumentate del 39% fino a raggiungere quota 52,9 miliardi di dollari (38 miliardi nel secondo trimestre 2017), mentre il reddito operativo è salito dai 628 milioni del Q2 2017 a ben 3 miliardi di dollari. Anche il reddito netto ha subito un'importante impennata, passando da 197 milioni dell'anno precedente agli attuali 2,5 miliardi.

5.3 Le 5 Forze di Porter

Il framework proposto da Michael Porter (figura 20), è uno strumento utilizzabile dalle imprese per valutare la propria posizione competitiva; esso individua le forze esterne che operano nell'ambiente economico dell'impresa in esame e che, con la loro azione, erodono la redditività a lungo termine.

In questo modello è possibile identificare forze orizzontali (competitors, potenziali entranti e prodotti sostitutivi), relative principalmente alla tipologia di mercato e all'intensità della competizione, e forze verticali (fornitori e acquirenti) relative alla struttura della value chain. A queste 5 forze ne è stata aggiunta una sesta, ovvero il ruolo dei prodotti complementari.

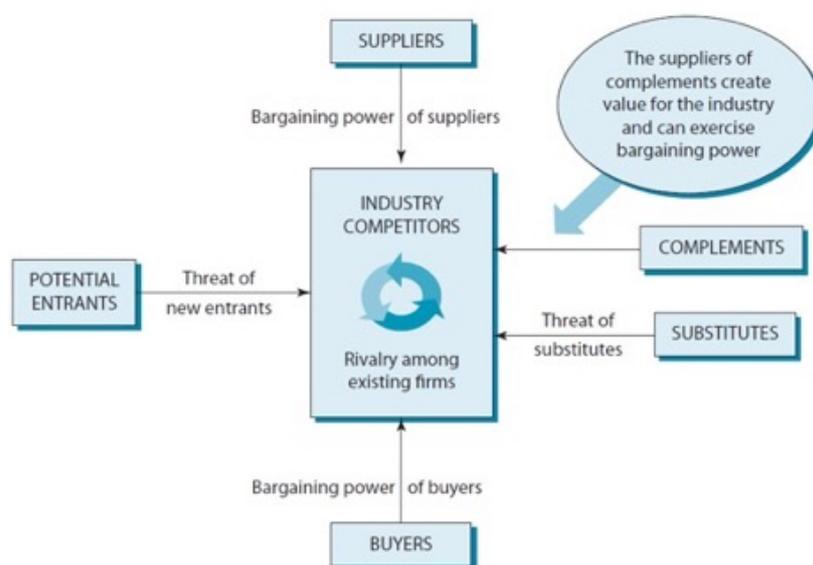


Figura 21 Le 5 Forze di Porter

5.3.1 Rivalità tra le imprese esistenti (forte)

Il mercato internazionale nel quale Amazon compete si evolve rapidamente ed è estremamente competitivo; considerando l'ampiezza dell'offerta, che spazia da ogni genere di prodotto e servizi, Amazon deve fronteggiare un ampio numero di competitor provenienti da differenti settori industriali. I competitor attuali comprendono [28]: retailer online, offline e multicanale (sia di beni fisici che digitali), aziende che forniscono servizi di e-commerce (sviluppo siti web, advertising, servizio clienti, IT, cloud etc.), motori di ricerca, siti di comparazione e altre app per comprare, trovare e acquistare beni e servizi. Pertanto, la competizione è estremamente forte; i seguenti fattori esterni sono responsabili dell'intensità della competizione nell'ambiente dell'online retail [27]:

- Alta aggressività delle imprese
- Elevata disponibilità di beni sostituti
- Bassi o nulli switching costs

Amazon negli Stati Uniti compete direttamente, per quanto riguarda coloro che operano sia online che offline, con giganti come Walmart o, considerando lo scenario italiano, contro Esselunga, il cui sito esselungaacasa.it è il primo per vendite nette nel segmento Cibo e Cura della persona. Inoltre, Amazon subisce la forte influenza di prodotti sostituti, a causa della facile reperibilità presso un altro player; ad esempio i negozi fisici di Esselunga o Walmart sono sostituiti del servizio di retail online di Amazon, così come altri famosi marketplace online, come Ebay o Alibaba, si pongono come sostituti di Amazon.

Bassi switching costs costituiscono basse barriere per i consumatori che vogliono passare da un retailer ad un altro.

Nonostante questi fattori di competizione, l'offerta di Amazon comprendente elementi quali una vasta offerta di prodotti e servizi ed un'eccellenza nel servizio di consegne potrebbe generare un effetto lock-in nel breve termine. Tuttavia, data l'elevata dinamicità dell'ambiente, sarà necessaria una continua evoluzione dei modelli di business per assicurarsi un vantaggio competitivo nel lungo periodo.

5.3.2 Potere contrattuale dei fornitori (moderato)

I fornitori determinano la disponibilità di prodotti che Amazon vende sul proprio sito di e-commerce.

Amazon ha accordi con un ampio range di fornitori, dato la diversità e la numerosità dei prodotti che offre; con essi ha generalmente un forte potere contrattuale, grazie alle dimensioni in termini di volumi ormai raggiunte; tra i fornitori ci sono anche coloro che vendono per conto proprio, affidandosi però ai servizi di stoccaggio e logistica della rete Amazon. Nei confronti di questi il potere contrattuale sarà ancora più forte, in quanto dovranno sottostare alle condizioni e ai prezzi del servizio stabiliti.

I fattori che influenzano il potere contrattuale dei fornitori sono [27] [29]:

- Numerosità dei fornitori
- Integrazione a valle
- Dimensione dei fornitori

Per quanto riguarda il primo aspetto, una bassa disponibilità di fornitori relativi ad un particolare prodotto permetterebbe a questi di avere un maggiore potere contrattuale, a differenza di prodotti largamente disponibili dove Amazon non avrebbe difficoltà a trovare dei sostituti. Tuttavia, la bassa integrazione a valle e lo scarso controllo della filiera riduce il potere contrattuale di tutti i fornitori; infine la dimensione del fornitore influenza il rapporto con Amazon; ad esempio i giganti dell'elettronica come Samsung, LG etc. potrebbero godere di maggiore visibilità e condizioni favorevoli sulla piattaforma.

Le aziende che offrono servizi logistici e di consegna sono considerate anch'esse come fornitori; in questo caso il loro potere contrattuale è molto forte, in quanto Amazon si affida a

questi grandi operatori (UPS, DHL, FedEx etc.) per effettuare le consegne all'utente finale; infatti il gigante dell'e-commerce non dispone ancora di una rete propria di corrieri abbastanza capillare per poter consegnare velocemente in tutte le aree. Per ridurre questo potere e bypassare progressivamente i principali operatori delle consegne, Amazon ha recentemente lanciato il servizio chiamato "Delivery Service Partner", che permette a chiunque di intraprendere un'attività di consegne utilizzando una flotta di mezzi di proprietà di Amazon.

5.3.3 Potere contrattuale degli acquirenti (forte)

Uno dei quattro principi guida di Amazon, ovvero "customer obsession rather than competitor focus", esprime una visione del business fortemente focalizzata sul consumatore; il potere contrattuale dei compratori è generalmente forte, ma varia in base alla tipologia di prodotto o servizio acquistato. I fattori esterni che rendono forte questo potere sono [27] [29]:

- Alta qualità dell'informazione
- Bassi switching cost
- Alta disponibilità di beni sostituti

I consumatori possono facilmente disporre di informazioni (quali ad esempio prezzo, modalità e costo della consegna etc.) riguardanti i prodotti e i servizi offerti da Amazon; questo gli consente di effettuare comparazioni e di valutare liberamente dove effettuare l'acquisto, anche grazie all'assenza di switching cost vincolanti e alla possibilità di trovare lo stesso prodotto presso marketplace alternativi, sia online che retail. La presenza però di servizi quali Amazon Prime, che permette tramite un abbonamento annuale (al costo di 36 euro in Italia) di usufruire di servizi aggiuntivi come la consegna in un giorno, potrebbe determinare la preferenza del consumatore nell'acquistare presso Amazon.

Diverso il discorso per coloro che usufruiscono dei servizi AWS (Amazon Web Services, che include servizi come cloud computing, IoT, analisi dati etc.) e Logistica di Amazon (ovvero coloro che vendono sfruttando lo stoccaggio e la logistica offerti da Amazon); in questo caso infatti gli acquirenti dovranno sottostare alle condizioni contrattuali imposte, ed è inoltre assente un altro player che possa offrire lo stesso livello di servizio, data la posizione di leader del mercato di Amazon.

5.3.4 Minaccia di nuovi entranti (debole)

Nuovi potenziali entranti potrebbero ridurre la quota di mercato di Amazon, anche se il mercato dell'e-commerce è particolarmente saturo di player; tra questi i colossi, quali la stessa Amazon o Alibaba, detengono una posizione particolarmente consolidata. I fattori esterni che influenzano l'ingresso in questo mercato e che costituiscono elevate barriere all'ingresso sono [27] [29]:

- Elevato investimento iniziale
- Alte economie di scala
- Accesso ai fornitori e ai canali di distribuzione

Sono necessari ingenti investimenti iniziali per costituire l'infrastruttura logistica necessaria per poter operare in questo mercato; oltre a questo bisognerà sviluppare il brand, e questo richiederà molti anni oltre ad ulteriori spese in marketing per poter raggiungere la potenza e la visibilità di un marchio come Amazon. Inoltre, gli incumbenti beneficiano di elevate economie di scale raggiunte nel corso di molti anni, rendendo la loro posizione ancora più forte.

Infine, sarà necessario instaurare rapporti con fornitori e corrieri, che potrebbero offrire condizioni sfavorevoli ad un player appena entrato sul mercato che movimentava volumi sicuramente inferiori rispetto ai leader di mercato.

Nonostante queste barriere all'ingresso si tratta di un mercato estremamente dinamico, dove l'innovazione e l'introduzione di nuove tecnologie sono costanti; potenziali nuovi entranti

potrebbero quindi basare il loro vantaggio competitivo su servizi innovativi o su nuovi business model.

5.3.5 Minaccia di prodotti sostitutivi (forte)

Amazon è fortemente minacciata dalla presenza di prodotti sostitutivi nel mercato dell'e-commerce; i fattori esterni che maggiormente supportano l'intensità di questa forza sono [27]:

- Bassi switching cost
- Alta disponibilità di prodotti sostituti
- Alta qualità dell'informazione

Come già detto in precedenza, il consumatore, non avendo alcun vincolo contrattuale, può liberamente decidere di acquistare presso un altro venditore, sia online che retail. In questo processo è facilitato dall'elevata disponibilità di shop alternativi e dalla possibilità di effettuare una comparazione grazie alle informazioni trasparenti e facilmente reperibili.

La posizione di leadership raggiunta da Amazon consente in parte di mitigare questa competizione, grazie alla vasta disponibilità di prodotti disponibili, unita alla velocità di consegna e alle garanzie post-vendita non sempre disponibili presso altri siti di e-commerce. Inoltre, l'abbonamento al servizio Amazon Prime potrebbe vincolare il cliente ad effettuare acquisti ripetuti presso la propria piattaforma.

5.4 Analisi PESTLE

L'analisi PESTLE, o PESTEL (figura 21), è uno strumento utilizzato per analizzare il contesto macro-ambientale nel quale l'impresa opera; individua sei variabili (mostrate nella figura sottostante), che potrebbero influenzare il processo decisionale aziendale e le scelte strategiche e operative. Tramite questo strumento è possibile inoltre identificare le principali minacce e opportunità per l'impresa in esame.



Figura 22 Analisi PESTEL

(fonte <https://www.business-to-you.com/scanning-the-environment-pestel-analysis/>)

5.4.1 Fattori Politici

Amazon è un e-commerce che vende prodotti in tutto il mondo, pertanto deve rispettare regolazioni politiche e legali differenti; dato il volume di affari ormai raggiunto ha un'influenza indiretta sull'economia e sulle decisioni politiche delle aree in cui opera.

I fattori politici che hanno un'influenza sul mercato nel quale opera Amazon sono [30] [31]:

- Stabilità politica
- Supporto governativo per l'e-commerce

- Tassazione
- Leggi-antitrust
- Leggi di regolazione del lavoro

Amazon beneficia dei paesi in cui è presente stabilità politica e supporto per l'e-commerce, in quanto sono presenti condizioni favorevoli per espandere e diversificare il proprio business; infatti sta programmando l'apertura di negozi fisici senza casse (chiamati Amazon Go), attualmente in sperimentazione solo negli Stati Uniti. Differenti sono le condizioni presenti nel territorio asiatico, dove la penetrazione di Amazon è praticamente nulla; in queste aree infatti il supporto legislativo e politico ai colossi stranieri è assente, in quanto favoriscono la crescita delle imprese asiatiche, tra le quali le principali sono Alibaba e JD.com.

Le differenti tasse e legislazioni locali possono rappresentare un ulteriore problema. L'EU, in seguito alla multa a Google, ha iniziato a osservare anche il gigante dell'e-commerce, in riferimento a comportamenti sanzionabili dall'antitrust.

Anche le condizioni lavorative dei dipendenti Amazon sono da sempre tenute fortemente in considerazione; recentemente, in risposta alle critiche ricevute, Amazon ha annunciato l'aumento del salario minimo per i dipendenti inglesi e americani.

5.4.2 Fattori Economici

I risultati finanziari ottenuti da Amazon sono influenzati dalle condizioni economiche dei paesi nei quali opera. I fattori economici che Amazon deve tenere in considerazione sono [30] [31]:

- Stabilità economica e tassi di crescita
- Tassi di cambio
- Tassi d'inflazione
- Tassi d'interesse
- Costo del lavoro

La stabilità economica dei paesi nei quali è presente incrementa le opportunità di successo di Amazon in quelle aree; l'economia globale è appena uscita da anni di recessione. Nonostante questo, la crescita di Amazon, ed in generale dell'e-commerce, non ha subito particolari rallentamenti, data la necessità di acquistare comunque i beni di prima necessità.

Un notevole impatto sui risultati finanziari è determinato dal tasso di cambio del dollaro nei confronti delle monete straniere; un suo progressivo indebolimento determinerebbe una decrescita delle vendite nette e una crescita dei costi operativi nei paesi.

Il costo del lavoro è un altro importante fattore economico che influisce nelle prestazioni finanziarie; Amazon effettua un'ottimizzazione dei costi delle risorse, in particolare quelle umane. Come già detto questo ha comportato numerose critiche per le condizioni lavorative e i salari, cosa che recentemente ha portato ad un loro aumento.

5.4.3 Fattori Sociali

I fattori sociali e culturali influenzano la crescita del mercato dell'e-commerce. Lo shopping online ha subito un notevole incremento negli ultimi anni, dovuto al miglioramento delle tecnologie digitali e conseguentemente ad una diffusione capillare di dispositivi portatili, supportati da connessioni sempre più stabili e veloci. Oggigiorno un grande numero di persone possiede uno smartphone, tramite il quale è possibile effettuare ogni tipo di operazione, compresi acquisti online.

La crescita dell'e-commerce è dovuta anche ad una maggiore tendenza al consumismo, soprattutto nei paesi maggiormente sviluppati dove le persone beneficiano di redditi più alti; questo fenomeno è supportato dall'efficienza e dalla velocità dei servizi di consegna offerti da Amazon, che offre la possibilità di scegliere da un catalogo di prodotti praticamente illimitato di ricevere il prodotto direttamente a casa ed in poco tempo.

Infine, le forti differenze culturali e sociali, presenti ad esempio nei paesi asiatici, non hanno permesso ad Amazon di penetrare questi mercati, complici anche le leggi penalizzanti nei confronti delle imprese straniere.

5.4.4 Fattori Tecnologici

Il settore dell'e-commerce è caratterizzato da un'elevata dinamicità e un ampio utilizzo della tecnologia; pertanto il grado con cui questa si evolve impatta direttamente i risultati di Amazon e dei suoi competitor. I fattori tecnologici principali che devono essere considerati nell'analisi del contesto competitivo sono [30] [31]:

- Rapida obsolescenza tecnologica
- Impatto dell'adozione di nuovi sistemi IT
- Impatto sulla struttura dei costi e sulla supply chain

Amazon è un'azienda all'avanguardia nello sviluppare e adottare tecnologie che possano migliorare l'efficienza di tutte le sue aree operative (stoccaggio, logistica, IT, servizio clienti etc.); in questo modo può mantenere il suo vantaggio competitivo nei confronti degli incumbent e al contempo creare barriere all'ingresso per potenziali nuovi entranti; alcune recenti implementazioni tecnologiche includono i robot KIVA per l'automazione dei magazzini e il servizio di consegne tramite droni; anche se quest'ultimo tentativo potrebbe sembrare un azzardo, dimostra la sua posizione di leader, che investe costantemente nello sviluppo tecnologico e in innovazione.

Per quanto riguarda l'utilizzo di sistemi IT, un'integrazione con la tecnologia della blockchain comporterebbe benefici per l'intera filiera, consentendo un'ottimizzazione generale per tutti gli attori coinvolti.

5.4.5 Fattori Ambientali

Amazon è un e-commerce retailer che opera globalmente, pertanto le sue operazioni hanno un notevole impatto a livello ambientale. Differenti mercati hanno differenti norme ambientali da rispettare, che possono impattare la profittabilità dell'impresa in quei mercati. I principali fattori che Amazon dovrebbe considerare nel perseguire la sua strategia sono [30] [31]:

- Interesse crescente nei programmi di sostegno ambientale
- Interesse crescente nella sostenibilità del business

Amazon ha l'opportunità di migliorare il suo impatto ambientale in risposta alla crescente attenzione nei confronti di questa tematica; adottando questa strategia potrebbe rafforzare la sua immagine e il brand. In Italia l'inefficienza logistica dovuta alla scarsità di punti di ritiro impatta negativamente sia in termini di costi che di inquinamento ambientale, data la necessità di utilizzare maggiormente i corrieri per effettuare le consegne. Secondo un report del Freight Leaders Council [32], l'Italia è ultima, rispetto ai principali paesi EU, per numeri e densità dei punti click&collect. Per ridurre questo problema Amazon potrebbe incrementare il numero di locker presenti sul territorio, oltre a instaurare rapporti con nuovi partner per il ritiro dei prodotti (attualmente in Italia è possibile solo presso Poste Italiane e Librerie Giunti).

Amazon ha già effettuato investimenti per quanto riguarda il packaging e l'energia rinnovabile. I nuovi centri di distribuzione, tra i quali quello di Passo Corese in Italia, sono dotati dei più moderni impianti fotovoltaici.

5.4.6 Fattori legali

Le operazioni di Amazon devono attenersi a obblighi legali; anche in questo caso le leggi possono differire da nazione a nazione. I principali fattori legali che devono essere tenuti in considerazione sono [30] [31]:

- Leggi antitrust
- Copyright, brevetti e leggi sulla tutela della proprietà intellettuale

- Leggi sulla protezione dei consumatori
- Leggi sul lavoro
- Protezione dei dati on-line
- Certificazione dei prodotti

Ultimamente una crescente attenzione è posta in riferimento alla certificazione della provenienza dei prodotti, specialmente nell'alimentare. Tramite l'implementazione della blockchain il prodotto verrebbe tracciato lungo l'intera filiera, permettendo inoltre di ridurre il rischio di prodotti contraffatti.

Le leggi che regolano questo mercato sono notevoli e ogni infrazione da parte di un brand riconosciuto come Amazon porterebbe a notevoli ripercussioni sia in termini di costi che d'immagine.

6. Supply Chain Amazon

6.1 Definizione di Supply Chain

Una supply chain è l'insieme di attori, processi e flussi che portano un bene o un servizio al cliente finale. La gestione della supply chain (SCM: Supply Chain Management) è stata definita dal Global Supply Chain Forum come [54]:

“Supply chain management is the management of relationships in the network of organizations, from end customers through original suppliers, using key cross-functional business processes to create value for customers and other stakeholders”.

Richiede pertanto l'integrazione dei principali processi di business tra tutti gli attori della catena stessa, dai clienti ai fornitori. Questi diversi player devono stringere relazioni e accordi al fine di soddisfare al meglio i bisogni dei clienti; emerge quindi la necessità di condivisione di informazioni lungo tutta la catena; in quest'ottica l'utilizzo della blockchain nella supply chain supporterebbe questa necessità, permettendo un accesso in tempo reale delle informazioni necessarie e generando benefici per tutti gli attori.

I principali processi della SCM sono [54]:

- Customer Relationship Management: identifica i clienti target per il business dell'impresa, fornendo la struttura necessaria per lo sviluppo e la gestione delle relazioni con essi; l'obiettivo è segmentare i clienti in base al loro valore nel tempo, cercando di incrementare la fiducia dei clienti target, offrendo prodotti e servizi customizzati
- Supplier Relationship Management: così come un'impresa deve gestire i rapporti con i clienti, lo stesso deve fare con i fornitori; relazioni più strette, ed eventuali partnership, saranno instaurate con i fornitori principali sulla base del valore fornito all'impresa nel corso del tempo
- Customer Service Management: monitora gli accordi relativi a prodotti e servizi offerti e interviene proattivamente nel caso di problemi
- Demand Management: processo che bilancia la domanda dei clienti finali con la capacità della supply chain; l'obiettivo è agire proattivamente, sincronizzando scorte e domanda e riducendo la variabilità che si propaga lungo la filiera. Come vedremo in seguito, uno dei principali problemi che affliggono una supply chain è l'effetto bullwhip, nel quale la variabilità aumenta risalendo lungo la catena; l'implementazione della blockchain provvederebbe ad aumentare la trasparenza delle informazioni, riducendo o eliminando tale effetto
- Order Fulfillment: processo che include tutte le attività necessarie per strutturare e mantenere una rete capace di soddisfare le richieste del cliente, e contemporaneamente massimizzare la profittabilità. La funzione logistica è quella principalmente coinvolta in questo processo, ma necessità comunque di collegamenti cross-funzionali
- Manufacturing Flow Management: processo che include tutte le attività necessarie ad ottenere e gestire flessibilità nella produzione, gestendo i processi che muovono i prodotti dentro, attraverso e fuori lo stabilimento.
- Product Development and Commercialization: coinvolge tutte le attività necessarie allo sviluppo e alla commercializzazione di un prodotto, ovvero produzione, logistica e marketing. I processi di sviluppo prodotto e commercializzazione dovranno avvenire in coordinazione con il customer relationship management per individuare i bisogni espressi e non, con il supplier relationship management per la scelta di fornitori e materiali ed infine con il manufacturing flow management per la produzione del bene
- Returns Management: prevede tutte le attività di gestione dei resi; una corretta implementazione non dovrebbe essere limitata ad un'efficiente logistica di ritorno, ma

ad un servizio proattivo che riduca il numero di ritorni e migliori la soddisfazione del cliente.

6.2 Amazon

Analizzando il principale operatore per quanto riguarda l'e-commerce in Italia, ovvero Amazon, è possibile identificare la struttura della sua supply chain; le operazioni relative alla gestione dei prodotti che avvengono all'interno di un centro Amazon sono le seguenti, come mostrato in figura 22: ricezione, stoccaggio, prelievo/impacchettamento e spedizione.



Figura 23 Operazioni di gestione prodotti Amazon

I beni passano attraverso diversi centri (nell'ordine fulfillment center, sorting center e delivery station) che svolgono diverse funzioni.

Fulfillment center: svolgono la funzione di warehouse principale da cui inizia il primo smistamento dei beni verso i sorting center; si suddividono in:

- Sortable: gestiscono beni di piccole dimensioni; in base alla tipologia di scaffali si dividono ulteriormente in traditional, nei quali gli scaffali sono fissi e sono gli operatori a muoversi per stoccare i beni, e robotics, dove invece gli operatori sono fermi e gli scaffali si muovono verso di essi grazie ai robot KIVA
- Non sortable: gestiscono beni di medie dimensioni
- iXD: centri nei quali non avviene la fase di stoccaggio, ma svolgono la funzione di smistamento tra gli stessi fulfillment center.

Pertanto, nei Fulfillment center avviene la ricezione delle merci dai fornitori, lo stoccaggio e una prima distribuzione verso i centri successivi;

Sorting centers: smistano i prodotti ricevuti dai fulfillment center verso le delivery station.

Delivery station: effettuano la consegna all'utente finale tramite corrieri; in questi centri non avviene stoccaggio.

In Italia Amazon possiede:

- 3 fulfillment center: Vercelli che è un FC robotics, Piacenza FC traditional e Passo Corese anch'esso robotics
- 1 sorting center
- 11 delivery station
- 1 customer service

Il processo può essere distinto nelle seguenti fasi:

- First mile: comprende tutte le operazioni necessarie per approvvigionare i fulfillment center dai fornitori
- Middle mile: tutte le operazioni logistiche per movimentare i prodotti tra i centri proprietari di Amazon, ovvero dai fulfillment center ai sorting center, e da questi alle delivery station; i beni vengono inoltre redistribuiti tra gli stessi fulfillment center tramite i centri iXD
- Last mile: operazioni di consegna all'utente finale; Amazon consente all'utente di scegliere tra diverse opzioni di consegna, sia per quanto riguarda le tempistiche che il luogo; le scelte variano dalla consegna standard in 2-3 giorni lavorativi, alla consegna in 1 giorno e infine alla consegna in giornata, disponibile però solo per le aree di Roma e Milano. In riferimento al luogo di consegna, è possibile sia ricevere il pacco a casa che selezionare un punto di ritiro (attualmente in Italia sono disponibili Poste Italiane, Librerie Giunti e gli Amazon Locker).

I principali attori identificabili in queste fasi sono:

- Fornitori, responsabili di approvvigionare i fulfillment center; oltre a vendere merci proprie Amazon offre anche un servizio di logistica per terzi (chiamato Logistica di Amazon); pertanto le operazioni in ingresso coinvolgono anche merci che non saranno vendute da Amazon ma che andranno solo a sfruttare la sua rete logistica e di stoccaggio; in questo caso il prodotto presenterà la dicitura Fulfilled by Amazon (figura 23) e beneficerà di tutte le garanzie e servizi dei prodotti venduti propriamente da Amazon. La terza opzione disponibile è relativa ai prodotti acquistati sul Marketplace di Amazon, piattaforma per venditori indipendenti; in questo caso i prodotti saranno gestiti interamente dal terzo, e pertanto non beneficeranno delle garanzie offerte nei due casi precedenti.

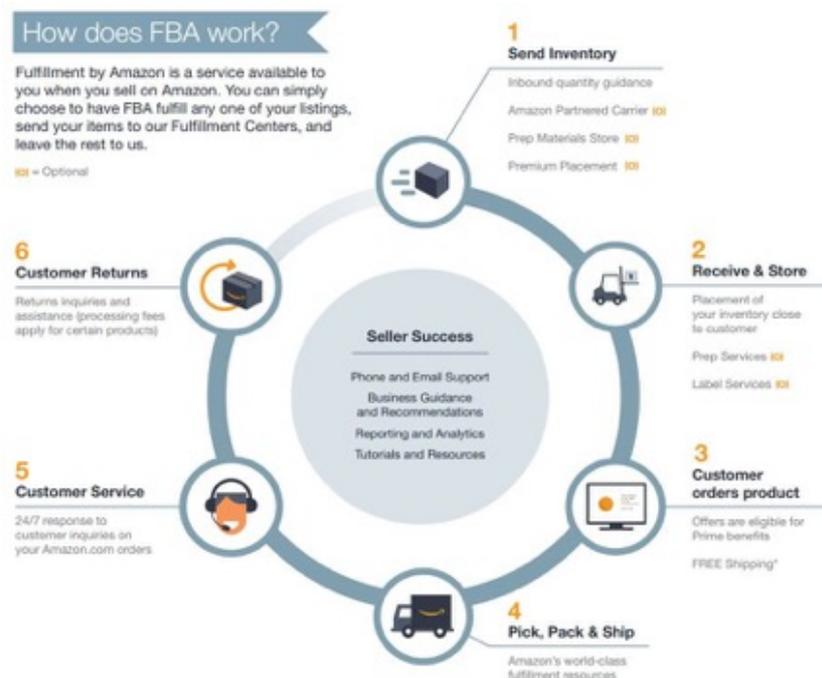


Figura 24 Funzionamento servizio FBA (fonte cpcstrategy.com)

- Fulfillment center, sorting center e delivery station: dovranno gestire operazioni di inbound, stoccaggio e outbound; non tutti questi centri eseguono l'operazione di stoccaggio

- Corriere: dovrà gestire le operazioni di movimentazione merci lungo l'intera catena, ovvero verso l'utente finale ma anche tra i centri stessi. Queste operazioni vengono effettuate sia internamente da Amazon logistics, ma anche tramite terzi (poste italiane, GLS, SDA etc.)
- Utente finale: nel contesto B2C si tratta del privato che effettua un ordine tramite amazon.it; recentemente Amazon ha aperto un nuovo portale chiamato Amazon Business, pensato per il mercato B2B.

6.3 Value Ring

Questo metodo grafico mostra i benefici che l'adozione della blockchain potrebbe generare per gli attori precedentemente identificati; questi sono ordinati in base alla loro importanza lungo la supply chain, identificando i relativi pain/gain in ordine di priorità crescente (vedi tabella 1.1):

- Fulfillment center (org1): Amazon è il player principale della filiera e pertanto viene posto in prima posizione, in quanto è il punto nevralgico in ingresso e in uscita e svolge una funzione di coordinazione e di riferimento per tutti gli altri attori; questi centri (in Italia sono tre) svolgono la funzione di warehouse principale e quindi, dato il volume di prodotti da gestire, è fondamentale l'efficienza delle operazioni di inbound, di redistribuzione e movimentazione dei prodotti tra i centri stessi mediante i centri iXD, di stoccaggio e infine di outbound lungo tutta la filiera (le operazioni di gestione dei centri successivi, ovvero sorting center e delivery station, rimangono sotto la gestione della warehouse principale e pertanto sono considerate incluse sotto quest'attore principale); tutte queste attività potrebbero essere rallentate da ritardi nelle consegne da parte dei fornitori, dalla propagazione di errori dovuti a informazioni inaccurate o da errori manuali degli operatori e infine da eventuali prodotti difettosi o danneggiati; questo si propagherebbe, in misura inferiore, anche alle decisioni di pianificazione e gestione dei livelli di magazzino, alla valutazione dei KPI e alle previsioni di domanda del fulfillment center e delle stazioni successive. Integrando efficacemente la blockchain con tecnologie come QR-codes, RFID, NFC-tags, WiFi e IoT potrebbero quindi essere ottimizzate e automatizzate le operazioni di inbound, outbound e stoccaggio, grazie alla presenza di informazioni sicure e condivise relative ai prodotti; queste informazioni ridurrebbero inoltre il rischio di frodi e di ricevere beni contraffatti. La riduzione di variabilità diminuirebbe l'effetto bullwhip, con un conseguente impatto positivo sui livelli di magazzino e sui costi logistici. Un ulteriore problema riguarda la gestione dei contratti con i molteplici fornitori e con i corrieri esterni; l'adozione di smart contracts permetterebbe di automatizzare le transazioni, incrementandone l'efficienza e l'affidabilità, riducendo i costi di transazione, e permettendo anche una rapida risoluzione delle eventuali controversie.
- Fornitore (org2): questo attore è posizionato in cima alla catena e svolge pertanto una funzione primaria, sia poiché genera il flusso di merci ed informazioni per tutti gli attori sottostanti, ma anche perché eventuali errori ed inefficienze si propagherebbero lungo tutta la filiera.

Nonostante questa posizione la sua importanza viene in parte mitigata dal potere contrattuale dell'attore dominante della filiera, ovvero Amazon.

Una delle loro priorità è inviare informazioni accurate relative al prodotto venduto, certificandone la provenienza, ed effettuare le consegne in tempo secondo quanto stabilito da Amazon; per programmare la consegna hanno la necessità di svolgere una serie di operazioni elettroniche di conferma dell'ordine, tramite Product Order (PO) e Advanced Shipment Notice (ASN); questi codici sono generati tramite il portale Vendor Central dedicato ai fornitori di Amazon e Seller Central dedicato a coloro che vendono

sfruttando la logistica Amazon. Sono inoltre necessarie operazioni manuali, come etichettature e scansioni di codici a barre, che aumentano la probabilità di errore.

L'adozione della blockchain permetterebbe una maggiore trasparenza lungo l'intera filiera, consentendo a tutti gli attori di avere un accesso immediato ai dati e fornendo inoltre un'integrazione con i sistemi ERP adottati, permettendo una riduzione dei documenti cartacei. In una prospettiva di medio termine le informazioni inaccurate potrebbero compromettere anche la determinazione dei livelli di inventario, di valutazione dei KPI e di stima della domanda lungo l'intera supply chain. Infine, riducendo la variabilità della domanda diminuirebbe anche l'effetto bullwhip, particolarmente rilevante per il fornitore data la sua posizione in cima alla catena (tale effetto si amplifica risalendo a monte lungo la filiera); questo comporterebbe una riduzione dei livelli di inventario, mantenuti alti per proteggersi da questa variabilità, e conseguentemente una diminuzione dei costi.

- Corriere (org3): l'utilizzo di corrieri esterni che non hanno accesso a tutte le informazioni relative al prodotto potrebbe generare inefficienze e ritardi nella gestione delle consegne lungo l'intera filiera, ovvero dai fornitori ai fulfillment center, tra i centri Amazon e infine all'utente finale; inoltre la necessità di effettuare operazioni manuali di scansione e di generazione di documentazione cartacea produce un ulteriore rallentamento del processo.
- Utente finale (org4): problemi relativi alla tracciabilità completa del prodotto, particolarmente carente per quanto concerne il reso dei prodotti o l'invio degli stessi in assistenza. Tramite l'utilizzo della blockchain l'utente può avere la visibilità completa del percorso e del corriere scelto.

Nonostante siano ottenibili questi benefici il processo di implementazione presenta alcune difficoltà, di seguito elencate:

- Necessità che tutti gli attori siano inclusi nella piattaforma
- Interoperabilità con i sistemi attualmente utilizzati
- Necessità che ogni bene sia tracciato, usando tecnologie come QR-codes, RFID, NFC-tags, IoT.

Questo potrebbe determinare costi ingenti che non tutti gli attori sarebbero in grado di sostenere; il player dominante nella filiera, come Amazon nel nostro caso, dovrebbe effettuare investimenti per favorire l'integrazione degli altri attori e l'adozione delle tecnologie necessarie; una possibilità sarebbe quella di adottare una piattaforma open-source e modulare, come quelle offerte da IBM (Fabric e Sawtooth). Queste infatti offrono una struttura di blockchain privata, che si adatterebbe al contesto aziendale nel quale operano gli attori, oltre alla possibilità di customizzare la piattaforma in base alle esigenze (ad esempio scegliendo la tipologia di consenso, integrando smart contracts etc.).

Miglioramento nella gestione dei contratti di fornitori e corrieri e riduzione dell'effetto bullwhip, con conseguente riduzione del livello di magazzino e costi logistici	Riduzione dell'effetto bullwhip, con conseguente riduzione del livello di magazzino e costi logistici		
Controllo dei livelli di inventario, monitoraggio dei KPI e delle previsioni di domanda	Controllo dei livelli di inventario, monitoraggio dei KPI e delle previsioni di domanda		
Miglioramento nella gestione delle operazioni di inbound, stoccaggio e outbound tramite integrazione con i sistemi ERP; presenza di dati sicuri e condivisi, riduzione rischio frodi; riduzione delle operazioni manuali e degli errori, riduzione documentazione cartacea	Semplificazione delle operazioni di certificazione del prodotto e di programmazione delle spedizioni, riduzione delle operazioni manuali e degli errori, riduzione documentazione cartacea	Accesso a dati sicuri relativi al prodotto e miglioramento nella gestione delle consegne grazie a informazioni in tempo reale, riduzione delle operazioni manuali e degli errori, riduzione documentazione cartacea	Maggiore tracciabilità del prodotto
FULFILLMENT CENTER SORTING CENTER DELIVERY STATION	FORNITORE	CORRIERE	UTENTE FINALE
ATTORI			

Tabella 1 Value Ring

7. Last Mile Logistics

7.1 Introduzione

Oggi giorno stiamo assistendo ad una crescita globale del mercato e-commerce; questo fenomeno è guidato sia dalla crescita degli operatori incumbenti che dalla conversione dei retailer tradizionali verso l'e-commerce. Il retail si sta sviluppando verso esperienze di acquisto omnicanale (OC: omni-channel), nelle quali svanisce la separazione netta tra negozi fisici brick-and-mortar e negozi on-line.

Questa tendenza è guidata dalla necessità di reazione dei negozi tradizionali all'offerta di prodotti e alla qualità dei servizi degli operatori on-line [35], in particolare dei leader di mercato come Amazon.

La crescita dei canali distributivi ha determinato un incremento della complessità a livello logistico; prima la supply chain consisteva in flussi prevalentemente lineari, dal fornitore al negozio, che era il punto finale della transazione; con l'esplosione del mercato e-commerce, il focus si è spostato sui canali distributivi e quindi sulla logistica dell'ultimo miglio, la cui analisi è l'obiettivo di questo capitolo. Diventa fondamentale per le aziende puntare su soluzioni di consegna efficienti e flessibili, che assicurino la soddisfazione del cliente; pertanto negli ultimi anni la competizione si è spostata su questo ramo della logistica, che è diventato fonte di differenziazione di mercato; questo ha determinato la nascita di molteplici metodologie di consegna e di servizi, dal ritiro in negozio o presso un locker, alla consegna a casa in un giorno. Tuttavia, c'è ancora incertezza su come integrare al meglio le soluzioni di consegna last-mile con il retail; questo ha portato diverse imprese ad effettuare sperimentazioni che si sono poi rivelate fallimentari [33]. Ad esempio, le catene di supermercati inglesi Sainsbury's e Asda, avevano aperto centri di ritiro automatizzati, che però sono stati chiusi in pochi anni; Ebay lanciò il servizio di consegna Ebay Now same-day nel 2012, per poi chiuderlo nel 2015. Diverso il discorso per quanto riguarda i servizi offerti da Amazon, da Amazon Prime ai più recenti locker e negozi Amazon Go, il cui successo guida la competizione del settore, determinando un sempre maggiore livello di sfida e di innovazione e spingendo così i competitor ad adeguarsi per non rimanere indietro. Il livello di sfida è sempre più alto, e le imprese devono trovare il giusto mix tra costi del servizio, aspettative del cliente e livelli di servizio.

7.2 Definizione di Last Mile Logistics

Con logistica di ultimo miglio (LML: last mile logistics) si intende l'ultima fase del processo logistico, che inizia nel momento in cui la merce lascia l'ultimo livello del network distributivo (quello più vicino al mercato finale), che può essere una warehouse o un centro di smistamento, e si conclude con la merce ordinata che arriva alla destinazione finale concordata con l'acquirente [36]. Il punto di origine dell'ordine viene comunemente definito "order penetration point", e si riferisce alla locazione dove l'ordine del cliente attiva il processo di consegna [33]. Di tutti i segmenti della supply chain l'ultimo miglio è considerato come quello meno efficiente, più costoso e più inquinante; consegne ripetute di piccoli beni (come elettronica, libri etc.), che sono caratteristici dell'e-commerce, generano percorsi di consegna più lunghi, oltre alla possibilità che questa debba essere ripetuta in caso di assenza del destinatario. Tutto questo comporta un incremento dell'emissione di inquinanti dell'aria (CO₂, NO_x), dell'inquinamento acustico e del congestionamento del traffico. Pertanto, la classica formula dell'e-commerce, che prevede la consegna a casa, si rivela parzialmente inefficiente e fa emergere la necessità di adottare metodi di consegna alternativi per ridurre i problemi della logistica dell'ultimo miglio [34].

7.3 Struttura distributiva della LML

Il termine “struttura distributiva”, nell’ambito della LML, copre i passaggi che vanno dall’evasione dell’ordine alla consegna finale presso la destinazione selezionata dall’utente. Include la modalità di raccolta (presso warehouse, centro di distribuzione), di trasporto (tramite flotta di corrieri propria o di terzi) e di ricezione (casa, lavoro, locker etc.).

Le tipologie di strutture distributive vengono classificate sulla base del coinvolgimento nel processo del venditore e del consumatore; possono essere sintetizzate in tre forme (figura 26) [33]:

- Push: il venditore si incarica di svolgere tutte le funzioni distributive necessarie per spedire l’ordine alla destinazione finale
- Pull: il consumatore è responsabile autonomamente delle attività di raccolta e trasporto
- Hybrid: richiede un coinvolgimento di entrambi gli attori; solitamente il prodotto viene inviato dal venditore presso un sito intermedio, dove viene successivamente ritirato dal consumatore

La figura sottostante illustra le tre tipologie di strutture, oltre alle variabili contingenti e strutturali che possono influenzare il modo e l’efficienza con il quale la struttura adottata soddisfa le esigenze del consumatore.

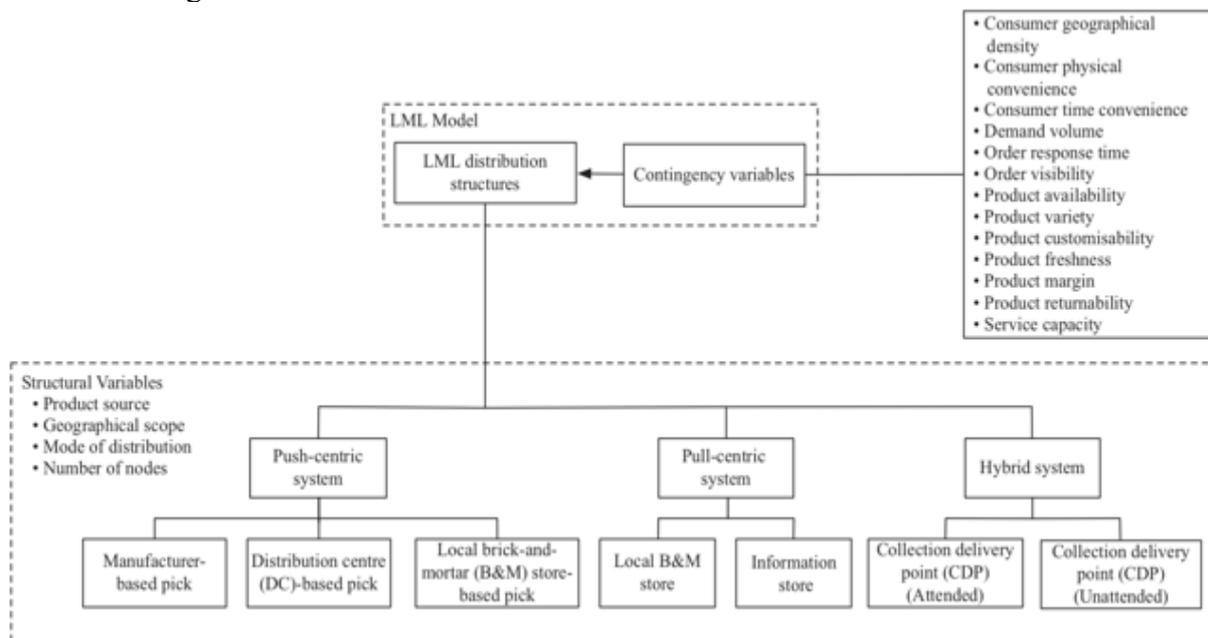


Figura 25 Strutture distributive della LML (fonte Stanley Frederick W.T. Lim, Xin Jin, Jagjit Singh Srari, (2018) "Consumer-driven e-commerce: A literature review, design framework, and research agenda on last-mile logistics models)

7.3.1 Sistema Push

Questo sistema è il più utilizzato nel mercato e-commerce; solitamente comprende un numero di stage intermedi tra il venditore e la destinazione. I punti dal quale parte la spedizione possono essere distinti in [33]:

- Manufacturer-based o drop-shipping: si intende un modello di vendita grazie al quale il venditore vende un prodotto ad un utente finale, senza possederlo materialmente nel proprio magazzino. Il venditore, effettuata la vendita, trasmetterà l'ordine al fornitore che in questo caso viene chiamato "dropshipper", il quale spedisce il prodotto direttamente all'utente finale.

- Distribution centre: il prodotto viene spedito da un centro distributivo del retailer; questi sono solitamente situati in corrispondenza delle aree urbane, per facilitare il processo di consegna.
- Brick&Mortar store-based: il retailer spedisce direttamente dal negozio.

Le destinazioni di consegna in un sistema push comprendono il proprio domicilio o il luogo di lavoro.

La consegna può avvenire utilizzando una propria flotta di corrieri, oppure appoggiandosi ad un operatore logistico esterno; recentemente sono sorte numerose start-up che offrono servizi di crowdsourcing delivery, nelle quali la consegna viene affidata a singoli corrieri indipendenti; il funzionamento è in stile “Uber”: il pacco viene assegnato al corriere più vicino al luogo di raccolta del pacco.

7.3.2 Sistema Pull

In questo sistema il consumatore è responsabile dell'intero processo, dalla fase di acquisto al trasporto; vengono individuate due varianti del sistema pull [33]:

- Negozio B&M: il consumatore acquista direttamente presso il negozio, svolgendo lui stesso le operazioni relative all'ultimo miglio.
- Information store: sostituiscono il flusso fisico di beni con un flusso informativo.

Nonostante la crescita esponenziale dell'e-commerce, ci sono ancora occasioni nelle quali i consumatori preferiscono lo shopping tradizionale; ad esempio nel caso di acquisto di capi d'abbigliamento, o beni alimentari, si potrebbe avere la necessità di visionare o provare il prodotto. Inoltre, le difficoltà relative al reso del prodotto, l'incertezza relativa alle garanzie post-vendita e metodologie di consegna lente e costose potrebbero allontanare il consumatore dall'online.

7.3.3 Sistema Ibrido

Le diverse varianti dei sistemi ibridi comprendono una parte push ed una pull. La prima consiste nella spedizione del bene da parte del venditore presso un “collection delivery point” (CDP), dove il consumatore ritirerà il prodotto. I CDP possono essere assistiti da personale, oppure automatizzati; nella prima tipologia rientrano gli acquisti “click-and-collect”, dove il prodotto viene spedito al negozio per il ritiro. Questi ordini possono essere inviati separatamente rispetto al normale flusso di approvvigionamento del negozio, oppure essere integrati nello stesso; se i retailer disponessero di dati in tempo reale relativi ai livelli di inventario, potrebbe essere implementato il concetto di click-and-reserve, dove gli ordini online verrebbero serviti direttamente dall'inventario in-store [35].

I CDP automatizzati invece non necessitano di personale; tra questi rientrano i locker (es. Amazon), che consentono all'utente finale di svolgere tutte le operazioni di ritiro in modo autonomo.

Un mix di queste strategie viene utilizzata dai grandi player dell'e-commerce, per fornire opzioni sempre più vicine alle esigenze dei clienti. L'integrazione efficace di soluzioni online con infrastrutture fisiche, permetterebbe ai retailer di ottenere sinergie per quanto concerne risparmio dei costi, differenziazione del brand e fiducia dei consumatori.

7.4 Variabili Strutturali

Comparando le strutture distributive precedentemente analizzate, è possibile identificare un set di variabili strutturali che possono determinare o meno l'adozione di un determinato sistema; queste sono [33]:

- Product source: si riferisce al luogo nel quale il prodotto è stoccato quando avviene la conferma dell'ordine; coincide con il punto di partenza della rete LML, e potrebbe essere un fornitore, un distributore o il retailer. Analizzando la struttura distributiva di

Amazon, la spedizione potrebbe partire dal fornitore nel caso di prodotti venduti e spediti da terzi, mentre per gli altri casi (nel quale la spedizione è a carico di Amazon) la spedizione parte dal fulfillment center, eventualmente passa da un sorting center e infine arriva al delivery center per la consegna all'utente finale; Amazon svolge sia la funzione di distributore che di retailer.

- Geographical scope: riguarda la distanza che separa il punto di partenza dell'ordine con il luogo di consegna designato.
- Mode of delivery: descrive la modalità di consegna dal punto di partenza al luogo di consegna; può essere effettuato in tre modi: tramite flotta di corrieri propria, tramite flotta di corrieri terza (3PL: Third Party Logistic e crowdsourcing) e a carico del consumatore (es. click-and-collect).
- Number of nodes: si riferisce alle operazioni nelle quali il prodotto risiede in un centro per lo stoccaggio o il transito; ci sono due possibili strutture: a due nodi, nelle quali il prodotto transita dal produttore/fornitore al consumatore, e a nodi multipli, dove il prodotto transita attraverso diversi centri prima di arrivare a destinazione.

7.5 Variabili di contingenza

Sono variabili che hanno un impatto diretto sulla struttura distributiva della LML e possono anche influenzare le variabili strutturali; le principali sono [33]:

- Densità geografica dei consumatori: rappresenta il numero di consumatori per unità d'area; questa variabile è strettamente correlata con la modalità di consegna. Nelle aree urbane, dove la densità è elevata, è preferibile usare una propria flotta di consegna; Amazon dispone di una sua flotta (Amazon Logistics) per le consegne nelle aree urbane e nelle zone di prossimità dei suoi centri distributivi. Questa flotta non è abbastanza capillare per coprire tutte le zone, comprese quelle dove la densità geografica è bassa; in questo caso in Italia Amazon si affida a diversi operatori esterni (UPS, DHL, Poste Italiane etc.) per avere la copertura di tutto il territorio.
- Convenienza fisica del consumatore: lo sforzo che il consumatore deve esercitare per ricevere l'ordine; la convenienza è alta per i modelli LML che utilizzano la consegna a casa, dove il consumatore non deve effettuare nessuno spostamento fisico. Al contrario è bassa nei modelli click-and-collect, in quanto la parte di ritiro del prodotto deve essere effettuata dal cliente. Tuttavia, questa seconda opzione può essere preferita dal consumatore qualora il percorso, o il prezzo, del ritiro in modo autonomo del pacco sia inferiore alla consegna a casa.
- Convenienza temporale del consumatore: tempo di attesa per la ricezione dell'ordine; i modelli click-and-collect necessitano di un maggior numero di azioni da svolgere, e pertanto sono preferiti dai consumatori con maggiore disponibilità di tempo. Nel caso di scelta di un metodo di consegna a casa, l'assenza di disponibilità nella scelta di una finestra temporale di consegna, potrebbe far preferire in ogni caso il ritiro presso un luogo prestabilito.
- Volume di ordini: il numero di ordini effettuati dai consumatori in riferimento alla struttura distributiva; i prodotti caratterizzati da un'elevata domanda sono generalmente stoccati in prossimità dei consumatori, così da ridurre i costi di trasporto e beneficiare di tempi di risposta veloci. I prodotti a bassa domanda sono invece stoccati nei magazzini centrali e trasferiti successivamente ai centri distributivi in caso di ordine del cliente.
- Tempo di risposta all'ordine: è la differenza di tempo tra l'effettivo ordine da parte del cliente e la spedizione; tempo di risposta brevi possono essere raggiunti tramite la localizzazione delle operazioni di spedizione. Inoltre, il numero di nodi che il pacco deve attraversare influenza questo tempo, in quanto per ogni nodo sono necessarie

operazioni logistiche di inbound, eventualmente di stoccaggio e di outbound, che allungano notevolmente la durata della spedizione.

- **Visibilità dell'ordine:** è la possibilità per il cliente di tracciare il pacco dal punto di partenza alla consegna; la visibilità è più facile quando i nodi da attraversare sono pochi; all'aumentare di questi la visibilità potrebbe diminuire, in quanto la presenza di attori esterni non pienamente integrati rallenterebbe il flusso informativo. Inoltre, come detto in precedenza, per ogni nodo sono necessarie diverse operazioni manuali e di generazione di documentazione che potrebbero non essere registrate e visibili all'utente finale.
- **Disponibilità e varietà di prodotti:** il primo indica la probabilità di avere un prodotto in stock quando arriva l'ordine del consumatore, mentre il secondo indica l'assortimento disponibile, in termini di numero di categorie merceologiche e ampiezza di una data categoria. Nel caso di grandi operatori dell'e-commerce come Amazon, questi valori sono estremamente elevati, in quanto sono in grado di offrire qualsiasi prodotto in qualsiasi momento.
- **Margine del prodotto:** modelli LML con una struttura centrale dove stoccare i prodotti sono maggiormente adatti per beni ad alto margine, in quanto i consumatori sono più predisposti a tollerare lunghi tempi di risposta; i modelli invece con centri localizzati rispondono maggiormente all'esigenza di prodotti dall'elevata domanda ma basso margine.
- **Reso del prodotto:** la facilità con la quale il consumatore può restituire i prodotti acquistati; il costo del processo di reso aumenta all'aumentare della distanza tra il punto di consegna e di origine.
- **Livello di servizio:** la capacità di un determinato sistema LML di soddisfare le esigenze dei consumatori, assicurando l'efficienza di tutti i servizi proposti.

7.6 Problemi ed obiettivi di un retailer multicanale

I principali problemi ed obiettivi relativi alla struttura distributiva di un e-commerce retailer sono [35]:

- **Sviluppare e ottimizzare metodologie di consegna;** questo aspetto può essere considerato il principale focus dei retailer nel mercato e-commerce, in quanto un'inefficienza nella consegna determinerebbe insoddisfazione nei clienti. Una difficoltà crescente è emersa in seguito allo sviluppo delle nuove metodologie di consegna, che integrano soluzioni push e pull. Inoltre, i clienti si aspettano consegne veloci come uno standard del servizio offerto.
- **Trasparenza dei livelli di inventario;** la mancanza di dati in tempo reale e di comunicazione tra tutti gli attori della filiera determina inefficienze e variabilità relativa ai livelli di stock, che si propagano lungo l'intera filiera. Un'efficace integrazione dei dati lungo l'intera supply chain assicurerebbe, per tutti gli attori coinvolti, informazioni accurate relative ai prodotti disponibili e ai tempi di consegna.
- **Migliorare la diffusione dei servizi di tracciamento:** un'importante criticità è legata alla limitata tracciabilità del pacco lungo l'intero processo di spedizione, particolarmente carente in riferimento a quelle internazionali, dove diversi operatori sono coinvolti. È importante che il venditore sia sempre in grado di offrire al cliente informazioni aggiornate sullo stato della consegna, indipendentemente dal servizio utilizzato.
- **Miglioramento del servizio di reso del prodotto:** attualmente questa operazione è particolarmente inefficiente, in quanto il cliente deve effettuare autonomamente una serie di azioni, come impacchettamento e spedizione; inoltre non c'è trasparenza relativamente al costo del servizio di reso, in quanto potrebbero essere applicate tariffe differenti a seconda dell'operatore di consegna.

- Integrazione dell'offerta online e offline; per alcune categorie merceologiche persiste la preferenza per l'acquisto in negozio. I giganti dell'e-commerce si stanno indirizzando verso una sempre maggiore integrazione. Amazon nel 2017 ha acquistato per 13.7 miliardi di dollari la catena di supermercati Whole Food e ha inoltre inaugurato i primi Amazon Go, supermercati automatizzati senza casse, confermando la tendenza di investimento nel retail.

7.7 Amazon LML

In questa sezione verrà analizzata la logistica dell'ultimo miglio di Amazon, facendo riferimento alle strutture distributive precedentemente analizzate; essendo il maggiore operatore dell'e-commerce al mondo, introduce costantemente miglioramenti ed innovazioni in ambito logistico, determinando il livello di competizione per gli altri player del mercato. Pertanto, alcune delle soluzioni proposte sono ancora in fase sperimentale e limitate ad alcuni paesi (in particolare Stati Uniti).

7.7.1 Struttura push

In questa tipologia di struttura Amazon si occupa di svolgere tutte le operazioni necessarie alla consegna del pacco, senza che il cliente finale debba occuparsi di nulla; Amazon possiede diversi centri logistici attraverso i quali il bene transita, dai fulfillment center ai sorting center, per giungere infine presso le delivery station, posizionate in prossimità della consegna finale. Rientrano nella categoria push le tradizionali metodologie di consegna di Amazon, la cui disponibilità è soggetta a diverse condizioni come tipologia di articolo, peso, dimensioni e indirizzo di consegna; esse sono [37]:

- Spedizione gratuita: la consegna avviene in 4-5 giorni lavorativi
- Standard: avviene generalmente in 2-3 giorni lavorativi; il costo varia a seconda della tipologia di articolo acquistato, mentre è gratuito per gli iscritti ad Amazon Prime
- 2 giorni: consegna in due giorni lavorativi; il costo è di 5,99 euro, gratuito per gli iscritti ad Amazon Prime
- 1 giorno: permette di ricevere l'ordine il giorno successivo alla spedizione dell'ordine; è la modalità di spedizione maggiormente sponsorizzata dal servizio Amazon Prime
- Spedizione "Consegna Oggi": prevede la consegna nella stessa giornata nella quale è stato effettuato l'ordine, tra le 18.30 e le 21.30; quest'opzione è attualmente disponibile solo nelle aree di Milano e Roma.

Oltre a questi servizi tradizionali, Amazon sta sperimentando alcuni servizi innovativi di consegna, tra i quali c'è la consegna a casa tramite droni. Questo servizio prende il nome di Amazon Prime Air ed è attualmente in sperimentazione negli Stati Uniti e in UK. I clienti che si trovano in prossimità dei centri Amazon, potranno beneficiare di una consegna in 30 minuti [41]; tuttavia tale servizio presenta delle limitazioni, come il range limitato di consegna, il peso del pacco e le restrizioni delle norme relative al volo dei droni nelle aree urbane.

Nell'ottobre 2017 Amazon in USA ha lanciato Amazon Key [38]: si tratta di una serratura elettronica governabile da smartphone, da installare sulla porta di casa insieme ad una telecamera. Il sistema consente di gestire da remoto l'arrivo del corriere o di dare al corriere stesso l'autorizzazione ad aprire la serratura di casa, evitando il problema delle consegne ripetute in caso di assenza del ricevente; quando il corriere arriva presso l'abitazione, scannerizza il codice della spedizione e riceve una password temporanea che gli consente di aprire una sola volta la porta dotata della serratura intelligente. Contemporaneamente la telecamera si attiva e riprende la scena, consentendo all'utente di guardare la consegna in diretta o in seguito. Questo servizio è attualmente disponibile in 37 città degli Stati Uniti e ha un costo di 249 dollari; dopo questa prima fase di test il servizio potrebbe essere esteso anche in Europa.

Un'evoluzione del precedente servizio è Amazon Key In-Car, che prevede la possibilità per i corrieri di consegnare i pacchi direttamente nel bagagliaio delle vetture degli acquirenti. Nasce da una partnership con alcune case automobilistiche (al momento solo Volvo e General Motors), e sfrutta le tecnologie di connessione alla rete presenti sulle vetture di ultima generazione; i corrieri di Amazon sfrutteranno il GPS per localizzare l'auto e una volta trovata, scansioneranno il pacco e apriranno la vettura tramite un'applicazione. Allo stesso tempo l'acquirente, tramite l'applicazione Amazon Key In-Car Delivery verrà notificato quando l'auto viene aperta per la consegna. Questo servizio, come il precedente, è attualmente disponibile in 37 città statunitensi; ulteriori limitazioni riguardano il valore della merce consegnata e la necessità di sottoscrivere l'abbonamento ad Amazon Prime e ai servizi di connessione dell'auto [39] [42].

7.7.2 Struttura pull

Essendo Amazon un retailer e-commerce, l'adozione della tipologia pull, nella quale lo sforzo di acquisto e trasporto è tutto a carico del cliente, è particolarmente limitata. Attualmente questa struttura distributiva è identificabile nei supermercati Amazon Go, presenti solamente a Seattle, Chicago e San Francisco [40]. Il carattere altamente innovativo dell'azienda emerge anche nel settore puramente retail; infatti si tratta di un nuovo concept di store senza casse né cassieri: è sufficiente entrare nel negozio, prelevare gli articoli desiderati ed uscire, dato che quanto preso verrà automaticamente addebitato sul conto Amazon. Ogni cliente, per accedere al punto vendita, dovrà scansionare tramite un lettore il codice QR personale generato all'app di Amazon Go. Dentro il negozio un sistema di telecamere e sensori monitorerà ogni spostamento e invierà le immagini ad un software di riconoscimento, basato sull'intelligenza artificiale, che distinguerà le diverse persone presenti e quello che hanno prelevato. La tecnologia di Amazon Go è scalabile, in quanto per spazi maggiori è necessario un maggior numero di telecamere e sensori; l'obiettivo di Amazon è di aprire 3000 store entro il 2021.

7.7.3 Struttura ibrida

Rientrano in questa struttura, che comprende una parte push a carico di Amazon, ed una pull a carico del cliente, le tradizionali metodologie di consegna click-and-collect. Le opzioni disponibili in Italia sono il ritiro presso CDP di partner convenzionati (Poste Italiane e Librerie Giunti), oppure presso gli Amazon Locker. I primi necessitano comunque di personale per effettuare il ritiro, mentre i secondi sono self-service, in quanto automatizzati; sarà sufficiente digitare o scansionare il codice ricevuto per ritirare i prodotti acquistati. Possono essere installati presso centri commerciali, stazioni di servizio, stazioni della metro ed altre aree ad accesso pubblico.

Nel luglio 2017 Amazon ha lanciato in USA il programma The Hub, una tipologia di locker da posizionare all'ingresso di condomini, palazzi e uffici. I locker di Amazon Hub non saranno a disposizione solo per le consegne effettuate da Amazon, ma anche di altri operatori. Con questo servizio Amazon ha promosso lo sviluppo e la capillarità delle reti di locker, proponendo già da subito una soluzione che sembra un'evoluzione del precedente servizio dei locker: uno in ogni edificio. Amazon disporrà inoltre dei dati inerenti alle consegne dei singoli utenti e dell'intero palazzo nel quale il locker è installato. Dove l'Hub condominiale verrà installato, Amazon disporrà di un asset di accesso eccezionale, con il quale tutti gli altri attori dell'e-commerce dovranno confrontarsi [44].

7.7.4 Modalità di trasporto

Nelle precedenti sezioni sono state analizzate le varie modalità di distribuzione di Amazon, considerando il punto di partenza e di destinazione; in questa sezione sarà analizzato lo stage intermedio, ovvero le modalità di trasporto tra i due punti.

Per effettuare le consegne Amazon si affida principalmente a corrieri esterni, in quanto non dispone ancora di una flotta sufficiente per poter coprire in modo capillare tutto il territorio; tra i principali operatori a cui si affida nel territorio italiano ci sono Poste Italiane, GLS, SDA, DHL, UPS etc.

L'obiettivo di Amazon è ridurre progressivamente la sua dipendenza da operatori terzi, per poter ottimizzare ancora meglio la gestione dell'ultimo miglio; dispone già di una flotta chiamata Amazon Logistics, ma il cui utilizzo è limitato per consegne rapide nelle prossimità dei centri primari o secondari. Quindi, per espandere la sua rete distributiva, ha lanciato un programma di partnership chiamato Amazon Flex, che consente a chiunque, anche senza esperienza nel settore logistico, di intraprendere un'attività di consegne utilizzando il proprio mezzo.

Si tratta di un servizio di crowdsourced delivery in stile Uber, dove chiunque può guadagnare effettuando consegne per conto proprio tramite un'applicazione; in alternativa è possibile intraprendere un vero e proprio business di consegna, spendendo 10.000 dollari per diventare un partner logistico di Amazon.

I corrieri tradizionali operano secondo logiche precedenti alla digitalizzazione e all'esplosione dell'e-commerce; la loro infrastruttura e le tecnologie di cui dispongono sono datate e non orientate alla necessità odierna di consegne rapide. Pertanto, Amazon vorrebbe costruire la propria infrastruttura di consegne indipendente, affinché possa raggiungere la flessibilità e la scalabilità necessarie per abbracciare a pieno la rivoluzione dell'e-commerce.

L'enorme crescita dei volumi di Amazon negli ultimi anni ha determinato una crescita relativa ai costi delle spedizioni, che sono cresciuti esponenzialmente (vedi figura 27), passando dagli 11,5 miliardi di dollari del 2015 ai 21,7 miliardi del 2017.



Figura 26 Crescita dei costi di spedizione di Amazon (fonte Statista)

Nonostante percepisca ricavi dalle operazioni di spedizione, come la sottoscrizione degli abbonamenti ad Amazon Prime, i costi netti della spedizione nel 2016 ammontavano a 7 miliardi di dollari [43].

Sarebbe sicuramente un errore credere che Amazon possa risparmiare tutti questi costi tagliando gli intermediari e creando la propria rete di consegne; infatti per poter effettuare questa operazione saranno necessari enormi investimenti in infrastrutture e processi. Tuttavia, il ritorno non sarà solo in termini economici, ma anche relativo all'intera esperienza di acquisto

del consumatore. L'inefficienza degli attuali partner su cui Amazon si appoggia per le consegne, potrebbe allontanare il cliente da un ulteriore acquisto presso la piattaforma. Internalizzando l'intero processo e assicurando una consegna efficiente, Amazon rinforzerebbe la decisione di acquisto, assicurandosi la fedeltà del cliente e generando un effetto lock-in; l'atto della consegna sarebbe solo lo step finale di questo processo di fidelizzazione, che è rinforzato dall'intera gamma di prodotti e servizi Amazon (vedi figura 28), da Alexa ai Dash Button ai servizi Prime.



Figura 27 Amazon Customer Journey Loop (fonte medium.com)

8. Dimensionamento della Rete

In questo capitolo andremo a dimensionare la rete, valutando il numero di transazioni al secondo (TPS: transactions per second) che il sistema dovrà gestire nei momenti di picco; per lo scopo proposto sarà utilizzata la piattaforma Hyperledger Sawtooth, che utilizza il meccanismo di consenso PoET. Per quanto riguarda le prestazioni e il numero di TPS supportati da Sawtooth non è possibile ottenere valori assoluti, in quanto variano fortemente in base alle caratteristiche della piattaforma stessa. Nella valutazione delle performance dell'ambiente di sviluppo dovranno essere considerati i seguenti elementi [52]:

- Protocollo di consenso: la tipologia di consenso usata, come PoW, PoS, PoET etc.
- Distribuzione geografica dei nodi: il setup fisico della rete, ovvero se i nodi sono colocalizzati o dispersi.
- Hardware: velocità del processore, numero di core, memoria etc.
- Numero di nodi coinvolti nella fase di verifica: alcune piattaforme blockchain inviano le transazioni a tutti i nodi, altre invece solo ad un sottoinsieme (ad esempio Hyperledger Fabric Endorsers)
- Tipologia di dati salvati
- Complessità degli smart contract
- Dimensioni delle transazioni: influenzano il tempo di propagazione attraverso la rete

Per valutare correttamente le performance di una rete blockchain è possibile utilizzare Hyperledger Caliper; esso genera un report contenente diversi indicatori, come TPS, latenza delle transazioni, utilizzo delle risorse etc.

In [45] viene condotto un esperimento al fine di valutare le performance del meccanismo PoET usato da Sawtooth; è stato imposto il limite della capacità di banda a 50Mbps e 100ms di latenza. Nel corso dell'esperimento sono fatti variare la block size da 4 a 8 MB, ed il block time (tempo medio impiegato dal potere computazionale della rete per creare un nuovo blocco) da 12 a 24 secondi.

I risultati hanno mostrato che un sistema con un solo nodo può validare fino a 1.150 tps, valore che costituisce l'upper bound, ma che risulta poco verosimile in un sistema reale formato da molti nodi. Tale valore decresce all'aumentare del numero di nodi, come mostrato nella figura 29. Questo perché, all'aumentare di n cresce il tempo di propagazione del blocco nella rete, portando ad una riduzione del throughput e una crescita dello stale block rate (blocchi scartati che non vengono aggiunti alla catena); con più stale block ogni nodo dovrà spendere maggior tempo per verificarli, avendo così meno capacità per processare blocchi validi.

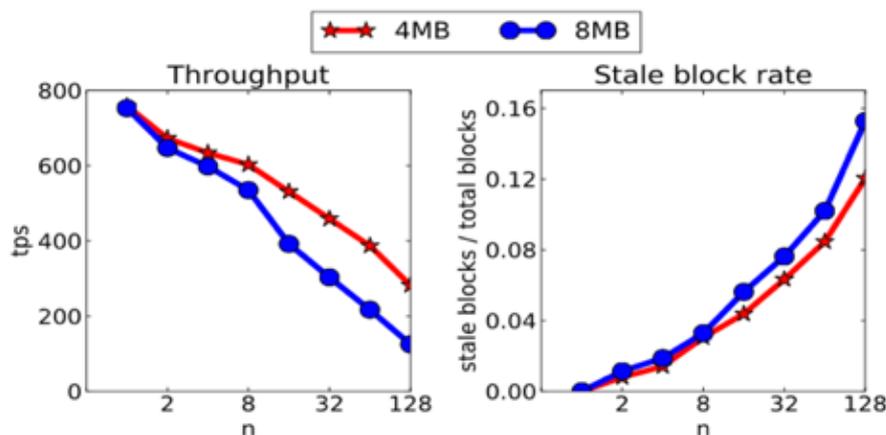


Figura 28 Throughput e stale block rate (fonte [45])

Ipotesi:

- 5.000-25.000 ordini al giorno
- Last-mile pomeriggio successivo

Il numero di ordini considerato viene ripartito percentualmente nelle seguenti fasce orarie:

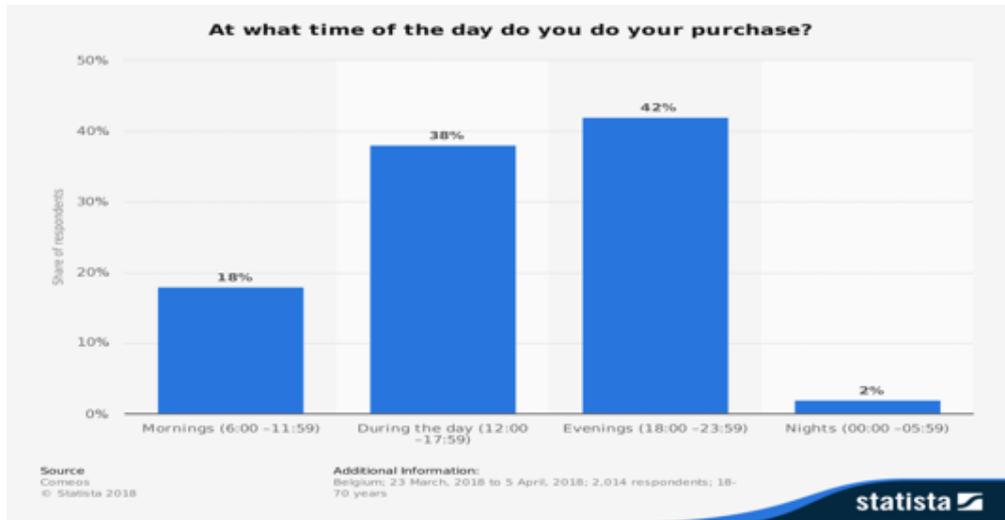


Figura 29 Time of purchase (fonte Statista)

Poiché dobbiamo dimensionare la rete, consideriamo l'upper bound, ovvero 25.000 unità/giorno; gli ordini sono così ripartiti nell'arco della giornata (per il calcolo dei tps, nell'ottica di un futuro utilizzo in un contesto reale, ottenuto il valore medio nelle sei ore, questo dovrà essere moltiplicato per il numero di transazioni necessarie ad eseguire le operazioni lungo la filiera; nel nostro caso il numero di transazioni è di 150, determinando quindi valori di tps che rientrano nei limiti teorici)

- Ore 00-5.59: 500 unità (0,023x N tps)
- Ore 6-11.59: 4.500 unità (0,2083x N tps)
- Ore 12-17.59: 9.500 unità (0,4398x N tps)
- Ore 19-23.59: 10.500 unità (0,4861x N tps)

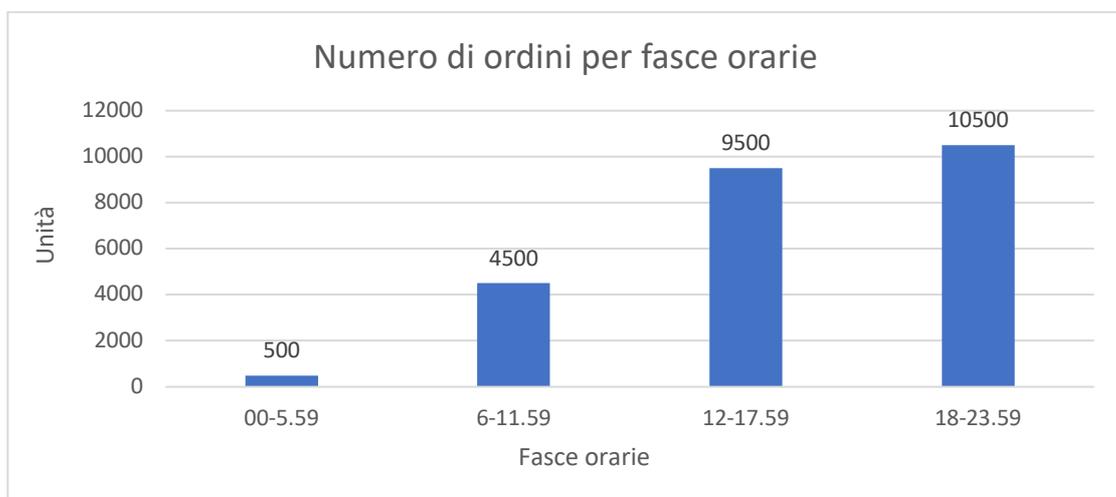


Figura 30 Numero di ordini per fasce orarie

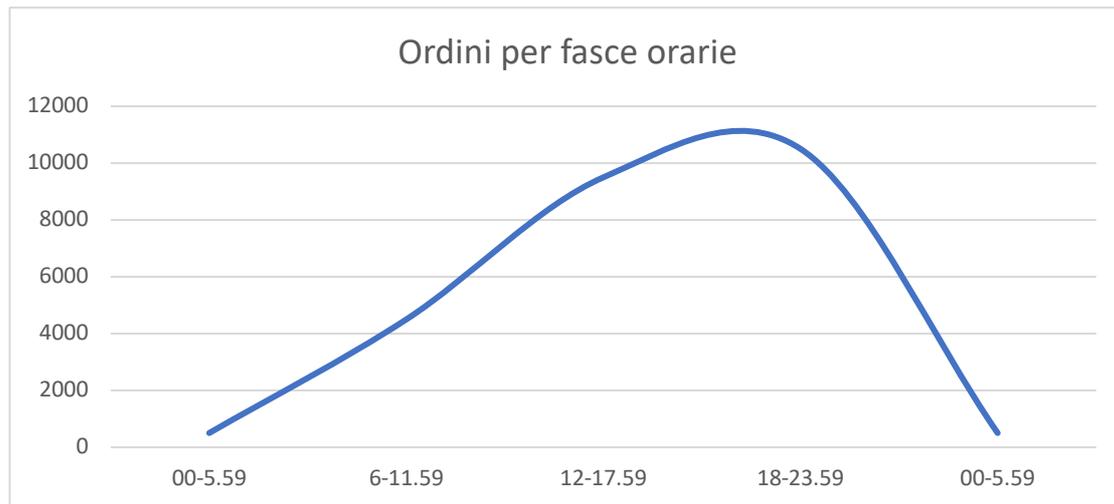


Figura 31 Curva numero ordini per fasce orarie

8.1 Effetto Bullwhip

In una supply chain leggere variazioni nel tempo della domanda del cliente finale determinano un aumento della variabilità, e quindi del numero di ordini, man mano che si risale lungo la catena, (come mostrato nella figura 33). Tale effetto aumenta all'aumentare della lunghezza della catena e del lead time tra le diverse fasi. Le informazioni distorte lungo la supply chain determinano enormi inefficienze nelle seguenti aree: livelli di inventario, servizio clienti, capacità produttiva e trasporto. Tali effetti sono causati principalmente da [46] [47]:

- errori nella previsione della domanda: ogni impresa effettua previsioni della domanda dei prodotti per poter schedare la produzione, programmare la capacità, controllare l'inventario etc. Tale previsione è solitamente basata sullo storico degli ordini dei clienti; ma l'ordine effettuato a monte prevede non solo la domanda prevista, ma anche una parte relativa agli ordini futuri e alle scorte di sicurezza. In questo modo, risalendo a monte, si perde il vero valore della domanda finale
- lottizzazione degli ordini: un'impresa effettua ordini a monte presso i fornitori, usando metodi di controllo e monitoraggio dell'inventario. Ma tali ordini non sono effettuati immediatamente, in quanto le imprese solitamente ordinano ad intervalli periodici (settimanalmente, mensilmente etc.), poiché processare ordini frequenti sarebbe molto costoso; si osserva che circa il 70% degli ordini avviene nell'ultima settimana del mese, come conseguenza dell'esecuzione dell'MRP. Questa periodicità degli ordini contribuisce ad aumentare la variabilità, in quanto il fornitore avrà un picco di domanda in un determinato periodo, seguito da assenza di domanda fino al prossimo ordine.
- fluttuazione dei prezzi: promozioni ed offerte (quali promozioni di prezzi, quantità, coupon etc.) possono essere dannose per la supply chain; infatti determinano una traslazione della domanda nel tempo: il consumatore acquisterà maggiormente nel periodo di offerta, smettendo di comprare finché avrà sufficienti scorte; anche in questo caso si perde il valore reale della domanda finale
- meccanismi di razionamento che spingono gli attori ad ordinare quantità maggiori di quelle necessarie: quando la domanda eccede l'offerta, il produttore solitamente è costretto a razionare i prodotti ai clienti, per soddisfare in modo parziale la domanda. Anche questo fenomeno genera una traslazione temporale degli ordini dei clienti, che compreranno maggiormente quando il prodotto è disponibile. Il produttore perde così il valore reale della domanda finale.

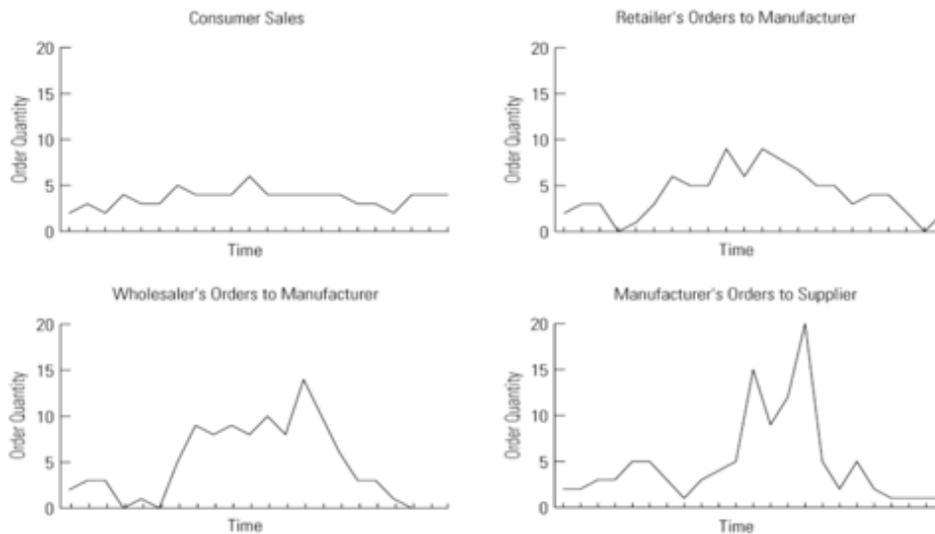


Figura 32 Incremento della variabilità lungo la supply chain (fonte Lee et al., 1997 [46])

Gli ordini vengono processati presso le warehouse principali, ovvero i fulfillment center, e da qui, alla ricezione dell'ordine, i beni vengono inviati alle stazioni successive per la consegna all'utente finale. Il last mile avviene il giorno successivo, dalle 8.30 alle 18.30. Pertanto, spostandoci verso le fasi a valle dei fulfillment center, ovvero le delivery station, la variabilità dovrebbe essere contenuta data la rapidità delle operazioni che dovranno essere svolte per garantire la consegna il giorno seguente, nel quale verranno consegnati gli ordini effettuati entro le ore 24.00 del giorno precedente.

Come mostrato nella figura 34, un ordine effettuato tramite Amazon Prime è spedito dal fulfillment center il giorno stesso, arriva presso la delivery station la notte del giorno seguente ed infine è consegnato dalla mattina.

sabato 17 novembre

12:20 PM	Tentativo di consegna effettuato <i>Brandizzo, IT</i>
8:01 AM	In consegna <i>Brandizzo, IT</i>
1:11 AM	Il pacco è arrivato presso la stazione di consegna finale <i>Brandizzo, IT</i>

giovedì 15 novembre

Spedizione in transito

Figura 33 Processo ordine Amazon Prime

9. Simulazione della Supply Chain con Sawtooth

9.1 Introduzione

L'obiettivo delle seguenti simulazioni è dimostrare che è possibile utilizzare la blockchain nella supply chain di un operatore come Amazon, e che tale utilizzo apporti i benefici identificati precedentemente con il value ring; inoltre il numero di ordini giornalieri da gestire nella simulazione, ovvero 5.000-25.000, deve essere supportato dalla piattaforma utilizzata.

Questo valore però, con il codice utilizzato e l'hardware a disposizione non è stato possibile verificarlo effettivamente, ma solo tramite delle simulazioni più o meno verosimili; dopo la fase in cui è stato movimentato un solo asset lungo la filiera, per simulare un impiego maggiore della blockchain sono state inviate transazioni contemporaneamente a due client.

Nell'utilizzo di Sawtooth per simulare la supply chain in esame (schematizzata in figura 34) sono definiti nella piattaforma asset, warehouse, carrier e delivery, e per ognuno dei quali sono specificati gli attributi essenziali che dovranno essere mantenuti on-chain; questi comprendono solo le informazioni rilevanti dal punto di vista della blockchain, ovvero principalmente informazioni dinamiche e la cui presenza e visibilità apporterebbe benefici per tutti gli attori; sono quindi mantenute off-chain informazioni statiche quali nome, cognome, indirizzo etc. in quanto peserebbero inutilmente sulla quantità di dati registrata sulla blockchain, oltre ad essere dati facilmente reperibili.

Ogni carrier trasporta una o più delivery, e ognuna di queste è composta da uno o più asset. Lo stato della blockchain è modificato tramite azioni; esse sono stringhe associate dal programmatore ad una serie di operazioni sulla blockchain. Ogni entità nella blockchain potrebbe fare riferimento ad un permesso, che è una relazione tra un'azione da eseguire ed un set di chiavi che hanno il permesso di eseguire tale azione. Inoltre, un quorum può essere specificato, così che tale azione è eseguita solo quando tale valore è raggiunto. Questo comportamento è ottenuto tramite un meccanismo di proposta/voto, e permette la presenza di entità condivise.

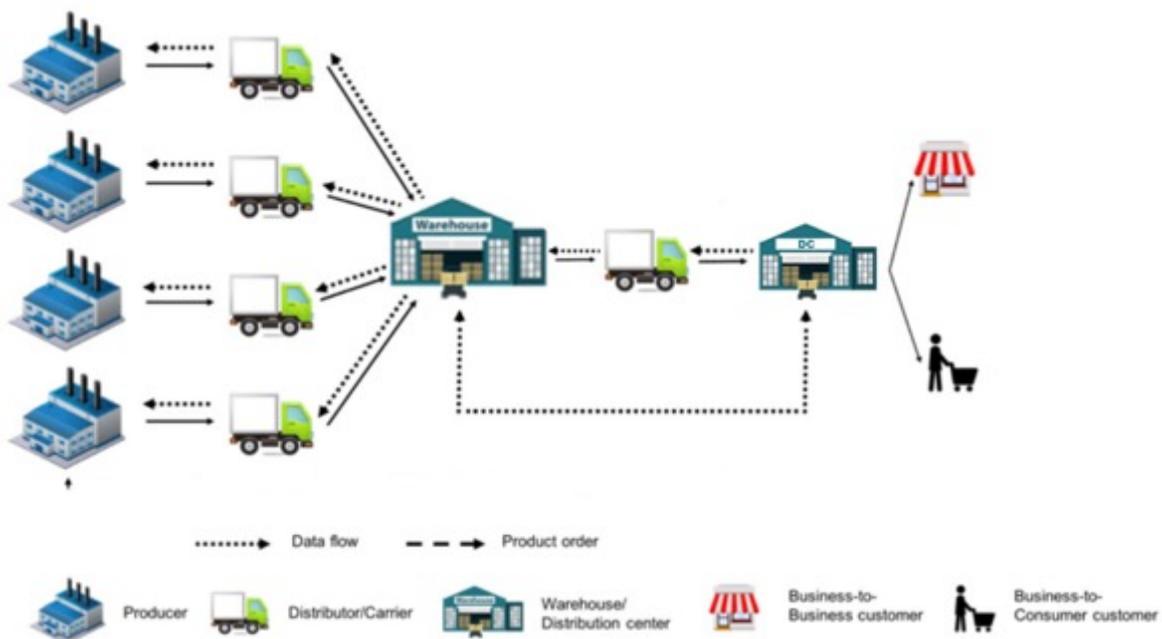


Figura 34 Supply chain (fonte [55])

Warehouse:

- ID: chiave pubblica per identificare la warehouse
- Inventory level: per l'attività di stoccaggio è necessario conoscere lo spazio disponibile all'interno della warehouse; la trasparenza dell'informazione tra le varie warehouse permetterebbe di movimentare i beni in modo efficiente a seconda della domanda
- Free dock: numero di slot liberi per i truck in ingresso; è necessario conoscere questa informazione poichè i fornitori, ma eventualmente anche gli altri centri, devono programmare le consegne presso la warehouse, che quindi deve avere la visibilità degli slot disponibili per poterli schedulare correttamente
- Free truck: numero di truck disponibili per mobilitare i beni verso le successive stazioni; questo dato, in un'ottica di incremento della visibilità lungo la supply chain, aiuterebbe sia Amazon che i corrieri.

Nel definire l'attore warehouse non è stata fatta distinzione tra i diversi centri Amazon, in quanto, dal punto di vista della blockchain, presentano tutti gli stessi attributi; pertanto quest'attore identifica sia il fulfillment center che il distribution center.

Carrier: il veicolo che effettua la consegna finale

- ID
- Position
- Number of deliveries
- Kilometers travelled

End point: l'utente finale, che può essere B2B o B2C

- ID

Considerando invece gli asset, che rappresentano i beni fisici che vengono mobilitati lungo la filiera, sono stati definiti i seguenti attributi:

- ID
- Temperature: per beni organici è necessario monitorare la temperatura, assicurando che sia mantenuta nei valori ottimali per la sua conservazione
- Position: è tenuta traccia delle diverse posizioni del pacco in riferimento alle diverse fasi lungo la supply chain
- Volume: attributo collegato con il livello di inventario della warehouse
- Keeper: l'attore che ha in custodia il bene, senza averne il possesso legale
- Owner: il proprietario del bene

L'entità Delivery è stata creata per poter inizializzare l'attività di mobilitazione dell'asset; essa presenta:

- ID
- Numbers of Assets
- Estimated time of delivery

Successivamente potranno essere aggiunte on-chain informazioni addizionali, come mostrato nella tabella seguente:

	Warehouse	Carrier	Final User	Asset	Delivery
Informazioni rilevanti	ID Inventory level Free docks Free trucks	ID Position N. of deliveries Km travelled	ID	ID Temperature Position Volume Owner/Keeper	ID N. of Assets Estimated time of delivery
Informazioni aggiuntive		Fuel consumption CO2 emission			Effective time of delivery (if late/failed: cause of late/failed)

Tabella 2 Informazioni on-chain per le entità inizializzate

9.2 Configurazione della blockchain

La blockchain utilizzata, basata sulla piattaforma Sawtooth, è composta da 5 validatori, che utilizzano il meccanismo di consenso PoET, e da 5 client, che possono inviare transazioni ad uno specifico validatore tramite la REST API (vedi figura 35).

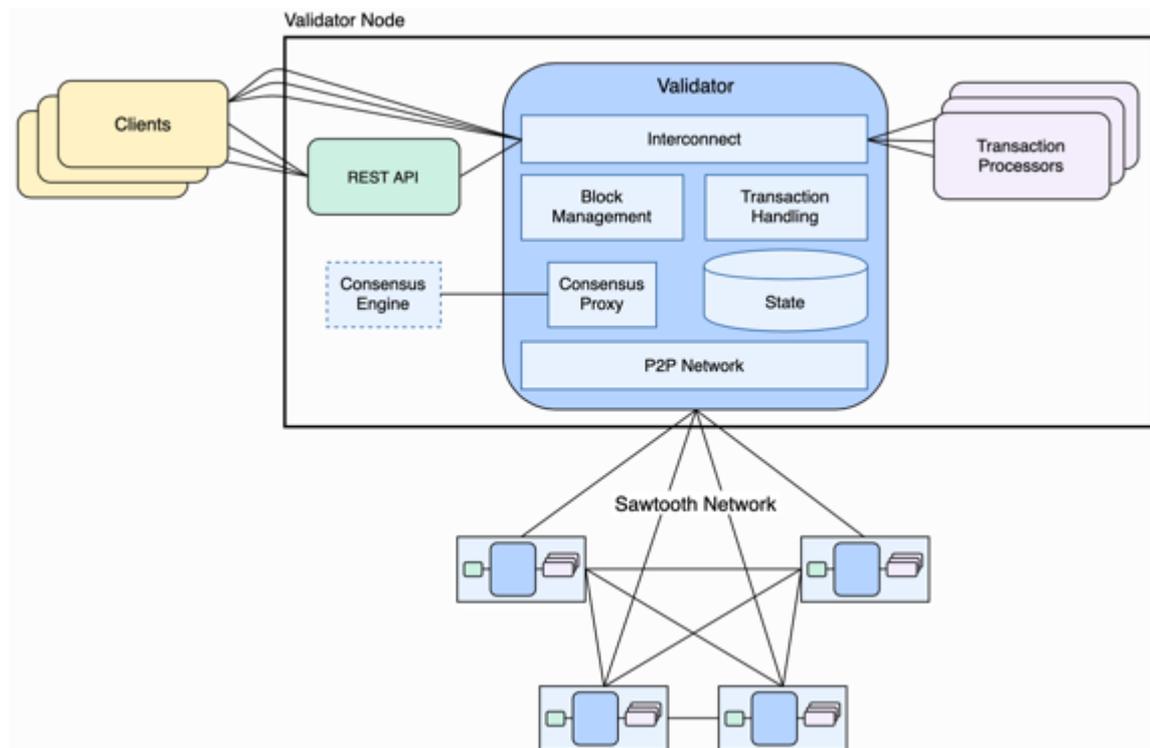


Figura 35 Architettura di una rete Sawtooth (fonte [56])

Quattro differenti entità interagiscono nella blockchain:

- Attori: definiti solo dalla loro chiave pubblica, che li identifica; possono registrare dati sulla blockchain, anche se al momento non è uno step necessario per poter inviare transazioni e modificare lo stato della blockchain
- Asset: rappresentano gli oggetti tracciati dalla blockchain. Sono definiti da un identificatore, un proprietario (l'attore che ha la proprietà legale del bene), un custode (l'attore che ha in custodia il bene in un dato periodo) e una policy. Il proprietario ed il custode fanno inoltre riferimento alle proprie policy, contenente le regole per aggiornarli; nel caso in cui non ne sia definita alcuna, l'attore identificato come il proprietario sarà l'unico ad avere l'autorizzazione di aggiornamento e cancellazione. L'identificatore non fa riferimento ad una policy, poiché non cambia nel tempo.
- Policies: implementano la logica di autorizzazione dell'applicazione. Una policy può autorizzare aggiornamenti e cancellamenti di informazioni o aggiornamenti riguardanti quali policy controlla una determinata informazione. Le policies hanno un id statico, un creatore statico (l'attore che ha creato la policy) e due campi dinamici: un "quorum", che rappresenta il numero di attori che devono approvare una data modifica, e le "chiavi", ovvero un set di identificatori e livelli di permesso, che permettono di assegnare diversi livelli a differenti attori; al momento sono presenti tre livelli di permesso. 0, che permette solo di leggere i dati; tutti gli attori hanno questo livello di permesso, pertanto non è necessario specificarlo. 1, che permette di aggiornare i dati e infine 2, che permette di aggiornare la policy stessa o eliminare l'entità.
- Proposte: sono create automaticamente quando c'è un tentativo di aggiornare/eliminare l'informazione e la policy che la regola ha un quorum maggiore di uno, oppure quando l'attore che sta tentando di effettuare tali operazioni non è autorizzato. Gli attori autorizzati possono poi votare la proposta, a favore o contro (vote, unvote); appena viene raggiunto il quorum la modifica è effettuata; le proposte non possono essere modificate. È possibile però che siano richiesti alcuni voti specifici: ad esempio quando viene aggiornato il proprietario/custode di un asset, il nuovo proprietario/custode dovrà confermare di averne il possesso. Questi votanti hanno il diritto/dovere di votare indipendentemente dalla policy. L'identificatore di una proposta è la concatenazione dell'id dell'entità che deve essere aggiornata con la chiave pubblica dell'attore che sta effettuando tale operazione; questo significa che un attore può proporre solo una modifica per una determinata entità.

9.2.1 Batch e transazioni

Sawtooth definisce una differenza tra transazioni e batch:

- Transazione: semplice operazione di modifica dello stato della blockchain
- Batch: è un gruppo di transazioni; ogni transazione deve appartenere ad un batch, il quale contiene una o più transazioni; se anche una transazione presente nel batch non è valida, anche tutte le altre falliscono e lo stato della blockchain non è aggiornato.

Nella blockchain utilizzata, basata su Sawtooth, ogni transazione esegue una sola operazione: non è possibile, per esempio, creare simultaneamente un'entità e inizializzare i suoi valori. Deve essere creato un batch contenente una transazione in modo da creare un'entità di default, e in seguito una transazione per inizializzare ognuna delle proprietà dinamiche di quell'entità. Ad esempio, per creare un asset completamente inizializzato sono necessarie 6 transazioni:

- Creare l'asset
- Inizializzare la policy per cancellare l'asset
- Inizializzare il proprietario dell'asset ad un attore esistente
- Inizializzare la policy per aggiornare il proprietario dell'asset
- Inizializzare il custode dell'asset ad un attore esistente

- Inizializzare la policy per aggiornare il custode dell'asset

9.3 Set up della blockchain

La blockchain utilizzata è composta da 5 validatori e 5 client; ogni client è accessibile tramite browser all'indirizzo `http://localhost:420x`, dove x è un numero da 0 a 4.

Il client permette di definire batch contenenti transazioni, ma per garantire che l'ordine delle transazioni sia mantenuto, ogni transazione in un batch sarà dipendente da quelle del batch precedente; questo significa che tutti i batch sono eseguiti in sequenza e se un batch fallisce, tutti i batch successivi falliranno di conseguenza. Questa limitazione è stata introdotta per velocizzare il codice del client e la definizione delle transazioni. Lo stesso risultato si può ottenere connettendo più client allo stesso o a diversi validatori.

Il client può essere considerata un'interfaccia per semplificare l'interazione dell'utente con la blockchain; la pagina del client mostra un menù con 9 link:

- Registration: permette di generare una chiave pubblica, data una chiave privata in input
- Login: non utilizzato nel nostro caso
- Proposal, Policies, Assets, Warehouses, Carriers, Deliveries: permettono di domandare lo stato della blockchain per ognuna delle entità elencate, usando il tasto "Load".
- Home: permette di inviare transazioni alla blockchain; è necessario caricare un file json opportunamente scritto. Il client mostra un campo chiamato ripetizioni, per inviare la stessa transazione più volte.

Le transazioni possono essere inviate alla blockchain mediante un file json; una transazione può avere le seguenti proprietà:

- batch: un identificatore del batch. Tutte le transazioni all'interno dello stesso batch devono essere disposte sequenzialmente
- privateKey: la chiave privata che deve essere usata per firmare la transazione; quest'azione permette di identificare l'attore che ha inviato la transazione
- familyName: uno tra "actor", "asset", "policy", "proposal", in base all'entità che la transazione cerca di modificare
- action: uno tra "create", "delete", "update", "vote", "unvote", in base all'azione da eseguire sul dato esistente
- entityId: l'identificatore dell'entità da modificare
- field: il campo da aggiornare, dipende da familyName
- subfield: può essere "value" o "policy", se l'aggiornamento riguarda l'entità stessa o la policy che la regola
- newValue: può essere qualsiasi cosa, spesso un identificatore di un'entità della blockchain. Questa proprietà è inviata e ricevuta codificata, ma questa operazione è eseguita dal client.

9.4 Test 1

In questa prima simulazione viene utilizzato uno scenario semplificato, nel quale due attori si scambiano reciprocamente un asset; tali passaggi sono registrati sulla blockchain.

L'utilità di questa simulazione è comprendere la logica di funzionamento della blockchain utilizzata.

Il file json utilizzato contiene 9 batch (12 transazioni) che permettono di eseguire il seguente set di azioni:

- Batch 1: creare attore 1
- Batch 2: creare attore 2
- Batch 3: creare una policy, inizializzare il quorum della policy, inizializzare le keys della policy

- Batch 4: creare un asset, inizializzando la proprietà e la custodia al primo attore, inizializzare la policy dell'asset
- Batch 5: proposta di passaggio della custodia dell'asset al secondo attore
- Batch 6: voto della proposta
- Batch 7: voto della proposta ed effettivo passaggio di custodia al secondo attore
- Batch 8: proposta di passaggio della custodia dell'asset nuovamente al primo attore
- Batch 9: voto della proposta ed effettivo passaggio di custodia al primo attore

Pertanto, in seguito all'invio del file file json, avviene il passaggio di custodia di un asset da un attore all'altro, e successivamente dal secondo nuovamente al primo. Tale operazione, nell'ottica di utilizzo della piattaforma nella supply chain di Amazon, potrebbe essere ripetuta per tutti i passaggi di custodia o di proprietà dell'asset che avvengono lungo la filiera (ad es. dal fornitore al corriere e da questo ad Amazon, da Amazon al corriere e da questo alla delivery station, e infine dalla delivery station al corriere e da questo all'utente finale); in questo modo ogni passaggio di proprietà è registrato in modo indelebile sulla blockchain. Inoltre, l'implementazione di tutte le informazioni precedentemente stabilite relative ad attori ed asset, permetterebbe di registrare queste sulla blockchain.

Per poter ripetere l'operazione di passaggio di proprietà/custodia più volte è sufficiente dividere il file in due parti: la prima contenente i primi 4 batch che consentono di creare gli attori, l'asset (la cui proprietà e custodia è inizializzata al primo attore) e le policy; tali operazioni è sufficiente eseguirle una sola volta. Come mostrato in figura 36, una volta inviati questi primi 4 batch, le informazioni relative ad attori, asset e policy saranno registrate sulla blockchain.

Actors

Load
Next
Previous

- 021eecf9bd967689ae184d8240a783af6eb63816f7676a2b43b3c2e98683766b5d

- 02ae1e28a44358d5db5bb86e8bfe52a9ed0e89826e7d468e1154b682c0170832e3

Policies

Load
Next
Previous

- Id=policy1
Quorum=1 policy=
Creator=021eecf9bd967689ae184d8240a783af6eb63816f7676a2b43b3c2e98683766b5d

Assets

Load
Next
Previous

- Id=asset1
Owner=021eecf9bd967689ae184d8240a783af6eb63816f7676a2b43b3c2e98683766b5d policy=
Keeper=021eecf9bd967689ae184d8240a783af6eb63816f7676a2b43b3c2e98683766b5d policy=
Policy=policy1

Figura 36 Attori e batch

In questa prima simulazione semplificata, ma utile ad illustrare la logica di funzionamento, gli attori presenti sono soltanto due. In seguito all'invio del secondo blocco di batch (5-9),

contenenti le transazioni di proposta (vedi figura 38) e voto per passare la custodia dal primo attore al secondo e da questo nuovamente al primo, è possibile osservare (vedi figura 37) come al termine dell'invio anche ripetuto di questo file, il custode dell'asset registrato sulla blockchain torni effettivamente ad essere il primo attore.

Assets



- Id=asset1
Owner=021eecf9bd967689ae184d8240a783af6eb63816f7676a2b43b3c2e98683766b5d policy=
Keeper=02ae1e28a44358d5db5bb86e8bfe52a9ed0e89826e7d468e1154b682c0170832e3 policy=
Policy=policy1

Assets



- Id=asset1
Owner=021eecf9bd967689ae184d8240a783af6eb63816f7676a2b43b3c2e98683766b5d policy=
Keeper=021eecf9bd967689ae184d8240a783af6eb63816f7676a2b43b3c2e98683766b5d policy=
Policy=policy1

Figura 37 Passaggi di custodia dell'asset

Proposals



- Id: asset102ae1e28a44358d5db5bb86e8bfe52a9ed0e89826e7d468e1154b682c0170832e3
EntityId: asset1
Promoter: 02ae1e28a44358d5db5bb86e8bfe52a9ed0e89826e7d468e1154b682c0170832e3
Family: asset
Action: update
Propose: keeper.value=02ae1e28a44358d5db5bb86e8bfe52a9ed0e89826e7d468e1154b682c0170832e3

Proposals



- Id: asset102ae1e28a44358d5db5bb86e8bfe52a9ed0e89826e7d468e1154b682c0170832e3
EntityId: asset1
Promoter: 02ae1e28a44358d5db5bb86e8bfe52a9ed0e89826e7d468e1154b682c0170832e3
Family: asset
Action: update
Propose: keeper.value=021eecf9bd967689ae184d8240a783af6eb63816f7676a2b43b3c2e98683766b5d

Figura 38 Proposte di passaggio di custodia

9.5 Test 2

L'obiettivo di questa fase è costruire uno scenario che, per quanto simulato, sia il più possibile simile al caso reale della supply chain di Amazon; sarà inoltre verificato che il numero di tps raggiunto con questa configurazione rientri nei limiti teorici della piattaforma. Considerando la filiera mostrata nel paragrafo introduttivo, sono inizializzati i seguenti attori/entità:

- Fornitore: invia l'asset alla Warehouse
- Amazon: comprende sia la Warehouse principale che il distribution center
- Sensore: necessario per monitorare e aggiornare i parametri di posizione e tempo dell'asset
- 3 operatori per la Warehouse: ognuno dei quali monitora uno dei parametri, precedentemente inizializzati, di free space, free docks e free trucks
- 3 operatori per il Distribution Center: ognuno dei quali monitora uno dei parametri, precedentemente inizializzati, di free space, free docks e free trucks
- 3 Carrier
- Final User

Per questa simulazione è stato utilizzato un file json contenente 52 batch e circa 150 transazioni. L'ordine logico e sequenziale con il quale le transazioni sono inviate è sintetizzato nella seguente tabella.

Batch 1-3	Creazione policy fornitore, sensore, WH e DC
Batch 4-9	Creazione asset, 3 carrier, WH e DC e inizializzazione dei rispettivi parametri
Batch 10-13	Creazione delivery 1, aggiunta asset alla delivery, aggiornamento receiver (Amazon) e owner (Amazon)
Batch 14-20	Start delivery 1: aggiornamento keeper (carrier 1) e posizione asset a carrier
Batch 21-25	End delivery 1: aggiornamento tempo di consegna, aggiornamento keeper (Amazon), aggiornamento parametri WH
Batch 26-30	Creazione delivery 2, aggiunta asset alla delivery, aggiornamento receiver (User) e owner (User)
Batch 31-37	Start delivery 2: aggiornamento keeper (carrier 2) e posizione asset a carrier
Batch 38-44	Stop delivery 2: aggiornamento tempo di consegna, aggiornamento keeper (DC), parametri DC e posizione asset
Batch 45-51	Continue delivey 2: aggiornamento keeper (carrier 3) e posizione asset e carrier
Batch 52-54	Finish delivey 2: aggiornamento tempo di consegna, aggiornamento keeper (User)

Tabella 3 Sequenza logica e temporale del file json

Step 1: creazione della struttura

In seguito all'invio dei primi 3 batch sono inizializzate le policy relative al fornitore, al sensore (in grado di aggiornare solo temperatura e posizione), alla Warehouse e al distribution center; per quanto riguarda le operazioni relative a questi due centri (ricezione, invio, stop e continuazione di delivery) sarà necessario il consenso dei tre operatori di magazzino precedentemente inizializzati.

Successivamente sono inviati i batch necessari alla creazione e all'inizializzazione dei parametri dell'asset (volume, posizione e policy), dei tre corrieri (posizione, fuel consumption rate ed emission rate), della Warehouse e del distribution center (per entrambe policy, free space, free docks e free trucks).

Tramite questi primi 9 batch è stata creata la struttura all'interno della quale saranno inviate le deliveries per movimentare il pacco. La struttura utilizzata è stata creata per rispecchiare quella della filiera di Amazon; questo però non significa che è statica, in quanto per inizializzare nuovi asset, corrieri, warehouse etc. sarà sufficiente inviare le transazioni corrispondenti alla loro creazione.

Assets

Load

Next

Previous

- Id=asset1
Owner=020bc05077b5d1a019f84e2c6484327e6c1120675c9b0834c6e36ddf724e04dda8
Keeper=020bc05077b5d1a019f84e2c6484327e6c1120675c9b0834c6e36ddf724e04dda8
Volume=5
Position=Lat:42 Lon:7
Temperature=0
Policy=policyFornitore

Warehouses

Load

Next

Previous

- Id=warehouseWS
Owner=0224965ddce26b2edae559b332c94037f92389a54707f2fe829700549716ee061c
FreeSpace=100
FreeDock=10
FreeTruck=10
Temperature=0
- Id=warehouseDC
Owner=0224965ddce26b2edae559b332c94037f92389a54707f2fe829700549716ee061c
FreeSpace=50
FreeDock=3
FreeTruck=3
Temperature=0

Figura 39 Asset e Warehouses: scenario iniziale

Step 2: movimentazione del pacco

La movimentazione del pacco avverrà tramite la creazione di due deliveries: una dal fornitore alla Warehouse e l'altra dalla Warehouse all'utente finale, passando per il distribution center.

Questo perché i due processi sono distinti: quando l'utente finale effettua un ordine tramite il portale Amazon, parte il processo logistico dell'ultimo miglio dalla Warehouse, passando per il distribution center e arrivando infine al cliente.

Per iniziare la movimentazione del pacco viene quindi creata la prima delivery (figura 40): le transazioni successive permetteranno di aggiungere un asset ad essa, aggiornare la posizione dell'asset, aggiornare il ricevitore (Amazon), che diventerà il nuovo owner (sarà necessario il voto del fornitore e di Amazon per entrambe le proposte). Successivamente la delivery è fatta partire tramite la transazione "start delivery", inviata dal fornitore; in questo caso sarà necessario il voto del fornitore e del corriere che la avrà in carico (keeper); una volta accettata la delivery parte e risulterà "in transit" (figura 41), e sarà aggiornata la posizione dell'asset (figura 42) e del carrier.

L'ultimo passo è la transazione di end delivery, che termina la prima delivery, assegnando il pacco alla Warehouse e aggiornando i valori di free space, free docks e free trucks (figura 43).

Deliveries



Buttons: Load, Next, Previous

- Id=delivery1
Keeper=020bc05077b5d1a019f84e2c6484327e6c1120675c9b0834c6e36ddf724e04dda8
Receiver=020bc05077b5d1a019f84e2c6484327e6c1120675c9b0834c6e36ddf724e04dda8
Status=In Preparation
EstimatedTime=1/1/1970, 01:00:00
RealTime=1/1/1970, 01:00:00
DelayCause=
Policy=

Figura 40: Delivery1

Deliveries



Buttons: Load, Next, Previous

- Id=delivery1
Keeper=030063ee4eee94fa2de48896727f391b1fe2cadb930033cc54c401cc5b299a511f
Receiver=0224965ddce26b2edae559b332c94037f92389a54707f2fe829700549716ee061c
Status=In Transit
EstimatedTime=1/1/1970, 01:00:00
RealTime=1/1/1970, 01:00:00
DelayCause=
Policy=

Figura 41 Start delivery

Assets



Buttons: Load, Next, Previous

- Id=asset1
Owner=020bc05077b5d1a019f84e2c6484327e6c1120675c9b0834c6e36ddf724e04dda8
Keeper=020bc05077b5d1a019f84e2c6484327e6c1120675c9b0834c6e36ddf724e04dda8
Volume=5
Position=Lat:42.0008 Lon:7.0008
Temperature=0
Policy=policyFornitore

Figura 42 Aggiornamento posizione asset in seguito a start delivery1

Warehouses

Load

Next

Previous

-
- Id=warehouseWS
Owner=0224965ddce26b2edae559b332c94037f92389a54707f2fe829700549716ee061c
FreeSpace=95
FreeDock=9
FreeTruck=11
Temperature=0
Policy=policyWS
-

Figura 43 Valori WH in seguito end delivery1

Lo step successivo consiste nel creare la seconda delivery, che movimenterà il pacco dalla Warehouse all'utente finale, passando per il distribution center; la principale differenza rispetto al precedente set di transazioni consiste proprio in questo passaggio intermedio. Prima che la seconda delivery parta viene aggiornato l'owner, che adesso è l'utente finale; questo per essere verosimili al caso reale, nel quale un utente una volta effettuato un acquisto sul portale Amazon ne diventa il proprietario.

Tramite la transazione di "stop delivery" la consegna rimane in transito ma viene temporaneamente fermata presso il distribution center (figura 44: saranno comunque aggiornati i parametri del DC); il keeper sarà il distribution center e anche la posizione dell'asset è aggiornata.

-
- Id=delivery2
Keeper=0287784759e2c21b2a7f382e7d6fbf26dce6f088e2e6105861bdfd0a93cae3db89
Receiver=0362d39e9b92a5376d95d44c256cc29f9a9f0e580580bcae5a2287828690970d17
Status=In Transit
EstimatedTime=1/1/1970, 01:00:00
RealTime=1/1/1970, 01:00:00
DelayCause=
Policy=
-
- Id=warehouseDC
Owner=0224965ddce26b2edae559b332c94037f92389a54707f2fe829700549716ee061c
FreeSpace=45
FreeDock=2
FreeTruck=4
Temperature=0
Policy=policyDC
-

Figura 44 Stop delivery: effetto su delivery e DC

-
- Id=asset1
Owner=0362d39e9b92a5376d95d44c256cc29f9a9f0e580580bcae5a2287828690970d17
Keeper=0245e86d20e98a1768d48aad12c915d0d14878e49c4e3d34efc23dede570bab081
Volume=5
Position=Lat:42.1 Lon:7.6
Temperature=0
Policy=policyFornitore
-

Figura 45 Aggiornamento posizione asset nel DC

Tramite la transazione “continue delivery” l’asset è assegnato al terzo corriere, che sarà incaricato di effettuare la consegna all’utente finale. La posizione dell’asset e del corriere è nuovamente aggiornata.

- Id=asset1
Owner=0362d39e9b92a5376d95d44c256cc29f9a9f0e580580bcae5a2287828690970d17
Keeper=0245e86d20e98a1768d48aad12c915d0d14878e49c4e3d34efc23dede570bab081
Volume=5
Position=Lat:42.8 Lon:7.1
Temperature=0
Policy=policyFornitore

Figura 46 Posizione asset consegna finale

Infine, inviando la transazione “finish delivery” e la transazione di aggiornamento del keeper si conclude l’intero processo (figura 47) con la consegna dell’asset all’utente finale (l’utente finale adesso è owner e keeper); tale proposta (come ogni proposta di passaggio di proprietà/custodia) richiede sia il voto del corriere che dell’utente finale.

- Id=delivery2
Keeper=0362d39e9b92a5376d95d44c256cc29f9a9f0e580580bcae5a2287828690970d17
Receiver=0362d39e9b92a5376d95d44c256cc29f9a9f0e580580bcae5a2287828690970d17
Status=Received
ExtimatedTime=1/1/1970, 01:00:00
RealTime=18/1/1970, 23:38:20
DelayCause=
Policy=

Figura 47 End delivery2

Ovviamente, essendo il bene uscito dalla Warehouse e dal Distribution Center, ha determinato nuovamente un aggiornamento dei parametri free space, free docks e free trucks. Tramite questa struttura è stato possibile movimentare un bene dall’inizio della filiera all’utente finale; ogni passaggio di custodia, aggiornamento dei parametri o movimentazione dell’asset è stato registrato sulla blockchain, dimostrando così che è possibile ottenere gli obiettivi di condivisione e tracciabilità ipotizzati.

9.5.1 Risultati e Performance

Inviando il file json usato per simulare la filiera i risultati variano già in base alla tipologia di hardware utilizzato; usando un primo pc sono necessari circa 24 secondi per inviare le 150 transazioni; pertanto si ottiene un valore di 6,25 tps. Utilizzandone un altro, dalle prestazioni inferiori, si ottiene un valore di 2,16 tps (150 transazioni/69s).

I test effettuati non possono rispecchiare completamente il caso reale, in quanto i risultati variano fortemente in base a diverse variabili (numero di validatori, hardware etc.); inoltre questi test non sfruttano a pieno il parallelismo delle transazioni, ed inoltre tutte le transazioni sono inviate allo stesso validatore.

Sawtooth ha a disposizione 2^{280} indirizzi diversi nel quale allocare i dati salvati. Un'allocazione efficiente dei dati in questi indirizzi di memoria fa sì che le prestazioni non dovrebbero essere influenzate dal numero di ordini giornaliero.

Tuttavia, per simulare un impiego maggiore della blockchain, come nel caso reale di molteplici ordini simultanei, si è cercato di caricare maggiormente la blockchain effettuando un test che utilizza due client contemporaneamente; un client invia le transazioni del test 2 per simulare la supply chain, e l'altro invia le transazioni del test 1 (ripetuto in loop) per sovraccaricare l'utilizzo della blockchain. I valori ottenuti sono di circa 4 tps (200transazioni/50s) con il primo e di 1,31 tps (180transazioni/137s) con il secondo.

In risultati confermano che già una variazione dell'hardware influisce pesantemente sulle prestazioni.

9.5.2 Limiti attuali

I limiti dell'attuale struttura riguardano il codice utilizzato per effettuare la simulazione, che attualmente non è in grado di gestire il numero di ordini giornalieri effettivamente presenti nella filiera analizzata (5.000-25.000), e l'hardware utilizzato per effettuare i test (sono stati utilizzati dei semplici pc). Inoltre, Sawtooth necessita di hardware Intel specifico per poter eseguire il meccanismo PoET; questo potrebbe rappresentare un limite alla scalabilità della piattaforma e potrebbe ostacolare la diffusione e lo sviluppo della tecnologia.

Un ulteriore limite è rappresentato dal meccanismo delle policy e della proposta/voto per eseguire un aggiornamento dei parametri inizializzati, come ad esempio la posizione o il passaggio di proprietà. Questo meccanismo genera delle transazioni aggiuntive per ognuna delle modifiche ai parametri, pertanto le performance ne risentiranno; in fase di implementazione, e in base al contesto aziendale nel quale la blockchain sarà utilizzata, saranno quindi necessarie delle scelte orientate maggiormente alla sicurezza o maggiormente alle performance.

9.6 Test 3

In quest'ultima simulazione sarà utilizzata una struttura "scarica" di tutte le informazioni aggiuntive relative ad attori e asset; sarà inserita una sola stringa per ogni entità, per poter inserire un parametro come l'ID. In questo modo sarà osservato il numero di tps raggiunto, al fine di comparare le prestazioni con la struttura precedentemente utilizzata.

Inserendo tutte le transazioni in un unico batch e inviando il file si ottiene un valore di 50 tps, mostrando quindi un notevole incremento delle performance; tuttavia questa struttura risulta non troppo verosimile in contesti con molti dati da registrare nella blockchain, ma potrebbe essere utilizzata qualora non ci siano particolari esigenze relative alle informazioni da condividere (ad esempio solo l'ID).

9.7 Conclusioni e Futuri Sviluppi

I precedenti test hanno dimostrato come sia possibile, in termini di logica di programmazione e di numero di transazioni supportate dalla piattaforma, implementare una blockchain nel contesto della supply chain. Gli scenari simulati sono sicuramente semplificati, in quanto non possono considerare tutte le variabili e gli elementi effettivamente presenti in una reale supply chain; tuttavia, in base ai dati e alle informazioni a disposizione relative alla supply chain di Amazon, si è cercato di programmare la piattaforma nel modo quanto più verosimile possibile. Inoltre, i valori di tps ottenuti non sono confrontabili in termini assoluti, in quanto le prestazioni variano fortemente in base alla configurazione utilizzata (numero e distribuzione dei nodi, meccanismo di consenso, hardware etc.). Pertanto, avendo a disposizione soltanto normali PC per poter effettuare la simulazione, e non hardware specifico, si è cercato maggiormente un confronto prestazionale tra i test effettuati, da usare come base di partenza per futuri sviluppi. I futuri sviluppi del seguente progetto dovrebbero concentrarsi sui miglioramenti delle performance della blockchain e sull'estensione del numero e della tipologia di test effettuati; in particolare:

- Il sistema dovrebbe essere “stabilizzato”, ovvero la logica delle transazioni, le entità modellate e la tipologia di dati modellati dovrebbero essere definitivi e non più modificabili
- Cercare di ottimizzare le inefficienze del seguente codice
- Cercare i potenziali colli di bottiglia e tentare di mitigarli tramite meccanismi di pruning o semplificazioni del codice stesso. Ad esempio, il meccanismo delle policy potrebbe essere un collo di bottiglia, poiché ogni transazione punta a delle entità, e ogni entità punta ad una policy.
- Estendere i test eseguiti a ulteriori casi d'uso e configurazioni della blockchain, cercando di effettuare le simulazioni con hardware maggiormente specifico.

Nell'ottica di un utilizzo in un contesto reale il primo step, come effettuato in questo lavoro, sarebbe quello di individuare tutti gli attori presenti nella filiera; infatti la blockchain necessita che tutti gli attori che devono condividere informazioni siano all'interno della piattaforma. Per ognuno di essi saranno identificati i problemi attualmente presenti e i benefici che l'utilizzo della blockchain apporterebbe; successivamente bisognerà valutare i costi dell'implementazione. In quest'ottica l'integrazione dovrebbe essere favorita dagli investimenti di un player delle dimensioni di Amazon, che potrebbe aiutare gli altri attori a integrarsi nella piattaforma.

Successivamente, dopo questa fase preliminare di analisi, dovrà esserci la fase di implementazione vera e propria; la struttura “scarica” potrebbe essere usata in una prima fase come progetto pilota, per poter valutare il numero di tps supportati e iniziare la fase di implementazione con i sistemi preesistenti. In questa fase sarà fondamentale valutare le performance e stabilire quale parte dei dati integrare sulla blockchain. Sarebbe infatti impensabile, almeno con l'attuale stato della tecnologia, trasferire tutte le informazioni generate lungo l'intera filiera sulla blockchain; questo perché all'aumentare del numero di attori presenti aumenta la quantità di informazioni da condividere e registrare sulla blockchain e quindi aumenta la difficoltà del processo di integrazione. Tuttavia, l'implementazione è fattibile e, come dimostrato tramite il test 2, è possibile registrare una certa quantità di informazioni relative alle entità inizializzate.

L'implementazione della blockchain in un contesto aziendale ha previsto l'utilizzo di una rete privata come quella offerta da Hyperledger Sawtooth; tuttavia la piattaforma è estremamente modulare e permette di effettuare delle scelte orientate più verso la sicurezza o verso la flessibilità. In quest'ottica, nel programmare la piattaforma, è stata fatta una scelta di maggior staticità relativa alla struttura stessa, privilegiando però la sicurezza. La struttura programmata

risulta così abbastanza rigida in termini di operazioni che è possibile effettuare, ma questo perché si è voluto adattarla il più possibile alla filiera analizzata di Amazon. Al contempo però una maggiore sicurezza è assicurata da alcune policy aggiuntive che sono state inserite.

In conclusione, la blockchain, nell'ottica di un utilizzo nella supply chain per la tracciabilità dei beni, presenta un enorme potenziale che sicuramente sarà sfruttato nei prossimi anni; tuttavia la tecnologia non è ancora matura e presenta difficoltà di implementazione che non tutti i contesti aziendali potrebbero essere in grado di superare. Per questo motivo un grosso aiuto dovrebbe provenire dai grossi player del settore, come Amazon nel nostro caso, che con la loro disponibilità di investimento potrebbero favorire l'integrazione dei player minori, aiutando al contempo lo sviluppo e la diffusione della tecnologia della blockchain.

Bibliografia e Sitografia

- [1] Business Innovation Trough Blockchain, Vincenzo Morabito
- [2] Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, Satoshi Nakamoto
- [3] What Is Blockchain Technology, CBINSIGHTS
- [4] Where Is Current Research on Blockchain Technology? A Systematic Review, J Yli-Huumo, D Ko, S Choi, S Park, and K Smolander. 2016.
- [5] Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities
- [6] Blockchain and port logistics, Mattia Francisconi
- [7] Blockchain: Powering the Internet of Value, Froystad P. and Holm J., 2016
- [8] <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-cosi-importante/>
- [9] <https://www.nasdaq.com/article/how-stock-exchanges-are-experimenting-with-blockchain-technology-cm801802>
- [10] [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-blockchain-technology-as-a-platform-for-digitization/\\$FILE/EY-blockchain-technology-as-a-platform-for-digitization.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-blockchain-technology-as-a-platform-for-digitization/$FILE/EY-blockchain-technology-as-a-platform-for-digitization.pdf)
- [11] <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/07/27/how-blockchain-can-solve-identity-management-problems/#5158771e13f5>
- [12] Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start. Mario Dobrovnik, David M. Herold, Elmar Fürst and Sebastian Kummer
- [13] <https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain>
- [14] [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-blockchain-and-the-supply-chain-three/\\$FILE/ey-blockchain-and-the-supply-chain-three.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-blockchain-and-the-supply-chain-three/$FILE/ey-blockchain-and-the-supply-chain-three.pdf)
- [15] Blockchain for dummies, Manav Gupta
- [16] <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-1.2/blockchain.html#what-is-hyperledger-fabric>
- [17] <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-1.2/network/network.html>
- [18] Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains, EuroSys '18, April 23–26, 2018, Porto, Portugal
- [19] <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-1.2/peers/peers.html>
- [20] <https://www.altoros.com/blog/hyperledgers-sawtooth-lake-bets-on-modular-blockchains-and-elapsed-time-consensus/>

- [21] <https://sawtooth.hyperledger.org/docs/core/releases/1.0/introduction.html>
- [22] <https://sawtooth.hyperledger.org/docs/core/releases/1.0/architecture/poet.html>
- [23] <https://sawtooth.hyperledger.org/docs/core/releases/0.8/examples/supplychain/overview.html>
- [24] <https://sawtooth.hyperledger.org/examples/index.html>
- [25] <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/outlook/243/141/ecommerce/italy?currency=eur>
- [26] E-commerce in Italia report, Casaleggio associati
- [27] <http://panmore.com/amazon-com-inc-five-forces-analysis-recommendations-porters-model>
- [28] <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1018724/000101872416000172/amzn-20151231x10k.htm>
- [29] <https://research-methodology.net/amazon-porters-five-forces-analysis/>
- [30] <http://panmore.com/amazon-com-inc-pestel-pestle-analysis-recommendations>
- [31] <http://fernfortuniversity.com/term-papers/pestel/nyse4/2556-amazon-com--inc-.php>
- [32] https://www.corriere.it/economia/cards/non-solo-amazon-1-insostenibile-velocita-pacchi-logistica-capriccio/italia-ritardo-punti-ritiro_principale.shtml
- [33] Stanley Frederick W.T. Lim, Xin Jin, Jagjit Singh Srari, (2018) "Consumer-driven e-commerce: A literature review, design framework, and research agenda on last-mile logistics models", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 48 Issue: 3, pp.308-332, <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2017-0081>
- [34] The last mile issue and urban logistics: choosing parcel machines in the context of the ecological attitudes of the Y generation consumers purchasing online; Miroslaw Moroza, Zdzislaw Polkowskib
- [35] Distribution systems in omni-channel retailing; Alexander Hu'bner, Andreas Holzapfel, Heinrich Kuhn
- [36] La logistica ai tempi dell'e-commerce, Freight Leaders Council
- [37] <https://www.amazon.it/gp/help/customer/display.html?nodeId=201911090>
- [38] <https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=17861200011>
- [39] <https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=17051031011>
- [40] <https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=16008589011>

- [41] <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>
- [42] <https://www.businessinsider.com/amazon-launches-amazon-key-in-car-delivery-2018-4?IR=T>
- [43] <https://medium.com/@itamarzur/make-no-mistake-amazon-is-going-to-take-on-delivery-behemoths-fedex-and-ups-d047cf6b6b0c>
- [44] Logistica e packaging per l'e-commerce, Netcomm
- [45] Chain of Trust: Can Trusted Hardware Help Scaling Blockchains? Hung Dang, Anh Dinh, Ee-Chien Chang, Beng Chin Ooi School of Computing National University of Singapore
- [46] The Bullwhip Effect in Supply Chains; Hau L. Lee, V. Padmanabhan and Seungjin Whang
- [47] Confronto tramite simulazione di diverse politiche gestionali - information sharing e lean production - per controllare l'effetto bullwhip al variare della domanda in ingresso, Francesco Pasini
- [48] On Blockchain and its integration with IoT. Challenges and opportunities, Ana Reyna et al.
- [49] <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper#ethereum>
- [50] Future Generation Computer Systems 88, A. Reyna et al., 2018
- [51] The Blockchain Potential for Port Logistics; Marissa Oude Weernink Willem van den Engh Mattia Francisconi Frida Thorborg
- [52] Hyperledger Blockchain Performance Metrics Whitepaper
- [53] <https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/ecommerce/litalia-recuperera-presto-sulle-commerce-parola-di-marseglia-numero-uno-di-amazon-italia/>
- [54] Supply Chain Management, Douglas M. Lambert
- [55] Blockchain in Logistics and Supply Chain: a Lean approach for designing real-world use cases; Perboli, Musso, Rosano
- [56] <https://sawtooth.hyperledger.org/docs/core/releases/latest/architecture.html>
- [57] <https://medium.com/kokster/understanding-hyperledger-sawtooth-proof-of-elapsed-time-e0c303577ec1>

Appendice

Le famiglie di transazioni utilizzate sono le seguenti:

The actor family

create

- batch: qualsiasi
- privateKey: qualsiasi
- familyName: "actor"
- action: "create"
- entityId: qualsiasi chiave pubblica.

delete

- batch: qualsiasi;
- privateKey: qualsiasi;
- familyName: "actor";
- action: "delete";
- entityId: chiave pubblica del firmatario della transazione.

The asset family

create

- batch: qualsiasi;
- privateKey: qualsiasi;
- familyName: "asset";
- action: "create";
- entityId: qualsiasi.

delete

- batch: qualsiasi;
- privateKey: qualsiasi;
- familyName: "asset";
- action: "delete";
- entityId: un identificatore esistente dell'asset.

update

- batch: qualsiasi;
- privateKey: qualsiasi;
- familyName: "asset";
- action: "update";
- entityId: un identificatore esistente dell'asset;
- field: "owner", "keeper", "policy";
- subfield: "value", "policy" (privo di significato nel caso field sia una "policy");
- newValue: un identificatore esistente dell'attore o della policy.

The policy family

create

- batch: qualsiasi;
- privateKey: qualsiasi;
- familyName: "policy";
- action: "create";
- entityId: qualsiasi.

update

- batch: qualsiasi;
- privateKey: qualsiasi;
- familyName: "policy";
- action: "update";
- entityId: un identificatore esistente della policy;
- field: "keys", "quorum", "policy";
- subfield: "value", "policy" (privo di significato nel caso field sia una "policy");
- newValue: una mappa degli identificatori degli attori e dei livelli di autorizzazione (numeri interi), un numero intero, un identificatore esistente della

The proposal family

vote

- batch: qualsiasi;
- privateKey: qualsiasi;
- familyName: "qualsiasi";
- action: "vote";
- entityId: un identificatore esistente della proposta.

unvote

- batch: qualsiasi;
- privateKey: qualsiasi;
- familyName: "proposal";
- action: "unvote";
- entityId: un identificatore esistente della proposta.