

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE

DIPARTIMENTO DI INFORMATICA
GIOVANNI DEGLI ANTONI



Corso di Laurea Magistrale in Informatica

PIATTAFORMA DI CLOUD GAMING
PER GIOCHI ARCADE

Relatore: Prof. Dario Maggiorini
Correlatore: Prof. Davide Gadia

Tesi di Laurea di:
Michele Maione
Matr. Nr. 931468

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

*“Se non così, come?
E se non ora, quando?”*

– Primo Levi

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare il mio relatore Prof. Dario Maggiorini per il suo continuo supporto e il Prof. Davide Gadia per la sua guida utile durante i miei sforzi verso il completamento della presente tesi.

Indice

1	Il cloud gaming	1
1.1	La nascita dei videogiochi	1
1.2	Cloud gaming	2
2	Architettura del sistema	6
2.1	Sistema proposto	6
2.2	MAME	7
3	Tecnologie utilizzate	10
3.1	MPEG	10
3.2	FFmpeg	11
3.3	Simple DirectMedia Layer (SDL)	11
3.4	Web APIs	12
3.5	Librerie JavaScript	12
4	Prestazioni	14
4.1	Lorem ipsum dolor sit amet	14
5	Conclusioni e sviluppi futuri	16
A	A	18
	Bibliografia	20

Introduzione

Per far conoscere alle nuove generazioni i videogiochi che hanno fatto la storia e dare la possibilità di poter giocare ancora a macchine che ormai hanno cessato di funzionare per motivi di obsolescenza, sfruttando due tecnologie entrate a far parte della quotidianità, lo streaming e il cloud computing, in questo lavoro si propone la creazione di una piattaforma di cloud gaming, che permette lo streaming audio-video direttamente e su richiesta dei videogiochi, da un server remoto, ad un client (computer, console, telefono). Il gioco è archiviato, eseguito, e renderizzato su un server remoto; l'input (tastiera, gamepad) viene inviato dal client al server e lì processato. In questo modo si può accedere ai giochi indipendentemente dal sistema operativo e dalle capacità hardware del client utilizzato. Inoltre il cloud gaming permette di iniziare a giocare immediatamente poiché il gioco è già installato sul server offrendo agli utenti un rapido accesso. Infine la piattaforma, indirettamente, garantisce la gestione dei diritti digitali (DRM) per gli editori. Per questo progetto verrà ampliato il software MAME (rilasciato sotto licenza GNU-GPL) che è in grado di emulare oltre 7.000 giochi arcade, di modo che possa fungere da server di cloud gaming e comunicare con un front-end HTML, rimanendo sempre indipendente dal sistema operativo, così da rendere più agevole l'installazione di uno stand per il retro-gaming.

Nel Capitolo 1 viene introdotto il cloud gaming e fatta una panoramica dei servizi presenti sul mercato; si descrivono le tecnologie utilizzate nel Capitolo 2, mentre nel Capitolo 3 viene presentata l'architettura del sistema. All'interno del Capitolo 4 vengono illustrati i risultati ottenuti. Nell'ultimo capitolo sono riportate le conclusioni finali e una lista di possibili sviluppi futuri.

Capitolo 1

Il cloud gaming

Il capitolo che apre questa tesi fa un'introduzione sulla nascita dei videogiochi, i ricavi globali dell'industria videoludica, il cloud gaming e i servizi presenti sul mercato.

1.1 La nascita dei videogiochi

Nel 1952 nei laboratori dell'Università di Cambridge, come esempio a corredo di una tesi di dottorato sull'interazione uomo-macchina, fu creato OXO, la trasposizione del tris come gioco per computer. OXO è considerato tecnicamente il primo videogioco. Nel 1958 un professore di fisica del Brookhaven National Laboratory creò un gioco, Tennis for Two, che aveva il compito di simulare le leggi fisiche relative ad una partita di tennis, lo strumento utilizzato era un oscilloscopio.

Nel 1961, sei giovani scienziati del Massachusetts Institute of Technology su un PDP-1¹ crearono il primo videogioco a scopo di intrattenimento: Spacewar!.

Due mesi dopo due ingegneri elettrici, N. Bushnell e T. Dabney, terminarono la loro versione di Spacewar! su larga scala (1.500 copie), ma il gioco non ebbe un grande successo a causa dell'elevata difficoltà. Bushnell, dopo l'esperimento non particolarmente riuscito, decise però di insistere nel settore dando così vita alla società Atari. Il primo gioco arcade di Atari fu il primo grande successo del settore: Pong. Pubblicato alla fine del 1972, è un gioco che riproduce approssimativamente la meccanica del ping pong. Atari vendette 19.000 cabinati di Pong e presto molte altre società seguirono l'esempio. Alla fine del decennio iniziò l'epoca d'oro dei videogiochi arcade e la nascita delle console (console che hanno fatto la storia in Fig. 1.1).

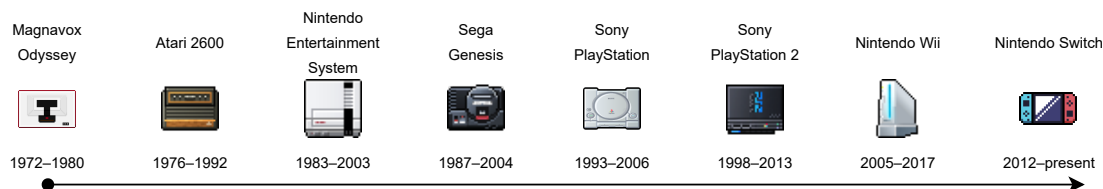


Figura 1.1: Console iconiche, fino alla generazione otto

¹PDP-1: Programmed Data Processor-1, era un computer della Digital Equipment Corporation del 1959.

I videogiochi sono un mezzo di intrattenimento unico che combina le diverse forme d'arte, quali musica, narrativa e animazione, all'interattività. Ed è proprio questa caratteristica, l'interattività, che permette loro di esercitare un potenziale d'immersione e attrazione che altri media non hanno. Sono ormai diventati un fenomeno culturale di massa con centinaia di milioni di persone che giocano regolarmente ogni giorno, il che li rende un attore dominante nel settore dell'intrattenimento, settore in continua crescita che non ha mai subito interruzioni nel corso degli anni come mostrato in Fig. 1.2. Negli ultimi vent'anni l'importanza economica dei videogiochi arcade è notevolmente diminuita² (in viola nella figura) a favore dei videogiochi per personal computer, console e più recentemente per mobile.

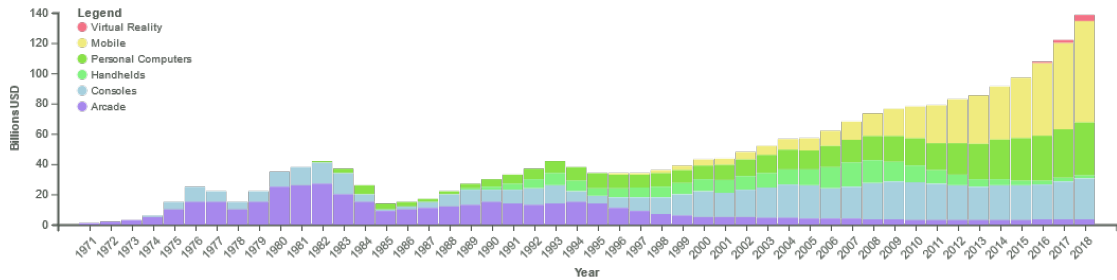


Figura 1.2: Ricavi globali dell'industria dei videogiochi dal 1971 al 2018 (non adeguati all'inflazione). Fonte: wikipedia.org

1.2 Cloud gaming

Il cloud gaming è un tipo di servizio online che funziona in modo simile al desktop remoto e al video on demand. I videogiochi vengono archiviati ed eseguiti in remoto, audio e video vengono trasmessi in streaming come un film sul dispositivo dell'utente, tramite un client. Il client gestisce gli input del giocatore, che vengono inviati al server ed eseguiti nel gioco.

Secondo una ricerca di Newzoo sull'industria dei videogiochi, come mostrato in Fig. 1.3, nel 2020 il mercato del cloud gaming ha generato quasi 584,7 milioni di USD di entrate, di cui il 39% e il 29% in Nord America e in Europa, e si prevede una crescita fino a 4,8 miliardi di USD entro il 2023, se non maggiore. Per questo sono entrate nel mercato del cloud gaming anche aziende che non sono editori o produttori di videogiochi, come Google e Amazon, come vedremo nel paragrafo 1.2.1.

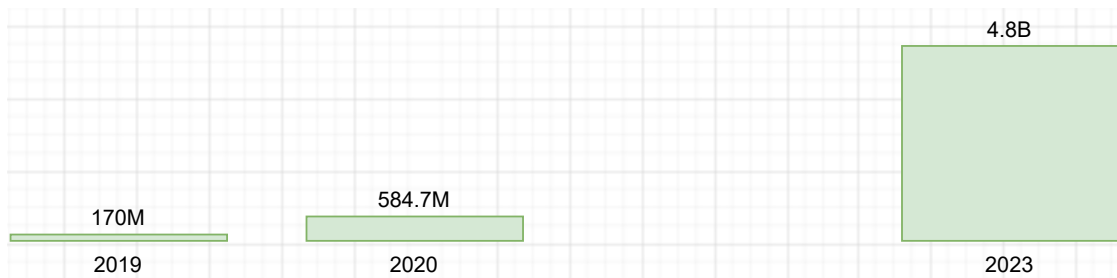


Figura 1.3: Previsioni per il mercato globale del cloud gaming (in dollari americani). Fonte: newzoo.com/global-cloud-gaming-report

²Giappone, Cina e Corea mantengono una forte industria arcade ai giorni nostri.

Il cloud gaming offre molti vantaggi, tra cui rendere il gioco facilmente accessibile senza la necessità di scaricarlo e installarlo localmente, compatibilità con computer, smartphone e anche con smart TV se utilizzato con un gamepad WiFi. Diversi servizi possono offrire alcune funzionalità aggiuntive per sfruttare al meglio questo modello, come lo streaming della sessione di gioco, cosa che siamo già abituati a vedere, ma dando la possibilità ad uno spettatore di entrare a far parte della partita, funzionalità avanzate per il multiplayer come la condivisione della visuale di gioco, condivisione dei salvataggi di gioco, ecc. . . , inoltre risolve definitivamente un problema che esiste dai tempi delle audiocassette e dei floppy disk, la pirateria. Ma ci sono anche degli svantaggi, tra cui perdita della qualità audio-video a causa della compressione, larghezza di banda richiesta all'utente non soddisfabile, e la latenza.

Per quanto riguarda la latenza è un problema che non può essere eliminato nel cloud gaming perché le fasi di un videogioco sono: ricezione input, esecuzione, rendering, display; mentre nel caso del cloud gaming si aggiungono: invio al server dell'input utente, codifica audio-video, invio all'utente dello stream video, decodifica audio-video. Un leggero ritardo in un filmato su internet o in una videochiamata molto probabilmente passa inosservato, ma durante una partita la latenza può rendere il gioco ingiocabile, una tempistica di esempio è visibile in Fig. 1.4, fortunatamente il rapido sviluppo delle reti a banda larga hanno reso questo problema meno evidente e il cloud gaming una realtà.

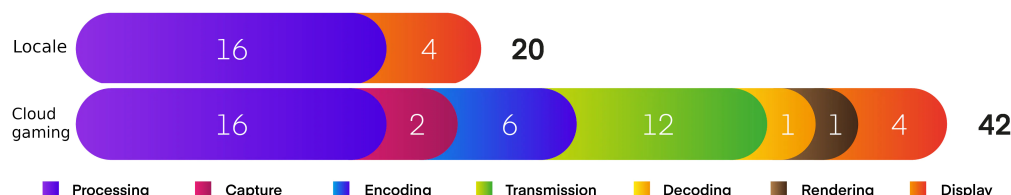


Figura 1.4: Latenza del videogioco: locale vs cloud gaming. Fonte: shadow.tech/blog/news/roadmap-cloud-gaming-without-latency

1.2.1 Storia del cloud gaming

Una delle prime piattaforme di cloud gaming è stata OnLive di OL2, presentato alla GDC³ 2009 e poi lanciato sul mercato a giugno 2010 negli Stati Uniti e a settembre 2011 nel Regno Unito. I giocatori, previo pagamento di un abbonamento mensile di 15\$, potevano acquistare o noleggiare giochi sulla piattaforma oppure utilizzare quelli precedentemente acquistati su Steam⁴. Il servizio era ospitato su 5 data centers situati sul suolo americano che servivano gli utenti per vicinanza geografica. Era disponibile, oltre ad un client per Windows, macOS ed Android, anche una micro console da collegare alla TV. Il servizio fu chiuso ad aprile 2015 dopo essere stato acquistato da Sony[1].

Nel febbraio 2012, Gaikai ha inaugurato il suo omonimo servizio di cloud gaming, la società si è concentrata principalmente sull'utilizzo del cloud gaming come forma di pubblicità online per i videogiochi, dove gli utenti avrebbero avuto la possibilità di accedere alle demo dei videogiochi sponsorizzati. La piattaforma era accessibile tramite browser (utilizzando come plugin di streaming Adobe Flash, Java o Google Native Client) con una velocità minima di connessione richiesta di 3 Mbps. La società fu acquisita da Sony a luglio 2012 per integrare la tecnologia di streaming di Gaikai nella piattaforma di cloud gaming PlayStation Now di Sony.

³GDC: Game Developers Conference, una conferenza annuale per gli sviluppatori di videogiochi.

⁴Steam è un servizio di distribuzione digitale di videogiochi della società Valve.

PlayStation Now è un servizio di cloud gaming basato sulla tecnologia cloud di Gaikai. È stato presentato durante il CES⁵ 2014. È disponibile da gennaio 2015 in Nord America, da settembre in Giappone e Regno Unito ed ha iniziato ad operare in Europa gradualmente da agosto 2017 a marzo 2019. La piattaforma consente all'utente di giocare ai titoli PlayStation (attualmente dal catalogo giochi della PS2, PS3 e PS4) su PS4, PS5 e Windows[2].

La piattaforma Utomik è stata lanciata in beta a giugno 2015 e commercialmente nel maggio 2018 e da allora è in servizio. I giochi per essere riprodotti in un browser richiedono del plug-in Utomik Player. La piattaforma offre un SDK, plug-in e servizi online per creare, avviare, mantenere e monitorare i giochi pubblicati[3].

GeForce Now è il servizio di cloud gaming di Nvidia lanciato in beta a gennaio 2017 e ufficialmente a febbraio 2020. GeForce Now consente agli utenti di accedere da remoto (tramite streaming) a un computer virtuale, dove possono installare giochi acquistati su Steam, Ubisoft Connect⁶ o Epic Games Store⁷. Il servizio può essere utilizzato su Windows, macOS, iOS, Android o Nvidia Shield TV⁸[4].

A maggio 2018 Electronic Arts ha svelato la sua piattaforma di cloud gaming chiamata Project Atlas, che mira a rendere disponibili numerosi titoli e a fornire un'esperienza di gioco mai provata prima grazie al supporto dell'intelligenza artificiale. La piattaforma mira ad offrire un'esperienza di gioco composta da universi realmente viventi, che cambiano con il passare del tempo, con l'interazione con altri giocatori e sotto l'influenza del mondo esterno. In questi processi, il supporto dell'intelligenza artificiale e l'apprendimento delle abitudini e delle preferenze dei giocatori giocherebbero un ruolo fondamentale. Offre anche un client di gioco dinamico, che consente agli utenti di riprodurre in streaming un titolo mentre attendono il completamento del download sul proprio dispositivo[5].

RemoteMyApp della Vortex è un servizio di cloud gaming lanciato a novembre 2018, è disponibile per Android, Windows e macOS e offre tre piani mensili (12\$, 23\$ e 33\$) che consentono all'utente di giocare per un massimo di 140 ore al mese ad un catalogo di 170 giochi. Sfortunatamente, alcuni giochi possono essere riprodotti solo acquistando la licenza del gioco[6].

Microsoft ha anticipato Xbox Cloud Gaming all'E3⁹ 2018. La piattaforma è disponibile per gli abbonati a Xbox Game Pass Ultimate da settembre 2020 ed offre sia la libreria esistente di giochi per Xbox che per Xbox Series X. Il servizio è progettato per funzionare con gli smartphone (attualmente solo Android), con controlli touchscreen o usando un controller Xbox tramite Bluetooth[7].

Google Stadia è una piattaforma di cloud gaming rilasciata a novembre 2019, ma è disponibile solo in Europa e negli Stati Uniti. Sulla piattaforma l'utente può acquistare giochi o iscriversi al servizio per accedere al catalogo giochi. Google ha creato il controller Stadia che si connette tramite WiFi direttamente al servizio e rende possibile giocare su una TV (installando l'app o utilizzando un Chromecast¹⁰). Invece sul computer tramite il browser Chrome si può giocare con mouse e tastiera o controller. Per quanto riguarda il mobile è disponibile un'app che supporta i controlli touch screen e i gamepad Bluetooth. La piattaforma offre alcune funzionalità interessanti come: live streaming su YouTube del proprio gameplay; Crowd Play che consente agli spettatori di unirsi ai giochi multiplayer che stanno guardando; Stream Connect che consente all'utente di condividere la schermata di gioco con altri giocatori nello stesso gioco; "Condivisione dello stato" che consente ai giocatori di condividere il proprio stato di salvataggio[8].

⁵CES: Consumer Electronics Show, un evento annuale che ospita presentazioni di nuovi prodotti e tecnologie nel settore dell'elettronica di consumo.

⁶Ubisoft Connect è un servizio di distribuzione digitale della società Ubisoft.

⁷Epic Games Store è un negozio di videogiochi digitali gestito da Epic Games.

⁸Nvidia Shield TV è un lettore multimediale digitale basato su Android.

⁹E3: Electronic Entertainment Expo, un evento commerciale per l'industria dei videogiochi.

¹⁰Google Chromecast è un lettore multimediale digitale per contenuti audiovisivi in streaming su Internet

Amazon Luna è stata annunciata a settembre 2020, con "accesso anticipato" disponibile per gli abbonati su invito a partire da ottobre 2020. Il catalogo giochi proposto consta di 100 giochi. La piattaforma è ovviamente ospitata su AWS¹¹. Il servizio offre l'integrazione con Twitch e una partnership con Ubisoft che dà l'accesso ai titoli al momento del rilascio[9].

La società Playkey ha realizzato una piattaforma di cloud gaming distribuita, in alpha testing durante il 2021. Il sistema distribuito è formato da un server centrale che gestisce l'infrastruttura e dai computer dei cosiddetti "minatori", coloro che mettono a disposizione il proprio computer come unità di calcolo del sistema distribuito. In pratica i giocatori non si connettono ad un server per ricevere lo streaming del gioco, ma al computer di un minatore, su cui viene eseguito il gioco, la codifica e lo stream. I minatori guadagnano 10\$ al giorno mentre l'utente paga 23\$ mensilmente per il piano illimitato. I giocatori possono giocare solo i titoli delle loro librerie personali Steam, Ubisoft Connect, Origin¹², Battle.net¹³[10].

Il caso Apple

A metà del 2020 Apple aveva cercato di bloccare le app di cloud gaming sull'App Store, ma a settembre 2020 decise di consentire il cloud gaming con alcune restrizioni: che i giochi offerti nel servizio dovessero essere scaricati direttamente dall'App Store e non da un'app all-in-one. I produttori di app sono autorizzati a rilasciare una cosiddetta "app catalogo" che si collega ad altri giochi nel servizio, ma ogni gioco dovrà essere una singola app e tutti i giochi e le "app catalogo" devono offrire l'acquisto solo tramite il sistema di elaborazione dei pagamenti "in-app purchases", in base al quale Apple di solito prende il 30% delle entrate[11].

¹¹AWS: Amazon Web Services è la piattaforma di cloud computing di Amazon.

¹²Origin è una piattaforma di distribuzione digitale di videogiochi sviluppata da Electronic Arts.

¹³Battle.net è una piattaforma di distribuzione digitale e di gestione dei diritti digitali sviluppata da Blizzard Entertainment.

Capitolo 2

Architettura del sistema

In questo capitolo verrà fatta...

2.1 Sistema proposto

L'esigenza per la quale nasce questo progetto è far conoscere alle nuove generazioni i videogiochi che hanno fatto la storia e dare la possibilità di poter giocare ancora a macchine che ormai hanno cessato di funzionare per motivi di obsolescenza, sfruttando due tecnologie entrate a far parte della quotidianità, lo streaming e il cloud computing. In questo lavoro si propone la creazione di una piattaforma di cloud gaming, che permette lo streaming audio-video direttamente e su richiesta dei videogiochi, da un server remoto, ad un client (computer, console, telefono). Per far ciò verrà ampliato il software MAME (rilasciato sotto licenza GNU-GPL) che è in grado di emulare oltre 7.000 giochi arcade. Le caratteristiche principali del progetto, che sono state vincolanti nella scelta delle tecnologie da utilizzare, sono la portabilità e la possibilità di utilizzare il sistema senza dover installare software aggiuntivi, e per questi vincoli, lato client, la scelta è ricaduta sul browser web. In Fig. 2.1 sono schematizzati i protocolli, i servizi e le API relativi alle tecnologie di streaming per i browser web ad oggi disponibili[12], che sono:

- WebSocket è un protocollo di comunicazione che fornisce un canale full-duplex su una singola connessione TCP, con una latenza inferiore rispetto ad HLS e DASH;
- HTTP Live Streaming (HLS) è il protocollo di streaming ad alta latenza più popolare su HTTP per video on demand (video preregistrato) sviluppato da Apple;
- Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) è una tecnica di streaming con bit-rate adattivo del Moving Picture Experts Group (MPEG), che consente lo streaming di alta qualità di contenuti multimediali su protocollo HTTP;
- Web Real-Time Communication (WebRTC) è un progetto per la comunicazione in tempo reale basato sul protocollo RTP (Real-time Transport Protocol)[13].

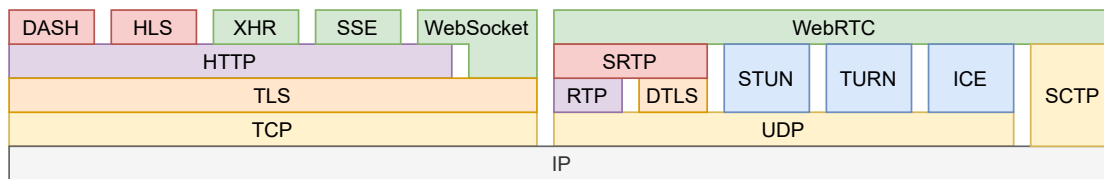


Figura 2.1: API, protocolli e servizi di rete del browser di alto livello

Il sistema è stato progettato con un'ottica incentrata sull'utilizzo in stand di retro-gaming ad eventi di informatica e videogiochi, da utilizzare quindi sulla rete locale dell'evento con gli utenti connessi tramite WiFi. In questo contesto la differenza di velocità tra TCP e RTP può essere trascurata, e la scelta della tecnologia di streaming da usare è ricaduta su WebSocket perché è un protocollo di comunicazione standardizzato dal 2011, è pienamente supportato da tutti i browser moderni, ha una latenza inferiore rispetto ad HLS e DASH, è semplice da istanziare e non richiede l'utilizzo di protocolli aggiuntivi o configurazioni complesse a differenza di WebRTC.

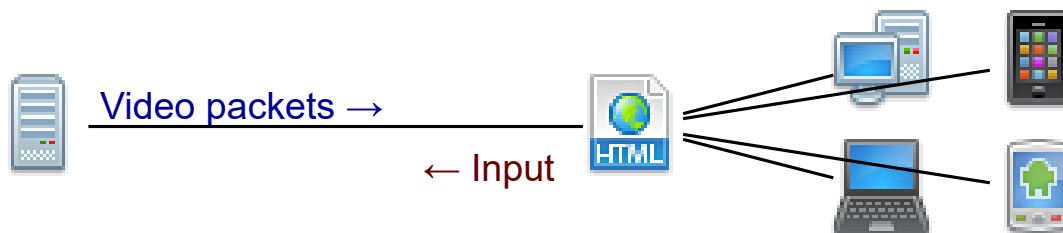


Figura 2.2: Panoramica del sistema

Come mostrato in Fig. 2.2 il sistema è costituito dal server di gioco, che può essere Linux, Windows o macOS, su cui è in esecuzione la versione modificata di MAME ed una pagina HTML5 che funge da front-end. Il programma è in ascolto per connessioni WebSocket con parametri (per es.: il nome del gioco, l'ID del player, l'ID della partita). Una volta stabilita la connessione, il server invia informazioni sulla dimensione e le proporzioni del video e avvia il gioco. Il rendering e il messaggio audio del gioco vengono generati utilizzando la libreria SDL¹, codificati e pacchettizzati nel contenitore MPEG-TS² usando la libreria FFmpeg³ e inviati tramite WebSocket al client.

Lato client vari script si occupano di decodificare i dati audio-video ricevuti, catturare e inviare l'input dell'utente, sia dalla tastiera che dal gamepad, al server tramite WebSocket.

2.2 MAME

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

¹SDL: Simple DirectMedia Layer, una libreria multiplatforma ed open-source per il multimedia

²MPEG-TS: MPEG transport stream, è un contenitore digitale per la trasmissione e l'archiviazione audio-video.

³FFmpeg è una suite open-source di librerie e programmi per la gestione di video, audio, e altri file multimediali e stream.

2.2.1 Libs.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

2.2.2 Server

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

2.2.3 SDL renderer

La fase di rendering del MAME inizia creando un contesto di rendering relativo ad una finestra, continua eseguendo la fase di disegno e finisce visualizzando il frame sulla finestra. Le funzioni della libreria SDL utilizzate sono:

- `CreateRGBSurfaceWithFormat`: Crea una superficie RGB specificando il formato pixel da utilizzare;
- `CreateRenderer`: Crea un contesto di rendering 2D per una finestra;
- `CreateSoftwareRenderer`: Crea un contesto di rendering 2D per una superficie;
- `RWFromMem`: Prepara un buffer di memoria di lettura-scrittura da utilizzare con la struttura dati `RWops` (read-write opaque pointer structure);
- `SetRenderDrawColor`: Imposta il colore utilizzato per le operazioni di disegno;
- `RenderFillRect`: Riempie un rettangolo con il colore di disegno corrente;
- `RenderDrawLine`: Disegna una linea con il colore di disegno corrente;
- `RenderPresent`: Aggiorna il contesto di rendering con il frame generato dalle funzioni di disegno.

2.2.4 SDL audiomixer

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

2.2.5 WebSocket implementation

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

2.2.6 Encoder

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

[14] [15] [16] [17] [18]

Capitolo 3

Tecnologie utilizzate

In questo capitolo verrà fatta...

3.1 MPEG

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

3.1.1 Compression

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

3.1.2 Video

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

3.1.3 Audio

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

3.1.4 Trasmission

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

3.2 FFmpeg

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum[19].

3.2.1 Libs.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

3.3 Simple DirectMedia Layer (SDL)

SDL è una libreria multiplatforma che fornisce accesso di basso livello ad audio, tastiera, mouse, gamepad, hardware 3D e framebuffer 2D. Come mostrato in Fig. 3.1 SDL è costruito sopra le API di visualizzazione video del sistema operativo (in arancione), librerie di rendering 3D (in verde) e librerie che si interfacciano alla scheda audio (in rosso)[20].

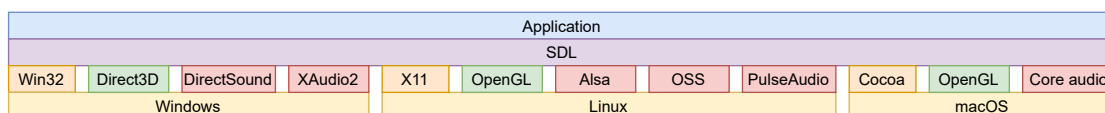


Figura 3.1: SDL: livelli di astrazione su diverse piattaforme

3.3.1 Video

Il MAME è in grado di emulare giochi sia 2D che 3D (es.: Tekken della Namco), ma poiché emula fisicamente il monitor del cabinato ciò che viene inviato alla libreria grafica è un insieme di primitive e texture da disegnare.

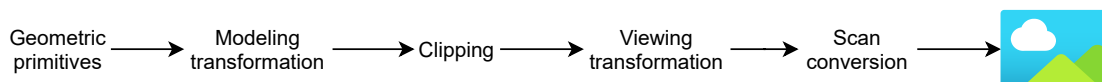


Figura 3.2: Pipeline di rendering 2D

Quando la finestra di gioco viene inizializzata, viene creato un contesto di rendering SDL per la finestra tramite la funzione *CreateRenderer*. Per ogni frame della macchina che viene emulato c'è una fase di disegno usando *SetRenderDrawColor*, *RenderFillRect* e *RenderDrawLine*, e poi tramite la funzione *RenderPresent* viene mostrato il frame appena renderizzato sulla finestra.

3.3.2 Audio

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

3.4 Web APIs

Le API Web sono un insieme di API e interfacce che comprendono la potente capacità di creazione di script del Web. A seguire quelli utilizzati in questo progetto[21].

3.4.1 WebSocket

WebSocket è un protocollo di comunicazione del computer che fornisce canali di comunicazione full-duplex su una singola connessione TCP. È compatibile con HTTP perché l'handshake WebSocket utilizza l'intestazione di aggiornamento HTTP per passare dal protocollo HTTP al protocollo WebSocket. È supportato nativamente da tutti i browser e il suo utilizzo è simile ai normali socket sia sul lato client che su quello server. Per questi motivi è il protocollo di comunicazione generico più utilizzato sul web[22].

3.4.2 Canvas API

L'API Canvas fornisce un mezzo per disegnare grafica tramite JavaScript, si concentra principalmente sulla grafica 2D ma quando viene utilizzata dall'API WebGL può disegnare grafica 2D e 3D con accelerazione hardware. È completamente supportato da tutti i browser[23].

3.4.3 WebGL API

WebGL è un'API JavaScript, progettata e gestita dal gruppo no-profit Khronos, per il rendering di grafica 2D e 3D che consente l'utilizzo accelerato dalla GPU della fisica e dell'elaborazione e degli effetti delle immagini. WebGL 1.0 è supportato su tutti i browser, mentre WebGL 2.0 viene testato su Safari[24].

3.5 Librerie JavaScript

Per il front-end, sono state utilizzate tre librerie JavaScript open source per la gestione degli input e per la decodifica del filmato.

3.5.1 JSMpeg

JSMpeg è una libreria composta da un demuxer MPEG-TS, un decoder video MPEG1 e audio MP2, con un sistema di rendering basato sia su WebGL che su Canvas2D, ed un sistema di output audio basato su WebAudio. Consente lo streaming a bassa latenza ($\sim 50\text{ms}$) tramite WebSocket, ed è rilasciata con licenza MIT[25].

3.5.2 Keypress

Keypress è una libreria per la cattura dell'input da tastiera specializzata per l'uso in contesti videoludici, rilasciata con licenza Apache 2.0. Viene utilizzata per gestire l'input da tastiera nel front-end[26].

3.5.3 GameController.js

GameController.js è una libreria che estende le Web API per il gamepad, è rilasciata con licenza MIT. Nel front-end viene utilizzata per gestire i gamepads, per consentire il multiplayer sullo stesso dispositivo[27].

Capitolo 4

Prestazioni

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

4.1 Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.



Figura 4.1: Comparazione tra rendering e streaming

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in

voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.



Figura 4.2: Comparazione tra rendering e streaming

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Capitolo 5

Conclusioni e sviluppi futuri

Come detto precedentemente il progetto è stato pensato per essere utilizzato in uno stand per il retrogaming, ma se utilizzato come servizio web sarebbe necessario creare un sistema di account tramite cui il giocatore potrebbe salvare e caricare lo stato del gioco, pubblicare i punteggi nella leaderboard, invitare altri giocatori ad unirsi alla partita supportando così il multiplayer da devices differenti.

Per ridurre la dimensione dei pacchetti si potrebbero usare due codec open-source che in futuro saranno supportati nativamente dalla maggior parte dei browser: AOMedia Video 1 (AV1), progettato per trasmissioni video su Internet, e Opus, un codec audio lossy utilizzato per la comunicazione in tempo reale. Ambedue inseribili nel contenitore WebM.

Per diminuire l'overhead di comunicazione si potrebbe sostituire il protocollo WebSocket con RTP utilizzabile tramite la tecnologia WebRTC.

Ringraziamenti 2.0

Ringrazio tutti coloro che hanno fatto parte del mio percorso di laurea magistrale:

- la mia famiglia che crede sempre che io possa fare tutto, senza capire che nella mia limitatezza è sempre una faticaccia;
- Dino che ha chiuso il buco che avevo nel petto con il suo amore;
- Laura & Giulia, Simona, Eleonora, Martina, Greta e tutte le altre ragazze del dipartimento di farmacia. Grazie per aver reso divertenti le giornate di studio. C'era sempre il sole in biblioteca;
- i miei giocatori del BawiTeam. Tra lacrime, infortuni, risate e gioie. Che squadra meravigliosa;
- i miei compagni di corso: Carrarini, Dettori, Iervolino, Lombardi, Bonapace, Paduano, Vannucci, Zhab'yak per i fantastici progetti fatti insieme;
- i professori del dipartimento di informatica. Ho cercato di trarre il massimo dai vostri insegnamenti per poterli poi concretamente utilizzare;
- Mario, Fede, Nadia, Giorgio, Giovanni e Mariapina per esserci sempre stati (da oltre 20 anni!);
- Alessandro, Carmen, Claudio, Sba, Marika, Grazia, Emiliana, Kikka, anche se non ci siamo visti spesso siete stati vicini;
- i miei parenti di Treviglio che mi hanno aiutato e ospitato. Grazie per il supporto;
- tutti gli altri, anche se non menzionati, siete nel mio cuore.

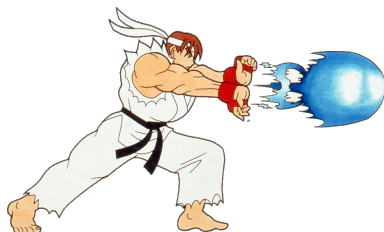


Figura 5.1: Street Fighter Alpha artwork. © Capcom

Appendice A

A

Bibliografia

- [1] Cloud gaming's history of false starts and promising reboots. polygon.com/features/2020/10/15/21499273/cloud-gaming-history-onlive-stadia-google. Accessed: 2021-04-09.
- [2] Playstation Now. playstation.com/en-us/ps-now. Accessed: 2021-04-10.
- [3] Utomik. utomik.com. Accessed: 2021-04-10.
- [4] Geforce Now. nvidia.com/en-us/geforce-now. Accessed: 2021-04-11.
- [5] Project Atlas. ea.com/news/announcing-project-atlas. Accessed: 2021-04-09.
- [6] Vortex cloud gaming. vortex.gg. Accessed: 2021-04-19.
- [7] Xbox Game Pass cloud gaming. xbox.com/en-US/xbox-game-pass/cloud-gaming. Accessed: 2021-04-09.
- [8] Google Stadia. stadia.google.com. Accessed: 2021-04-10.
- [9] Amazon Luna. amazon.com/luna. Accessed: 2021-04-10.
- [10] Playkey. playkey.io. Accessed: 2021-04-19.
- [11] Apple issues new rules for app store that will impact streaming game services from google and microsoft. cnbc.com/2020/09/11/apple-app-store-new-rules-will-affect-google-stadia-microsoft-xcloud.html. Accessed: 2021-04-20.
- [12] Audio and video delivery. developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Guide/Audio_and_video_delivery. Accessed: 2021-04-16.
- [13] Ilya Grigorik. *High Performance Browser Networking*. O'Reilly Media, Inc., 2013.
- [14] Stanley B. Lippman, Josée Lajoie, and Barbara E. Moo. *C++ Primer*. Addison-Wesley Professional, fifth edition, 2010.
- [15] Fred Halsall. *Computer Networking and the Internet*. Addison-Wesley, fifth edition, 2005.
- [16] Ian Sommerville. *Ingegneria del software*. Pearson, 2007.
- [17] Daniel P. Bovet and Marco Cesati. *Understanding the Linux Kernel*. O'Reilly Media, 2005.
- [18] Samara Lynn. *Windows Server 2012. La guida*. Tecniche Nuove, 2013.
- [19] FFmpeg Documentation. ffmpeg.org/doxygen/trunk. Accessed: 2021-03-30.

- [20] SDL Wiki. wiki.libsdl.org. Accessed: 2021-03-29.
- [21] Web APIs. developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API. Accessed: 2021-04-21.
- [22] WebSocket - Web APIs. developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebSocket. Accessed: 2021-04-16.
- [23] Canvas API. developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Canvas_API. Accessed: 2021-04-21.
- [24] WebGL. developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL_API. Accessed: 2021-04-21.
- [25] JSMpeg - MPEG1 Video & MP2 Audio Decoder in JavaScript. github.com/phoboslab/jsmpeg. Accessed: 2021-04-05.
- [26] Keypress. github.com/dmauro/keypress. Accessed: 2021-04-21.
- [27] gamecontroller.js. github.com/alvaromontoro/gamecontroller.js. Accessed: 2021-04-21.