

Origini, motivazioni e regole di evoluzione del World Wide Web

Oreste Signore

W3C Italia e CNR

Area della Ricerca di Pisa San Cataldo - Via G. Moruzzi, 1 - 56124 Pisa

Email: oreste@w3c.it - **Tel.** 348-3962627/050-3152995

personal home page: <http://www.weblab.isti.cnr.it/people/oreste/>

Introduzione

La combinazione di una serie di condizioni tecnologiche e applicative ha portato Tim Berners-Lee ad inventare il Web, che oggi è parte integrante della nostra vita quotidiana. Se alcuni anni fa si diceva: “*L’ho sentito in televisione*”, ora si dice: “*L’ho trovato sul Web*”, oppure “*Lo cerco sul Web*”.

Lo sviluppo delle tecnologie ha consentito un atteggiamento più partecipativo da parte degli utenti, e l'esplosione del fenomeno noto come “Web 2.0” ha portato alla diffusione delle reti sociali. Una frase ricorrente adesso è: “*Lo metto sul Web*”.

Non è però facile sfruttare adeguatamente l'enorme patrimonio informativo esistente sul web, perché le informazioni sono archiviate in maniera eterogenea. Il Semantic Web si propone come l'ambiente in cui superare queste difficoltà, consentendo il reperimento, l'integrazione e l'utilizzo delle informazioni.

Le radici del Web

L'invenzione del Web è il risultato di un lungo percorso, a cui hanno contribuito molti ricercatori, favorito dalla definizione dello standard SGML e dagli sviluppi delle reti, partendo dalle idee pionieristiche di Vannevar Bush sull'ipertesto, e passando attraverso l'invenzione del mouse e le visioni affascinanti di Ted Nelson. Non è stata un'illuminazione improvvisa, come la mitica “mela di Newton”, ma un'idea nuova, quella di poter *combinare in modo libero* le idee, stimolata da una sfida posta da un ambiente di ricerca di altissimo livello (il CERN¹).

SGML

L'invenzione della stampa ad opera di Gutenberg (circa 1439) rivoluziona il metodo di produzione di documenti scritti, permettendo di passare dai manoscritti alla produzione a stampa, con una diffusione molto più ampia delle opere. Questo determina la nascita di nuove professioni e del *markup*, cioè del linguaggio di marcatura dei testi usato da personale specializzato per annotare sui manoscritti le informazioni (scelta del carattere, marginatura, spaziatura, etc.) da passare ai tipografi per la composizione manuale dei caratteri.

¹ <http://public.web.cern.ch/public/Welcome.html>



Licenza Creative Commons by-nc-nd con attribuzione a Oreste Signore (W3C Italia)

Document URI: <http://www.w3c.it/papers/storiaWeb.pdf>.

Presentation URI: <http://www.w3c.it/talks/2009/storiaWeb/>

Una svolta tecnologica importante è la comparsa delle macchine da scrivere con caratteri intercambiabili, prima fra tutte (non storicamente, ma per diffusione e impatto) nel 1961 la IBM Selectric, con la “pallina” dei caratteri². Tutti possono ora in preparare documenti di buona qualità e, con l'avvento dei sistemi in time sharing, documentazione in formato elettronico, utilizzando sistemi di markup proprietari, il cui limite principale è costituito dal fatto che il markup è mescolato al contenuto del documento. Una svolta importante si ha nel 1967, quando William Tunnicliffe, che come compagnia privata provvedeva alla pubblicazione delle pagine gialle, propone di separare il contenuto informativo dei documenti dal loro formato di presentazione. Prende così avvio il progetto GenCode³, con l'obiettivo di adottare un markup generalizzato basato sulla struttura gerarchica del documento, tentando di standardizzare un insieme di elementi comuni. Nel 1960 Charles Gofarb, Edward Mosher e Raymond Lorie avevano sviluppato il GML (acronimo dei loro cognomi, ma anche di **G**eneralized **M**arkup **L**anguage). Il GML era un insieme di macro che consentiva di implementare i tag del formattatore di testi IBM (lo Script). Caratteristiche importanti erano, tra le altre, la possibilità di definire un markup personalizzato e di validare il documento rispetto a una Document Type Definition (DTD). Nel 1978 l'ANSI inizia il lavoro per rilasciare uno standard per la definizione di testi, basata su GML. Il Draft Information Standard (DIS) viene rilasciato nel 1985, e Anders Berglund al CERN implementa il DIS e usa SGML per scrivere il testo dell'Information Standard (ISO 8879), rilasciato definitivamente nel 1986.

Hypertext

Nel 1945 Vannevar Bush pubblica sulla rivista Atlantic Montly un articolo⁴ intitolato “As we may think”, nel quale ipotizza una macchina, denominata Memex (per Memory Extension):

A memex is a device in which an individual stores all his books, records, and communications, and which is mechanized so that it may be consulted with exceeding speed and flexibility. It is an enlarged intimate supplement to his memory.

[...] It affords an immediate step, however, to *associative indexing*, the basic idea of which is a provision whereby any item may be caused at will to select immediately and automatically another. This is the essential feature of the memex. The *process of tying two items together is the important thing*.

Il Memex, concepito con le tecnologie dell'epoca, non fu mai realizzato, e l'idea fu dimenticata. Douglas Englebart nel 1960 inventa il mouse, e tra il 1960 e il 1970 realizza NLS (**o**NLine **S**ystem) che costituisce la prima implementazione dell'ipertesto, definito (1965) da Theodor Holm (Ted) Nelson come:

A body of written or pictorial material interconnected in a complex way that it could not be conveniently represented on paper. It may contain summaries or maps of its contents and their interrelations; it may contain annotations, additions and footnotes from scholars who have examined it.

Ted Nelson inizia quindi il progetto Xanadu (1965-1999) caratterizzato dalla presenza di link bidirezionali nell'universo dei documenti, prevedendo anche un meccanismo di “pay per link”. Il suo libro “*Literary Machines*”, pubblicato nel 1981, contiene una infinità di idee brillanti. A metà degli anni 1980 l'ipertesto attira l'attenzione di una vasta comunità di ricercatori.

Internet

L'elemento scatenante dello sviluppo di Internet si può far risalire ai primi successi spaziali della Russia, quando in piena guerra fredda era viva la lotta tra gli USA e la Russia per la conquista dello spazio. L'orgoglio americano viene ferito profondamente quando il 4 ottobre 1957 i russi lanciano lo Sputnik, primo satellite artificiale costruito dall'uomo. Per rispondere a questo successo dei russi il Dipartimento della Difesa americano avvia, il 7 febbraio 1958, il progetto ARPA (Advanced Research Project Agency), con lo specifico scopo⁵ di: “*provide within the Department of Defense an agency for the direction and performance of certain advanced research and development projects*”. Si arriva così al primo collegamento in rete (UCLA-Stanford) nel 1969, poi compaiono i primi collegamenti in LAN (la rete ethernet a Xerox PARC), e infine la

² http://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Selectric_typewriter

³ http://en.wikipedia.org/wiki/Markup_language#GenCode

⁴ A: http://www.multimedialab.be/doc/citations/bush_aswemaythink.pdf una riproduzione dell'articolo.

⁵ http://www.arpa.mil/Docs/Intro_-_Van_Atta_200807180920581.pdf

prima dimostrazione pubblica di ARPANET (1972). ARPANET è la prima rete operativa basata sulla tecnologia della commutazione di pacchetto (packet switching⁶) le cui basi risalgono all'inizio degli anni 1960 e che è ora la tecnologia adottata per tutte le reti di trasmissione dati e voce, avendo soppiantato la tecnologia precedente (commutazione di circuito) in cui veniva stabilita una connessione dedicata per la durata della trasmissione. La rete a commutazione di pacchetto, invece, ottimizza l'utilizzo delle risorse di rete, anche se non garantisce la trasmissione del messaggio, che viene scorporato in una serie di pacchetti che vengono poi instradati sulla rete scegliendo per ognuno di essi il percorso migliore, e alla fine vengono ricombinati, in modo da ricomporre il messaggio originale.

Dopo i primi esperimenti⁷ con ARPANET, DARPA inizia a lavorare su altre tecnologie di trasmissione dati, e questi studi prendono impulso dall'assunzione in DARPA di Robert E. Kahn, che aveva individuato l'importanza di comunicare tra reti terrestri e reti via satellite. Nel 1973 Vinton Gray Cerf, che già aveva partecipato allo sviluppo di ARPANET, si unisce a Kahn per lavorare su *modelli aperti per l'interconnessione*, con l'obiettivo di progettare la generazione successiva dei protocolli per ARPANET. Nel 1973 Kahn e Cerf, riconoscendo l'importanza dei contributi di altri ricercatori, presentano la loro proposta, in cui le differenze tra i protocolli di rete vengono mascherate usando un *internetwork protocol* comune, e la responsabilità dell'affidabilità della trasmissione dei messaggi viene demandata agli host, e non più alla rete. Riducendo così al minimo il ruolo della rete⁸, diventa possibile interconnettere facilmente reti eterogenee.

Successivamente il gruppo di ricerca di Cerf continua l'attività, giungendo nel 1973-74 alla definizione della prima specifica del protocollo TCP (Transmission Control Protocol). Nel 1975 viene data una prima dimostrazione di interconnessione tra due reti, e le sperimentazioni si susseguono negli anni successivi, fino al completamento della transizione di ARPANET al protocollo TCP/IP (1° gennaio 1983)⁹.

Nel frattempo, soprattutto in Europa si lavora alla definizione del modello ISO/OSI (Open Systems Interconnection), standard stabilito nel 1978 dall'ISO (International Organization for Standardization), che ha avuto una funzione sostanzialmente culturale, dato che non sono mai state realizzate implementazioni complete, ma solo proprietarie o in ambito accademico.

Negli anni 1980 la tecnologia delle reti si diffonde ampiamente nel CERN, utilizzando protocolli proprietari (CERNET), sperimentando collegamenti IP via satellite, utilizzando Ethernet (1983) e poi con una implementazione pilota di TCP/IP (1984). Infine, nel 1989 il CERN viene connesso ad Internet e diventa, nel 1990, il più grosso sito internet in Europa.

Così maturano alcune delle condizioni tecnologiche che portano all'invenzione del Web.

Tim Berners-Lee e la nascita del World Wide Web

I gruppi di ricerca del CERN sono composti spesso da centinaia di persone, appartenenti a decine di istituzioni di varie nazionalità. Per la riuscita degli esperimenti è di importanza vitale che tutti i partecipanti siano aggiornati sugli eventi, e la natura intrinsecamente distribuita dei gruppi richiede che centinaia di computer siano connessi in rete e collaborino per la raccolta e l'elaborazione dei dati. Queste esigenze, già ampiamente presenti negli anni 1980, costituiscono la premessa per l'invenzione del World Wide Web.

Tim Berners-Lee fin da piccolo aveva coltivato l'idea di rendere più intuitivo il computer, mettendolo in grado di realizzare le associazioni tipiche della mente umana. Dopo la laurea in fisica ha la possibilità di un lavoro a tempo determinato (programmatore a contratto) presso il CERN. Ed è così che già nel 1980, in occasione del suo primo soggiorno al CERN, comincia ad immaginare il web (*"Suppose all the information stored on computers everywhere were linked. Suppose I could program my computer to create a space in which anything could be linked to anything."*) e realizza ENQUIRE¹⁰, successivamente andato perduto, che prevede un insieme di

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Packet_switching

⁷ Risale a questo periodo, ed esattamente al 1971, ad opera di Ray Tomlinson, la nascita del primo programma di email e successivamente, nel 1972, l'estensione agli utenti di ARPANET, grazie all'utilizzo del carattere '@' (<http://openmap.bbn.com/~tomlinso/ray/home.html>)

⁸ Si veda l'umoristica proposta IETF RFC 1149 del 1 Aprile 1990, per l'implementazione utilizzando i piccioni viaggiatori (<http://tools.ietf.org/html/rfc1149>).

⁹ Il primo nodo italiano di ARPANET fu installato nel 1986 al CNUCE (Pisa).

¹⁰ ENQUIRE è il titolo di un libro di epoca vittoriana, contenente informazioni su una grande varietà di argomenti, dalle norme di galateo alle modalità da seguire per l'impiccagione.

nodi e di *link*, in cui ogni nodo ha un *nome*, un *tipo* e una lista di *link* *tipati bidirezionali*. Nel 1989 propone la condivisione di documenti e definisce una DTD SGML, che segna la nascita di HTML. È del marzo 1989 "*Information Management: A Proposal*"¹¹, che delinea l'architettura di quello che diventerà il web. Questa proposta, che il suo capo Mike Sendall giudica "*Vague, but exciting*"¹² rimane inizialmente senza risposta, e viene ripresentata, di nuovo senza successo, nel maggio 1990. Nel frattempo compare un nuovo personal computer, chiamato NeXT¹³, che sembra avere caratteristiche molto interessanti per sviluppare il progetto. Tim Berners-Lee chiede a Mike Sendall di acquistargli una di queste macchine, e questi acconsente, suggerendogli anche di utilizzarla per sviluppare il suo progetto di ipertesto. Nella proposta del 1989 emergono già i tre elementi fondamentali del web: Universal Resource Identifier, protocollo per il fetch dei documenti e document mark-up (URI, HTTP e HTML), ma non esiste ancora un nome per il sistema, chiamato semplicemente "Mesh". Una volta iniziata la realizzazione si pone anche il problema di trovare un nome per il progetto. Considera, e scarta, varie alternative:

- "Mesh" o "Information Mesh" perché troppo simili a "mess";
- "Mine Of Information" perché l'acronimo MOI in francese significa "io"
- "The Information Mine" perché l'acronimo sarebbe TIM.

Alla fine decide di chiamarlo World Wide Web, per indicare un insieme di nodi e archi in cui ogni nodo può essere collegato con qualunque altro¹⁴.

Negli anni successivi (1991-93) continua nel suo lavoro di progettazione e sviluppo del Web al CERN, raffinando le specifiche iniziali di URI, HTTP e HTML. Il primo browser realizzato è un *browser/editor*, che consente la visualizzazione e l'aggiornamento dei contenuti, rispettando così il principio di fondo che aveva portato all'invenzione del Web:

The Web is more a *social* creation than a technical one. I designed it for a social effect - to *help people work together* - and not as a technical toy. The ultimate goal of the Web is to *support and improve our weblike existence* in the world."

(Tim Berners-Lee - Weaving the Web, p. 123)

In questa fase Robert Cailliau è di aiuto prezioso, per il contributo di entusiasmo e per la diffusione dell'iniziativa. Come nota curiosa, vale la pena di ricordare che nel 1992 Tim Berners-Lee incontra Ted Nelson e ne approfitta per saldare il conto, pagandogli la copia di *Literary Machines* ricevuta qualche anno prima.

Nell'ottobre 1994 Tim Berners-Lee fonda il World Wide Web Consortium presso il *Massachusetts Institute of Technology*, Laboratory for Computer Science, in collaborazione con il CERN, e con il supporto da parte di *DARPA* e della *Commissione Europea*.

Il World Wide Web Consortium (W3C)

Obiettivi e organizzazione

Il W3C è un consorzio internazionale di organizzazioni, guidato da Tim Berners-Lee, con lo scopo di portare il Web al massimo del suo potenziale. Il W3C persegue questo obiettivo definendo protocolli comuni che favoriscano l'evoluzione e assicurino l'interoperabilità del Web.

Nell'aprile 1995 l'INRIA (*Institut National de Recherche en Informatique et Automatique*) diventa l'host europeo del W3C, seguito poi nel 1996 da *Keio University of Japan* (*Shonan Fujisawa Campus*) in Asia. Nel 2003 l'ERCIM (*European Research Consortium in Informatics and Mathematics*) subentra all'INRIA nel ruolo di host europeo.

Il W3C, finanziato dai membri, è *neutrale* rispetto ai venditori, opera con tutta la comunità¹⁵ per produrre specifiche e software di riferimento resi disponibili gratuitamente in tutto il mondo, ed è impegnato nel guidare l'evoluzione tecnologica del Web, promuovendo l'interoperabilità e favorendo la discussione tecnica. In pochi anni ha definito un gran numero (circa 100) di specifiche tecniche (*Recommendation*) che regolamentano l'infrastruttura tecnologica del Web,

¹¹ <http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>

¹² <http://info.cern.ch/Proposal.html>

¹³ Prodotto dalla NeXT Inc. fondata da Steve Jobs.

¹⁴ Tim Berners-Lee dichiara di aver preso il termine web dalla matematica.

¹⁵ Per migliorare la sua presenza e i rapporti con le singole comunità nazionali il W3C ha creato un certo numero di *W3C Offices*. L'Ufficio Italiano del W3C è ospitato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, presso l'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo" di Pisa (<http://www.w3c.it/>).

al fine di renderla robusta, scalabile e adattiva. Gli obiettivi a lungo termine possono essere sommariamente espressi come:

- *Web for Everyone*: accesso per tutti, indipendentemente da hardware, software, infrastruttura di rete, lingua madre, cultura, posizione geografica, capacità fisiche o mentali;
- *Web on Everything*: accesso con qualunque dispositivo;
- *Knowledge Base*: possibilità sofisticate di ricerca e condivisione dell'informazione, da parte di esseri umani e *anche* macchine;
- *Trust and Confidence*: tecnologie per un ambiente collaborativo, per un Web con identificazione delle responsabilità, sicurezza, fiducia, riservatezza.

Le Recommendation

Le W3C Recommendation sono il risultato di un processo cooperativo, regolato dal *Process Document*, che prevede una serie di passi e di documenti, alcuni riservati ai partecipanti ai gruppi di lavoro, altri disponibili per i membri, che votano per approvarli o modificarli, e altri ancora pubblici.

L'intera procedura prevista dalla *Recommendation Track* è stata progettata per ottenere il massimo consenso sul contenuto, e assicurare il pieno appoggio da parte del W3C e dell'intera comunità web. Le specifiche passano attraverso vari stadi, denominati *maturity level*, i più rilevanti dei quali sono:

- *Working Draft*
- *Candidate Recommendation*
- *Proposed Recommendation*
- *W3C Recommendation*

Il passaggio da uno stato all'altro avviene mediante votazione da parte dei membri. Il passaggio dallo stato di "*Last Call Working Draft*" a quello di "*Candidate Recommendation*" comporta una "*Call for implementations*", e il livello di "*Proposed Recommendation*" viene raggiunto solo dopo aver maturato una soddisfacente esperienza implementativa¹⁶. Le W3C Recommendation, perciò, non sono meri documenti cartacei, ma specifiche di cui è stata dimostrata l'efficacia e che sono implementabili con uno sforzo ragionevole.

Dal punto di vista formale il W3C non è un organo di standardizzazione, per cui le W3C Recommendation non sono degli standard in senso proprio, e vengono spesso citate come "*standard de facto*". Però non sono originate da posizioni dominanti del mercato, ma sono specifiche tecniche sulle quali è stato raggiunto un accordo da parte di tutta la comunità del Web.

L'evoluzione del Web

Nel corso degli anni il Web ha subito una significativa evoluzione, rimanendo però fedele ai suoi principi e all'architettura di base.

Da HTML a XML

HTML è un linguaggio di markup sostanzialmente descrittivo, che adotta le parentesi angolari per individuare i tag, può essere scritto utilizzando un qualsiasi editore di testi, e ha un numero fisso di elementi definiti. Si è giunti a una sua definizione rigorosa dopo vari anni, quando ormai il numero di pagine web esistenti era enorme, e dopo la sua definizione formale moltissime pagine Web sono divenute non valide. Indubbiamente, l'adozione di un markup descrittivo e l'assenza di meccanismi rigidi per il controllo della validità del markup sono stati fattori di successo del Web.

HTML costituisce un compromesso tra potenza e semplicità d'uso, per cui risulta adatto per applicazioni semplici, ma si presta con difficoltà per applicazioni dai requisiti più complessi.

La comparsa di nuove applicazioni centrate sui dati, con la conseguente necessità di gestire transazioni sul Web, scambiarsi informazioni tra database, avere viste diverse degli stessi dati, e consentire la presentazione personalizzata delle informazioni, ha portato alla definizione di un nuovo linguaggio di markup che costituisce la tecnologia chiave del Web: XML (**EX**tensible **M**arkup **L**anguage), definito dal W3C nel 1998.

¹⁶ Almeno due implementazioni interoperabili e su due piattaforme diverse.

Dal Web al Web Semantico

Il Web è nato per consentire la condivisione di documenti. Il Semantic Web si pone l'obiettivo di consentire agli utenti di rendere disponibili i loro dati agli altri e di aggiungere dei link per renderli accessibili seguendo tali link, per cui può essere visto come un'estensione dei principi del Web dai documenti ai dati. Il Semantic Web fornisce una infrastruttura comune che consente la condivisione e il riutilizzo dei dati tra applicazioni, imprese e comunità. È uno sforzo cooperativo guidato dal W3C, al quale partecipano molti ricercatori e partner industriali. Il Semantic Web è basato su RDF (Resource Description Framework) e talvolta viene chiamato "web of data" proprio per sottolineare il fatto che sul web è disponibile un'enorme quantità di dati, ma, dato che questi sono controllati dai programmi applicativi, e ogni applicazione li gestisce in maniera diversa, non è possibile combinare le varie informazioni, se non con un intervento manuale.

Il Semantic Web prevede tra l'altro la definizione di formati comuni per poter integrare e combinare dati provenienti da diverse fonti. Questo consente a una persona, o a una macchina, di iniziare le sue ricerche su un database, e da lì accedere alle informazioni contenute in un numero indefinito di altri database, che sono connessi per il fatto di contenere informazioni sulla stessa cosa.

Il Semantic Web si basa sull'ipotesi che le macchine possano accedere ad un *insieme strutturato di informazioni* e ad un *insieme di regole di inferenza* da utilizzare per il ragionamento automatico. La sfida è perciò fornire un linguaggio per esprimere *dati* e *regole* per ragionare sui dati, che consenta l'*esportazione* sul web delle regole da qualunque sistema di rappresentazione della conoscenza, con l'obiettivo di consentire alle macchine di estrarre la conoscenza disponibile sul Web, spesso disponibile in formati eterogenei, e combinarla per poter estrarre nuova conoscenza. Questo richiede di poter rappresentare, esportare e condividere la conoscenza, in modo indipendente dallo specifico ambiente operativo. Le tecnologie del W3C (RDF, RDFS, OWL, SPARQL, etc.) consentono appunto di raggiungere questo obiettivo¹⁷. È importante sottolineare che *condividere i dati e la conoscenza non comporta tradurre tutte le informazioni in RDF*.

Le tecnologie del Semantic Web hanno ormai raggiunto un buon livello di maturità, e sono ampiamente utilizzate in molte applicazioni¹⁸.

Il Web 2.0: un fenomeno sociale

La fisionomia dei siti web sta cambiando: gli utenti non sono più meri fruitori passivi dell'informazione, ma diventano utenti attivi che creano e aggiungono contenuti, sviluppando l'abitudine e le competenze per il lavoro di gruppo. Cresce così il numero di reti sociali (*social networking*), che sono la caratteristica fondamentale del Web 2.0¹⁹, anche se non sono una novità assoluta, ma un'evoluzione di alcune forme di interazione sociale che il web ha sempre supportato (computer conferencing, email, liste di distribuzione, etc.).

Alcuni studiosi segnalano che la diffusione dei contenuti generati dagli utenti fa venir meno le fonti tradizionali del sapere, e il fatto che questi contenuti siano creati dagli utenti utilizzando sistemi diversi (podcast, blog, wiki, sistemi di chat, e altro software per il social networking), rende difficile tener traccia di dove si trovi l'informazione, e problematico accedere ad essa, sia per utenti abituali che casuali.

Web 2.0 o Semantic Web?

I vantaggi dell'approccio Web 2.0 sono essenzialmente legati alla crescita di un senso "sociale", ma vanno evidenziati alcuni rischi intrinseci. Proprio il fatto di contribuire in maniera così consistente al contenuto di un sito, con un evidente impegno e dispendio di energie, rende l'utente "dipendente" dal sito medesimo, legandolo definitivamente al formato dati adottato, per cui eventuali cambi di ambiente saranno inevitabilmente onerosi. Analogamente, se l'utente decide di partecipare a più reti sociali, in assenza di standard condivisi potrebbe essere costretto a ripetere il lavoro varie volte.

Le tecnologie semantiche sono in una fase di diffusione anche nella realtà industriale. In un suo studio (maggio 2007) Gartner ne prevede un'ampia diffusione nell'arco dei prossimi dieci anni.

Web 2.0 e Semantic Web (o Web 3.0) sono da considerare due approcci complementari, piuttosto che alternativi. Il Web 2.0 ha un livello d'ingresso più basso (è molto facile utilizzarlo),

¹⁷ Oreste Signore: *Introduzione al Semantic Web*. <http://www.w3c.it/papers/wsb08.pdf>

¹⁸ <http://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/slides/HTML/Slides.html>

¹⁹ <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>

ma anche orizzonti abbastanza limitati (in particolare, l'approccio delle folksonomy ha dei limiti intrinseci). D' altro canto, il Web 3.0 richiede investimenti iniziali più rilevanti, e quindi presenta un livello d' ingresso più alto, ma ha un potenziale nettamente superiore.

Conclusioni

Il Web nasce in un ambiente di ricerca di altissimo livello, che poneva sfide impegnative, e già nella sua proposta originaria contiene idee non ancora completamente realizzate. Alla sua nascita hanno contribuito molti ricercatori, che operavano in settori diversi, ma la sua concretizzazione si deve all'intuizione di Tim Berners-Lee, alla sua capacità di individuare gli elementi essenziali dell'architettura, e alla sua costanza nel perseguirne l'implementazione e nel mantenerlo un ambiente libero da protocolli proprietari²⁰.

²⁰ *"If someone tries to monopolize the Web - by, for example, pushing a proprietary variation of network protocols - they're in for fight."* (da Weaving the Web, p. 107-108)