

OpenCDN: un'architettura estensibile per il Live Streaming Internet

Alessandro Falaschi

Info-Com Dpt, Università di Roma La Sapienza - Via Eudossiana 18, 00184 Roma

alef@infocom.uniroma1.it

Parole chiave Content Delivery Network, Live Streaming, Sistemi Distribuiti, Open Source

Abstract Viene illustrata una architettura estensibile per il supporto alla diretta Streaming erogata verso un pubblico molto vasto, attuata mediante lo sviluppo di una Overlay Network a livello applicativo, il cui piano di controllo è indipendente dalla particolare tecnologia di streaming. Nuovi nodi della rete e sorgenti di contenuto, possono essere aggiunti senza complesse operazioni di configurazione.

Introduzione L'erogazione di contenuti in streaming verso un vasto pubblico mediante una fonte unica, incontra rapidamente severe limitazioni di banda. L'adozione di una distribuzione multicast non risolve il problema, sia a causa del mancato supporto dei relativi protocolli di routing ai bordi della rete, sia per l'assenza di peering multicast tra ISP differenti. In alternativa, si può sviluppare un albero di distribuzione a livello applicativo, realizzando una rete sovrapposta, i cui nodi sono server di streaming operanti in modalità relay, in modo da instradare e replicare i flussi multimediali secondo una architettura *multi-hop*. Questo risultato può essere conseguito configurando manualmente i singoli nodi, oppure adottando una architettura peer-to-peer, sviluppata presso gli utenti finali¹. Al contrario, OpenCDN [1] adotta un approccio che pur richiedendo la collaborazione degli amministratori di rete, li solleva da compiti di configurazione. Il funzionamento dei nodi di replica è infatti *coordinato* mediante un middleware di Web Service basato su XML-RPC [5], imperniato su di una entità di controllo centralizzato, e che astrae lo sviluppo dell'albero di distribuzione, dalla specificità della piattaforma di streaming sottostante. Infatti, l'architettura è già stata adattata a funzionare con successo sia usando Apple Darwin Streaming Server [3], che Real Helix Universal Server [4].

Architettura OpenCDN consente ad un utente finale la localizzazione dello streaming server più prossimo, da cui ricevere il contenuto desiderato, mediante l'interazione delle seguenti entità architettoniche:

- un *portale web* ove l'utente richiede un contenuto tra quelli proposti dall'RRDM, e riceve l'indirizzo del nodo presso cui rivolgersi;

¹Ma gli utenti finali non dispongono di una banda di uscita sufficiente ad inoltrare un adeguato numero di repliche.

- un *Request Routing and Distribution Manager* (RRDM), che colleziona i metadata che descrivono i contenuti disponibili, e memorizza le disponibilità annunciate dai nodi partecipanti (vedi Fig. 1a). A seguito della richiesta ricevuta dal portale, l'RRDM organizza la distribuzione dello streaming tra i nodi, e restituisce al portale l'indirizzo del nodo presso cui instradare la richiesta dell'utente;
- un insieme di *Origini*, che erogano i contenuti, e pubblicano presso l'RRDM i metadata che li descrivono;
- un insieme di *Nodi*, equipaggiati di un server di streaming le cui capacità di trasporto (ossia la sua tecnologia) sono registrate presso l'RRDM, assieme all'insieme degli utenti che si intendono servire, definito quest'ultimo mediante una *footprint*. Le footprint sono espresse come insiemi di prefissi di rete, o suffissi di dominio, che individuano insiemi equivalenti di indirizzi degli utenti finali, e che il nodo si dichiara disposto a servire in modo diretto (nodi *LastHop*), oppure per i quali permette il transito dei contenuti (diretti verso un nodo LastHop), come nel caso dei nodi di *Transito*.

Le comunicazioni tra entità sono effettuate mediante codifica XML-RPC [5], e viene adottata una infrastruttura di autenticazione per prevenire abusi.

Funzionamento La prima volta che un utente richiede un contenuto presso il portale, questo invoca l'RRDM, il quale a sua volta determina un insieme di nodi adatto per quell'utente, sulla base delle informazioni di footprint acquisite. Quindi l'RRDM (vedi fig. 1b)

- individua un nodo di transito *FirstHop* che riceverà lo streaming dall'origine;
- invia una richiesta *DoRelay* verso il FirstHop, comunicandogli anche la lista dei nodi prescelti, da coinvolgere nello sviluppo della distribuzione;
- attende una risposta, relativa all'indirizzo del *LastHop* che ha effettivamente ricevuto il contenuto, che sarà riportata al portale. Inoltre, la risposta contiene anche la lista dei nodi di transito che sono stati coinvolti.

Quando il FirstHop riceve la richiesta *DoRelay*, usa la lista di nodi ricevuta, per iterare la richiesta verso i nodi candidati ad essere un NextHop, in accordo ad un algoritmo di elaborazione ed instradamento distribuito. Le richieste successive, provenienti da utenti situati nell'ambito della stessa footprint di un utente già servito, saranno instradate dall'RRDM direttamente verso il LastHop già attivo.

Adattività Ogni volta che, lungo la catena di distribuzione, occorre aggiungere un nodo (*NextHop*), possono sussistere diverse alternative tra cui scegliere. In tal caso, queste sono *saggiate* in parallelo dal nodo di origine, inviando ad ogni NextHop alternativo, una sequenza di pacchetti UDP, a ciascuno dei quali, ogni destinazione invia una risposta. Dato che la latenza di quest'ultima dipende dalle prestazioni e dal carico dei nodi NextHop, la tecnica individua il miglior nodo più vicino, e permette alla rete sovrapposta di svilupparsi in modo coerente con la topologia della rete sottostante.

Nel corso del funzionamento, la rete sottostante può subire partizioni, ed i nodi possono spengersi, o ripartire. In questo caso, la ricezione dello streaming da parte di un utente termina, e probabilmente questi richiede nuovamente il contenuto, visitando di nuovo il portale. Anche se questa nuova richiesta dovrebbe essere servita sempre dallo stesso nodo LastHop, che l'RRDM ritiene trasporti già il

contenuto, il suo indirizzo non è restituito immediatamente, ma viene prima svolto un saggio UDP arricchito, che specifica anche l'identificativo del contenuto richiesto, allo scopo di conoscere se è ancora disponibile presso il nodo LastHop. Una risposta negativa provoca un nuovo tentativo di sviluppare una catena di distribuzione idonea (che eventualmente riattiva il nodo riconnesso).

Middleware Mostriamo ora come il funzionamento di OpenCDN possa *astrarre* dalle caratteristiche specifiche della tecnologia di streaming adottata, per mezzo della stratificazione (fig. 2a) delle funzioni dell'entità-Nodo. Individuiamo infatti un livello di *controllo*, che dialoga con le altre entità in XML-RPC e ne permette la saggiatura UDP, ed un livello di *adattamento*, che offre a quello di controllo una API uniforme, ed interagisce con lo streaming server ospite, mediante l'interfaccia di amministrazione specifica per quest'ultimo. La fig. 2b schematizza invece come l'Origine, l'Utente, ed i Nodi intermedi, debbano supportare tecnologie di streaming compatibili, mentre il piano di controllo di sviluppa in modo indipendente, permettendo così a diverse tecnologie, presenti e future, di essere facilmente integrate nella stessa architettura.

Sviluppo della distribuzione La fig. 3 illustra un possibile esito dell'algoritmo di instradamento della distribuzione. Un nodo FirstHop giace nella stessa LAN-A dell'Origine, e serve direttamente gli utenti locali. Il collegamento di *primo miglio* che collega LAN-A al suo ISP è attraversato una sola volta dal flusso multimediale, e raggiunge un nodo di transito *globale*². Un utente in una LAN-B o LAN-C remota, riceve il contenuto dal nodo LastHop che ha annunciato una footprint che racchiude l'indirizzo dell'utente, mentre nel mezzo possono giacere alcuni nodi regionali di transito³, che sono concatenati secondo l'ordine di dimensione di footprint decrescente⁴. Se nessuno dei nodi LastHop designati a servire un determinato utente trasporta già il contenuto richiesto, ma quest'ultimo è presente presso un nodo intermedio, la cui footprint racchiude l'indirizzo dell'utente, allora il nodo intermedio sarà il punto di partenza per lo sviluppo di una nuova catena di distribuzione.

Quando un utente nella LAN-D desidera ricevere lo streaming, questi è diretto verso un nodo LastHop regionale⁵, se ne esiste uno. Se anche altri utenti della LAN-D vogliono ricevere lo stesso contenuto, il loro collegamento di *ultimo miglio* può divenire congestionato: in questo caso, l'estensibilità della soluzione offerta da OpenCDN prevede semplicemente di configurare un nodo LastHop all'interno di LAN-D, che annunci quel prefisso di sottorete come footprint.

Risultati e Futuro Lo sviluppo di OpenCDN si basa su di un modello OpenSource, ed il suo codice è rilasciato [2] con cadenza mensile, cosicché persone ed organizzazioni interessate possono aderire alla sperimentazione registrando nuovi Nodi ed Origini presso l'RRDM pubblico [1]. Attualmente, è operativo un hub nazionale presso <http://ocdn.mirror.garr.it/>. L'indipendenza dalla particolare tecnologia di streaming, permette di integrare in una unica architettura scalabile di diretta Internet, le diverse soluzioni esistenti per lo streaming. Ulteriori funzioni saranno progressivamente integrate, capitalizzando esperienze e soluzioni sperimentate in altri contesti, per realizzare una

²Un nodo di transito *globale* ha annunciato un insieme di footprint che copre l'intera Internet.

³Un nodo di transito regionale, può aver annunciato un insieme di footprint che individua una copertura regionale, oppure un footprint globale, con una risoluzione più fine di quella annunciata dal nodo di transito globale (cioè, con una netmask più lunga).

⁴Lo stesso ordine di footprint annidate, viene seguito nella temporizzazione della fase della saggiatura UDP.

⁵Un nodo LastHop regionale (o globale) può considerarsi una risorsa di ultima scelta, o di riserva, dato che il suo utilizzo è in contraddizione con la filosofia di distribuzione periferica di OpenCDN. D'altra parte, la sua presenza permette una migrazione graduale, a partire dal concetto di singolo server di streaming.

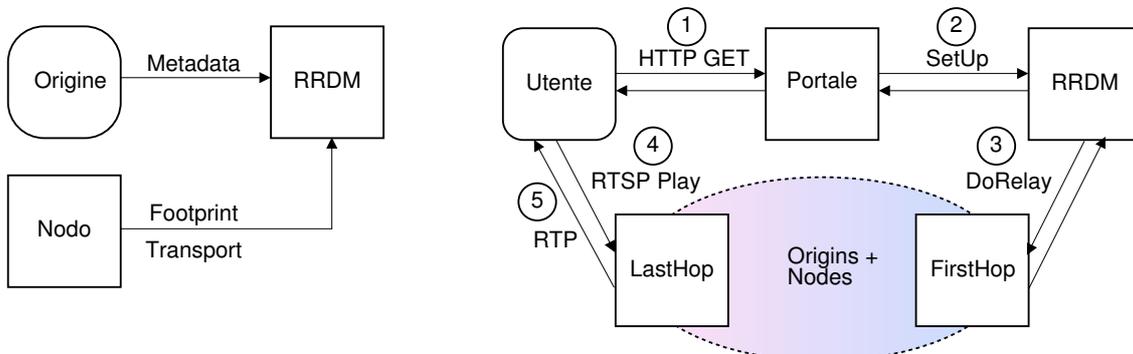
infrastruttura di rete distribuita e capace di integrarsi con altri contesti multimediali, come ad esempio quello della videoconferenza, della teledidattica, della creatività, dell'informazione, dei media.

Ringraziamenti Lo sviluppo del lavoro è stato reso possibile grazie all'incoraggiamento dei gruppi di lavoro TF-NETCAST e TF-VVC di TERENA [6, 7], al supporto logistico di GARR, CILEA e CITICORD, al contributo di programmazione svolto come lavoro di tesi da C. Sganga, M. Volpino e P. Vittori, alla sperimentazione di H. Salminen, J. Fontanillo e M. Aghelmo, nonché agli sviluppatori dei codici aperti di Apple Darwin, dei moduli Perl utilizzati, e del sistema GNU/LINUX.

Vitae Alessandro Falaschi è un ricercatore in Ingegneria delle Telecomunicazioni presso l'Università La Sapienza di Roma, ed i suoi interessi spaziano dalle comunicazioni digitali al multimedia e multicast. E' un membro dei TF-VVC di TERENA, dove è coinvolto nello sviluppo, test e sperimentazione di una architettura Open Source di Content Delivery Network per il live streaming Internet scalabile.

Riferimenti bibliografici

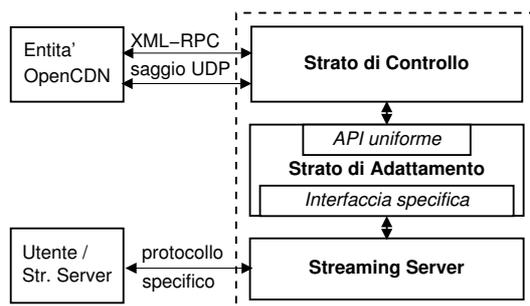
- [1] OpenCDN Project Home Page - <http://labtel.ing.uniroma1.it/opencdn>
- [2] OpenCDN SourceForge site - <http://sourceforge.net/projects/opencdn/>
- [3] Darwin Streaming Server - <http://developer.apple.com/darwin/projects/streaming/>
- [4] Helix Universal Server - <http://www.realnetworks.com/products/evalservers.html>
- [5] XML-RPC specifications - <http://www.xmlrpc.com/>
- [6] TERENA TF-Netcast - <http://www.terena.nl/tech/archive/tf-netcast/>
- [7] TERENA TF-VVC - <http://www.terena.nl/tech/task-forces/tf-vvc/>



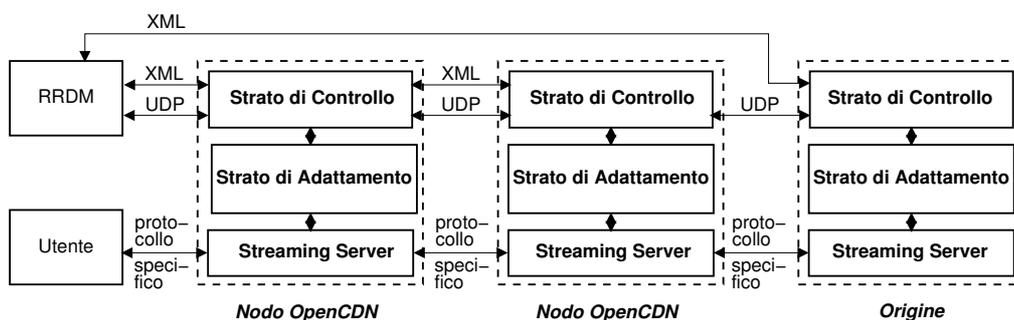
(a) Registrazione delle capacità' delle entita' presso il portale

(b) Sequenza operativa

Figura 1:



(a) Architettura di un Nodo di OpenCDN



(b) Schema di concatenazione delle entita' di OpenCDN

Figura 2:

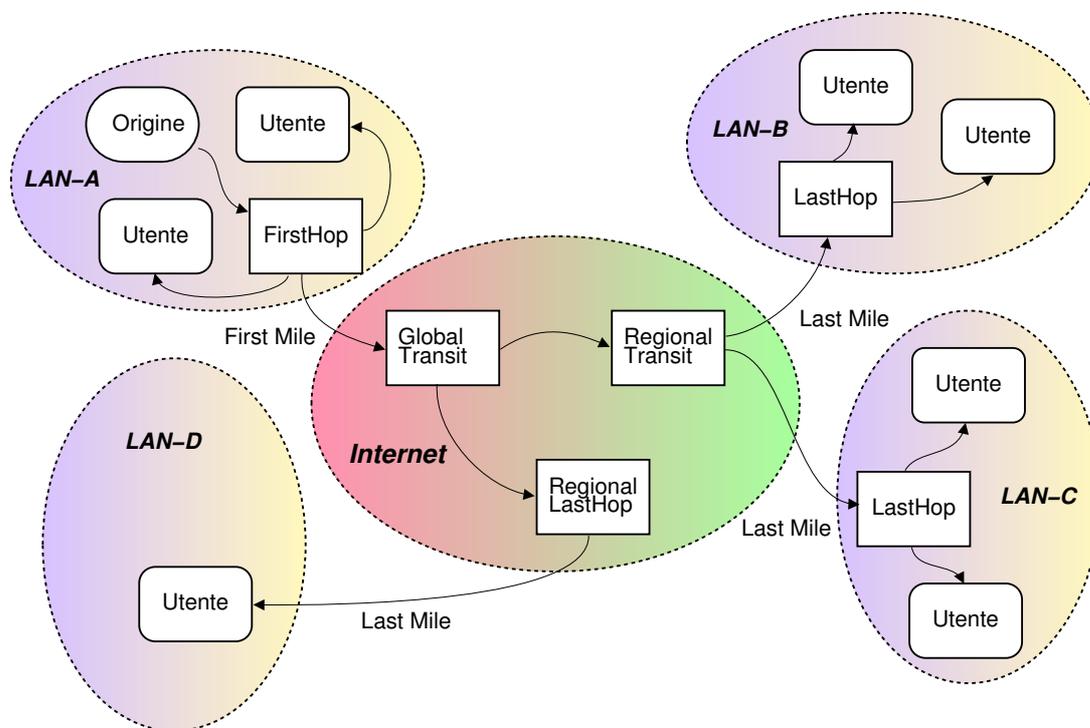


Figura 3: Scenario di sviluppo di OpenCDN