

# **On-demand gaming**

En teknisk översikt på spel i molnet

Mikael Vikström

Examensarbete  
Informations- och medieteknik  
2013

Mikael Vikström

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Informations- och medieteknik
Identifikationsnummer:	4188
Författare:	Mikael Vikström
Arbetets namn:	On-demand gaming – En teknisk översikt på spel i molnet
Handledare (Arcada):	Johnny Biström
Uppdragsgivare:	-
<p>Sammandrag:</p> <p>On-demand gaming är ett system där en molnbaserad speltjänst distribueras till prenumererande användare. Tjänsten levereras via ett nätverk till användarens (oftast valfria) klient. Det här arbetet är en forskning på den teknologi som gör on-demand gaming möjligt. Arbetet är en litteraturstudie där inga praktiska tester eller mätningar har utförts. Den teknologi som undersöks är strukturen av ett datormoln och dess olika modeller på tjänster, nätverk och dess skeden som påverkar tjänstens fördröjningstid, kodning och strömning av media samt en överblick på klienter som används. Arbetet omfattar också en undersökning av tre befintliga on-demand gaming system. En kommersiell tjänst, en tjänst som bygger på öppen källkod och ett serversystem. Syftet med arbetet är att ge en förståelse i teknologin och möjligheterna med on-demand gaming.</p>	
Nyckelord:	On-demand gaming, datormoln, nätverk, videoström, tunn klient, videospel, datorspel
Sidantal:	
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Informations and Media Technology
Identification number:	4188
Author:	Mikael Vikström
Title:	On-demand gaming – En teknisk översikt på spel i molnet
Supervisor (Arcada):	Johnny Biström
Commissioned by:	-
<p>Abstract:</p> <p>On-demand gaming is a system where a cloud based gaming service is distributed to subscribing users. The service is delivered on a network to the users (often self chosen) client. This paper is a research on the technology that makes on-demand gaming possible. The paper is a literature based study where no practical testing or measurements have been executed. The researched technologies are the structure of a computer cloud and its different service models, the different network phases that affect latency, encoding and streaming of media, and an overview of clients used. The paper also includes a research of three existing on-demand gaming systems. One commercial service, one open source service and one server system. The objective with this paper is to provide an understanding in the technology and possibilities with on-demand gaming.</p>	
Keywords:	On-demand gaming, cloud computing, network, video stream, thin client, computer game, videogame
Number of pages:	
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>6</b>
1.1	Bakgrund	6
1.2	Syfte och mål	6
1.3	Avgränsningar	7
1.4	Terminologi och förkortningar	7
<b>2</b>	<b>MOLNET SOM SPELTJÄNST</b>	<b>9</b>
2.1	Videospelindustrin	9
2.1.1	<i>Spelindustrin i molnet</i>	10
2.2	Definition på datormoln	10
2.3	On-demand gaming	12
2.3.1	<i>Mjukvara som en tjänst</i>	13
2.3.2	<i>Nätverk</i>	15
2.4	Videokomprimering	17
2.4.1	<i>Strömning av media</i>	17
2.4.2	<i>H.264 Videokomprimeringsformatet</i>	19
2.5	Klienter	19
2.5.1	<i>Klienter anpassade för on-demand gaming</i>	19
2.5.2	<i>Tunna klienter</i>	21
<b>3</b>	<b>BEFINTLIGA TJÄNSTER</b>	<b>22</b>
3.1	Nvidia Grid	22
3.1.1	<i>Hantering av fördröjningstid</i>	23
3.1.2	<i>Grafisk prestanda</i>	24
3.2	OnLive	25
3.2.1	<i>Nätverk och videoström</i>	26
3.2.2	<i>Spelplattformen</i>	27
3.3	GamingAnywhere	28
3.3.1	<i>Konstruktionsmål</i>	28
3.3.2	<i>Systemarkitektur</i>	29
<b>4</b>	<b>TANKAR OCH SLUTSATSER</b>	<b>32</b>
	<b>Källor</b>	<b>33</b>

## Figurer

Figur 1. Prognos på den globala spelmarknaden (Entertainmentbusiness, 2012).....	9
Figur 2. Konceptet datormoln (Compability, 2012).....	11
Figur 3. Överblick av en molnbaserad speltjänst (Leung, 2011).....	12
Figur 4. Olika lager i ett datormoln (Wikipedia, 2013b).....	13
Figur 5. Responstidens olika skeden i en nätverksförbindelse ( Choy, 2012).....	16
Figur 6. Arkitekturen bakom strömning i en molntjänst(Goel, 2012).....	18
Figur 7. OnLives spelklient i form av en Android applikation.(Willington, 2011) .....	20
Figur 8. Nvidias spelkonsol Shield, som är designad för strömning av spel (Khan, 2013) .....	21
Figur 9. Nvidia Grid serverhylla (cnxsoft, 2013) .....	22
Figur 10. Fördröjningstiden hos GeForce GRID (Chartier, 2012) .....	23
Figur 11. Jämförelse av fördröjningstid i spelsystem (Nvidia, 2013c) .....	24
Figur 12. Nvidia Grid serverhårdvara (Nvidia, 2013b).....	25
Figur 13. Onlives tunna spelkonsol, (Chan, 2009).....	26
Figur 14. OnLiveskontroller med media och inspelningsknappar, (Chan, 2009) .....	27
Figur 15. Uppbyggnaden hos GamingAnywhere, (Huang, 2013).....	29
Figur 16. En modulär bild av GamingAnywhere server och klient (Huang, 2013) .....	30

## Tabeller

Tabell 1. Jämförelse av molnmodeller (TechNet Magazine, 2011) .....	14
Tabell 2. Jämförelse i GFLOPS av GeForce modeller (Wikipedia, 2013g).....	24

# 1 INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Den digitala spelindustrin har vuxit enormt de senaste åren, och tillfört nya möjligheter bland spelutvecklare och investerare. Internetanslutningar till hushåll blir allt snabbare och fler till antalet, vilket har ökat både onlinespelet och gett spelutvecklare nya möjligheter för speltjänster. Det blir allt vanligare att via internet strömma sina medietjänster till hemmet. Nu har spel även börjat följa denna trend. I detta arbete presenteras en underökning av befintliga tjänster och tekniken bakom strömning av speltjänster, som är känt vid namnet on-demand gaming.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att ge en insikt i hur on-demand gaming fungerar. Jag kommer att undersöka vilken teknologi som används för att göra on-demand gaming möjligt och hur lämpligt en sådan tjänst kan implementeras med de digitala resurser som är tillgängliga i dagsläget. Jag kommer också att undersöka tekniken bakom ett antal befintliga on-demand gaming tjänster. Jag kommer att försöka ge en överblick över möjligheter, fördelar och nackdelar med en sådan tjänst. De centrala forskningsfrågorna är:

- Hur fungerar on-demand gaming?
- Hur ser teknikerna som används ut?
- Hur påverkar on-demand gaming spelutveckling och konsumering?
- Varför virtualiserar spelkonsoler och speldatorer i molnet?

Målsättningen är att ge en förståelse i teknikerna som används och vad som är viktigt för att leverera en bra spelupplevelse. Målet är också att försöka ge en förklaring till varför spelkonsoler och speldatorer virtualiseras och flyttas till molnet.

## 1.3 Avgränsningar

Det här arbetet är enbart en litteraturstudie angående on-demand gaming, jag har inte utfört jämförelser, mätningar och experiment på tjänster och tekniker. Jag kommer inte att undersöka vilka spel som finns tillgängliga eller hur spelen fungerar i praktiken. Jag kommer inte att ta upp kostnadsjämförelser mellan on-demand tjänster eller mellan klassiska spelsystem. Jag kommer inte heller att behandla säkerheten i molnbaserade speltjänster eller för molntjänster i allmänhet.

## 1.4 Terminologi och förkortningar

**PaaS** - *platform as a service* - plattform som en tjänst

**IaaS** - *infrastructure as a service* - infrastruktur som en tjänst

**SaaS** - *software as a service* - mjukvara som en tjänst

**GaaS** - *gaming as a service* - spel som en tjänst

**On-demand** - direkt distribution

**Grid computing** - nätverkande av datatillgångar

**GPU** - *graphics processing unit* - grafikprocessor

**Back-end** - basbearbetning (ofta på servernivå)

**2U rack** - standardiserad höjdenhet för en serverhylla (44,45 mm)

**Geforce** - grafikprocessor utvecklad av företaget Nvidia

**Tegra** - systemchip för mobila enheter utvecklat av företaget Nvidia

**FLOPS** - *FLoating-point Operations Per Second* - flyttalsoperation per sekund

**HD** - *high definition* - högupplöst

**HDMI** - *High-Definition Multimedia Interface* - gränssnitt för överföring av okomprimerade digitala ljud- och bildsignaler

**REST** - *Representational State Transfer* - IT-arkitekturbegrepp

**HTTP** - *Hypertext Transfer Protocol* - kommunikationsprotokoll på internet

**HTTPS** - *Hypertext Transfer Protocol secure* - krypterat kommunikationsprotokoll på internet

**RTSP** - *Real Time Streaming Protocol* - standardprotokoll för strömmande media

**UDP** - *user datagram protocol* - förbindelseöst protokoll i transportskiktet för att skicka datagram över ett IP-nätverk

**RTP** - *real-time transport protocol* - RealtidsTransport protokoll

**S/PDIF** - *Sony/Philips Digital Interconnect Format* - gränssnitt för överföring av digitalt ljud

**Ethernet** - standardiserade metoder för datorkommunikation i ett lokalt nätverk

**Pay-per-use tjänst** - betala för vad du använder

**ISP** - *Internet service provider* - internetleverantör



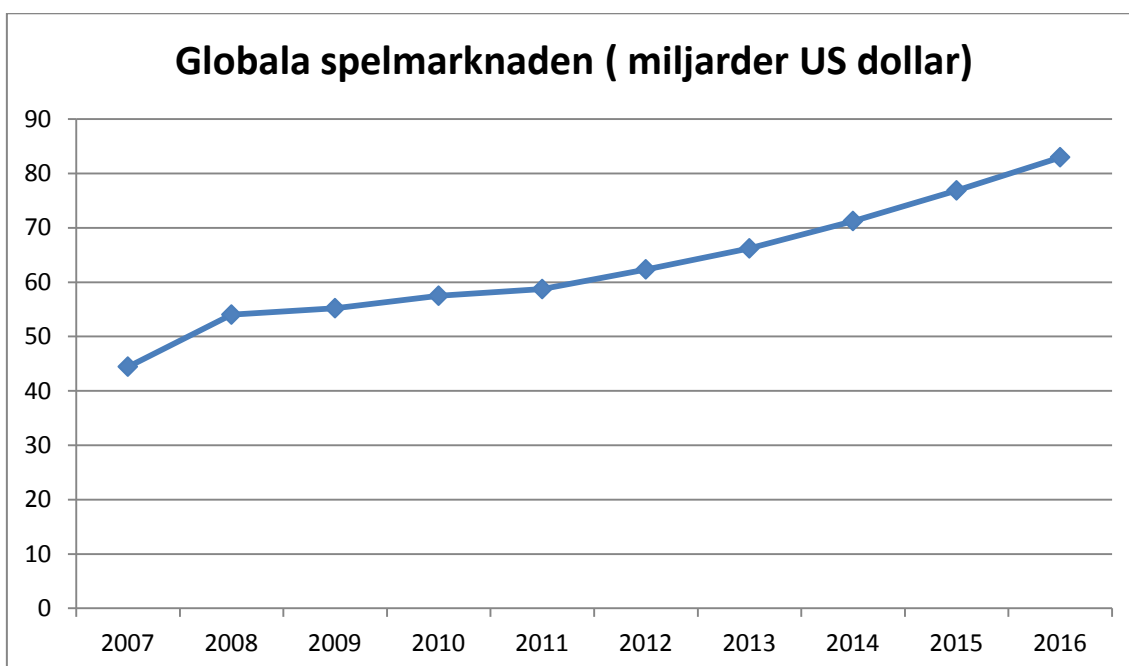
## 2 MOLNET SOM SPELTJÄNST

I detta kapitel beskrivs hur molnet används som speltjänst. Här beskrivs också vilka potential en molnbaserad speltjänst kan ha och hur tekniken ser ut i dagens läge. Även en allmän introduktion till datormoln och molntjänster.

### 2.1 Videospelindustrin

Under de två senaste decennierna har spelindustrin växt kraftigt och är nu en av de ledande grenarna inom underhållningsindustrin. År 2011 var den globala spelindustrin värd omkring 58 miljarder dollar och väntas växa med omkring 9 % de kommande åren. I jämförelse med annan underhållningsindustri sägs spelindustrin vara den snabbast växande och mest intressanta de kommande åren. Spelindustrin är mer än dubbelt så stor som musikindustrin och omkring tre femtedelar av filmindustrins storlek.

En förklaring till spelindustrins snabba växande beror på att den första generationens spelare nu är i medelålder och står för en stor del av marknaden. Samtidigt som nya generationer av spelare tillkommer. En annan orsak till den snabba tillväxten är att spelföretag har sökt nya målgrupper av spelare via den ökade populariteten av sociala medier och smarttelefoner (The Economist, 2011).



Figur 1. Prognos på den globala spelmarknaden (Entertainmentbusiness, 2012)

### **2.1.1 Spelindustrin i molnet**

Molnbaserade speltjänster stöter på konkurens som redan är etablerade i den digitala distributionen av spel. De försöker sälja sin produkt till en marknad vars kunder redan har den teknik de behöver för sina spel. Medan priset på molnbaserade speltjänster ligger nära priset på övriga distribueringssätt av spel visar kunderna litet initiativ att byta till en molntjänst. Spel med flerspelarläge håller på att bli en viktigare del av marknaden, därför måste företagen utveckla strategier som minimerar fördröjningstid hos spelarna på fjärrservrar. Affärsmodellen hos företag som erbjuder speltjänster i molnet kommer att ha en bättre chans att lyckas i framtiden, när kunderna står inför valet att endera köpa nästa generations spelkonsol eller spela direkt i molnet.

Användning av datormoln kommer att ha stor påverkan hos flera affärssegment. En negativ påverkan kommer att synas i försäljning av konsol och PC spel, medan det kommer att ha en positiv påverkan av prenumerationsbaserade online speltjänster. Molntjänster kommer också att ha en positiv effekt när det gäller annonsering i spel. Reklamer kan uppdateras och bytas ut enkelt eftersom allting körs online (Entertainmentbusiness, 2012).

## **2.2 Definition på datormoln**

Datormoln används som ett samlingsord för on-demand tjänster som levererar dataverktyg och tjänster till användaren. Konceptet går att jämföra med en elleveranstjänst, du kan använda el ur en stickkontakt ur väggen men behöver inte bry dej om hur den levereras till dej. Du behöver inte bry dej om hur elen genereras eller hur den når just dej, allt detta sköter leverantören om (Voorsluys, 2011).

Datormoln har inom de senaste åren blivit den dominerande miljön för som värd för webbapplikationer och tjänster. Tjänstens snabba övertag beror mycket på dens förmåga att utnyttja sina resurser med låga kostnader och underlätta planering av resursutvidgning (Choy, 2012).

De tre huvudsakliga molntjänster som används är databehandling, lagring och mjukvara som tjänst. Många har försökt definiera exakt vad datormoln är och vad som kan klassas som en molntjänst. Enligt the National Institute of Standards and Technology (NIST) beskrivs datormoln som en behändig pay-per-use tjänst som ger tillgång till konfigurerbara delade datorresurser, vilka enkelt och smidigt kan etableras och frigöras. I en annan rapport av McKinsey och Co. beskrivs datormoln som hårdvara baserade tjänster som erbjuder databeräkning, nätverk och lagringskapacitet, där klientens interaktion med hårdvaran har eliminerats. Buyya et al. definierar datormoln som ett distribuerat parallellt datorsystem. Bestående av en samling sammankopplade och virtuella datorer framstående som en enhetlig tillgång för användaren, där nivån på tillgångar beror på förhandlingar mellan leverantören och användaren (Choy, 2012) (NIST, 2011).



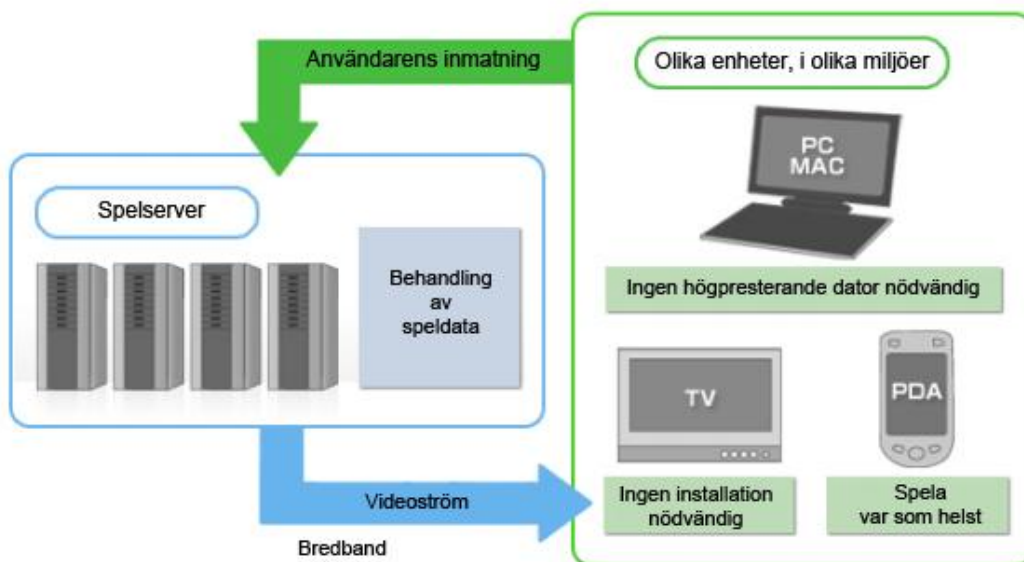
*Figur 2. Konceptet datormoln (Compability, 2012)*

Det finns även mycket fler definitioner på vad en molntjänst kan vara, men de viktigaste egenskaper som alla molntjänster tycks ha gemensamt är listade här

- Pay-per-use
- Illusionen av oändliga resurser
- Självbetjäningsgränssnitt
- Tillgångarna är virtualiserade

## 2.3 On-demand gaming

On-demand gaming (även kallat cloud gaming) är en molntjänst som möjliggör att strömma datorspel direkt till användaren via ett nätverk. På liknande sätt som on-demand videotjänster strömmar video till användaren. Detta betyder att spelen inte är installerade hos klienten, utan i molnet. Spelen behöver aldrig laddas ner i sin helhet, utan bara väsentlig speldata strömmas till klienten i en komprimerad videoström. Ett av målen med on-demand gaming är att införa klientfrihet hos användaren dvs. att du skall kunna spela samma prestandakrävande spel oberoende om du spelar på en PC dator, smarttelefon eller surfplatta osv. På samma gång ger det användaren nya möjligheter till mobilt spelande, förutsatt att en nätverksuppkoppling finns tillgänglig (Wikipedia, 2012a).



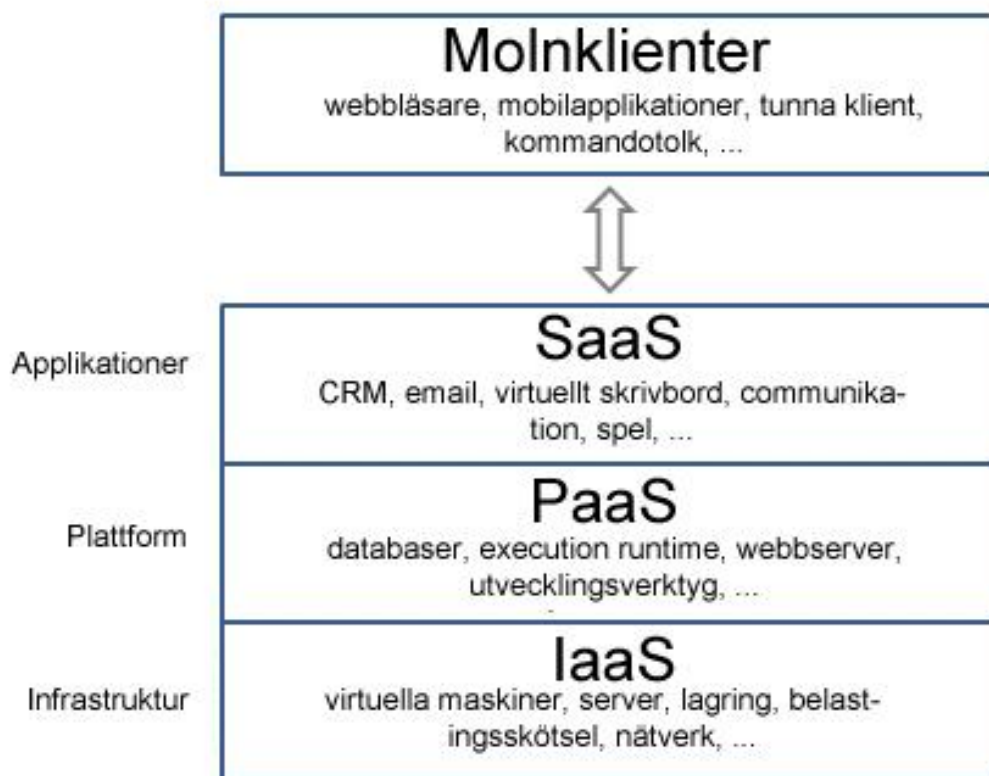
Figur 3. Överblick av en molnbaserad speltjänst (Leung, 2011)

Ett problem med många datacenter som kör molntjänster är att de är dåligt utrustade för att klara av krävande tjänster i stor skala som on-demand gaming. Ett annat problem som gäller interaktiva molntjänster är att nå en godkänd responstid av systemet (Choy, 2012).

Det finns många orsaker till att on-demand speltjänster attraherar både spelare och spelutvecklare. För spelaren är fördelar bl.a. att de slipper uppgradera sin hårdvara för att spela de senaste spelen. De kan spela samma spel på flera plattformar, t.ex. PC datorer, laptops, telefoner och surfplattor. Det ger också möjlighet till större spelutbud utan extra kostnader i hårdvara. Det ger också fördelar för spelutvecklarna genom att underlätta problem med hårdvara och mjukvara inkompatibilitet, minskade produktionskostnader och möjligheten att nå ut till flera typer av användare (Huang, 2013).

### 2.3.1 Mjukvara som en tjänst

Molntjänster kan delas upp enligt ett antal olika modeller beroende på vad tjänsten levererar. De tre mest grundläggande modellerna är infrastruktur som en tjänst (IaaS), plattform som en tjänst (PaaS) och mjukvara som en tjänst (SaaS). Tillsammans är de kända som SPI modellen. De tre modellerna bygger stegvis på varandra, där IaaS är den mest enkla lösningen och SaaS är den mest kompletta.



Figur 4. Olika lager i ett datormoln (Wikipedia, 2013b)

Infrastruktur som en tjänst (IaaS) fungerar som en virtuell maskin i molnet. Där användaren själv installerar operativsystem och kan använda molnets infrastruktur skalbart enligt eget behov. Användaren installerar också själv alla applikationer som skall användas och är ansvarig för administrering och underhåll av mjukvaran.

Plattform som en tjänst (PaaS) innehåller oftast någon typ av operativsystem. Där kan man köra egna program i en färdig miljö, som också lätt är skalbar. Den här typen av tjänst används ofta av programutvecklare för tester och utveckling. Exempel på en PaaS tjänst är Google App Engine.

I SaaS modellen är mjukvaran installerad i molnet och hanteras av tjänsteleverantören. Användaren behöver inte administrera, uppdatera eller ladda ner mjukvara för att använda tjänsten. Detta betyder att användaren inte heller har kontroll över infrastrukturen dvs. hur nätverk, operativsystem, server, lagring och applikationer hanteras.

SaaS modellen möjliggör on-demand tjänster, inklusive on-demand gaming. Tillgång till on-demand tjänsterna fås med en kompatibel molnclient t.ex. tunn klient, webbläsare.

Tabell 1. Jämförelse av molnmodeller (TechNet Magazine, 2011)

Typ	Konsument	Tjänstleverantör	Servicenivåns teckning	Anpassning
SaaS	Slutanvändare	Färdiga applikationer	Applikationsdrift och prestanda	Minimal anpassning. Möjligheter dedikerade av leverantören.
PaaS	Applikations ägare	Runtime-miljö för applikationer och kod. Molnlagring. Integrering av molntjänster.	Miljötillgångar. Prestanda i olika miljöer. Ingen applikations täckning.	Hög grad av applikationsanpassning. Applikationer kan behövas skrivas om.

IaaS	Applikations ägare eller IT leverantörens operativsystem. Applikationssupport och mellanvaror	Virtuella servrar. Molnlagring.	Tillgång till virtuella servrar. Ingen plattform eller applikations täckning.	Minimala begränsningar hos applikationer installerade på virtuella operativsystem.
------	---	---------------------------------	---	--

En SaaS tjänst kan underlätta arbetet för utvecklare och mjukvaruleverantörer på flera fronter. Att införa nya uppdateringar i mjukvara går betydligt snabbare och smidigare i en SaaS tjänst än traditionell lokal mjukvara. En av faktorerna som underlättar uppdateringen är att utvecklarna har full kontroll över vilka plattformar mjukvaran körs på, och behöver bara testa mjukvaran på den egna plattformen. Speciellt när det gäller online-spel är det viktigt att uppdateringar fungerar snabbt och felfritt (Wikipedia, 2012b) (Learning Tree International, 2011) (TechNet Magazine, 2011).

En annan sak som underlättar arbetet för leverantören är det minskade behovet av support. Metoden som mjukvaran levereras på via en SaaS tjänst gör att buggar kan åtgärdas före största delen av användarna lägger märke till dem. Leverantören har också ett begränsat antal plattformar som supporten måste utföras på. Till skillnad från att se till att mjukvaran fungerar på t.ex. olika Windows versioner samt olika Mac OS versioner, sköter de bara om egna valda plattformar (Orlando, 2011).

### 2.3.2 Nätverk

Studier visar (Manzano, 2012) (Choy, 2012) att dagens moln infrastruktur är dåligt anpassad för on-demand gaming. Infrastrukturen för molntjänster är oftast placerade i stora datacenter, men är få till antalet. En sådan infrastruktur ger ekonomiska fördelar och lättare tillväxtpöjligheter för största delen av dagens molntjänster. On-demand gaming som en molntjänst är mycket känslig för långa nätverksfördröjningstider. Detta leder till att leverantörerna av tjänsten har svårt att nå upp till de krav som användarna är nöjda med.

Studier visar (Manzano, 2012) (Choy, 2012) också att spelare börjar att märka av störningar när fördröjning uppnår 100 ms. I ett sådan fall beror oftast ca. 20 ms på den egna

hårdvaran och 80 ms på nätverket. Mätningar visar att leverantörerna har svårt att uppnå en så låg fördröjningstid till största delen av användarna.

Till skillnad från en on-demand video tjänst där materialet kan strömmas och lagras i en buffert, för att inte orsaka fördröjningar och avbrott, så är ett spel hela tiden interaktivt och beroende av en snabb responstid mellan användaren och servern. Responstiden kan delas upp i olika skeden.

$$T = t_{klient} + \overbrace{t_{nätverksåtkomst} + t_{ISP} + t_{transport} + t_{datacentral}}^{t_{nätverk}} + t_{server}$$

Figur 5. Responstidens olika skeden i en nätverksförbindelse (Choy, 2012)

Klientens responstid är fast beroende av användarens hårdvara. Serverns responstid är tiden det tar för servern att behandla informationen som tas emot av klienten, att generera en videoström av informationen och skicka tillbaka informationen till klienten. Serverns responstid kan förbättras med snabbare och mera speloptimerad hårdvara. När det gäller on-demand gaming står klienten och servern oftast bara för en liten del av hela responstiden, resten beror på nätverket. Nätverkets responstid kan delas upp i fyra akter: nätverksåtkomst, ISP, transport och datacentral. Nätverksåtkomst är tiden det tar för klienten att få kontakt med router som är ansluten till internet. Denna responstid är mycket beroende av klientens egen nätverkskonfiguration och belastning. Den andra akten i nätverket är ISP. ISP:ns fördröjning är tiden det tar för signalen att gå från routern till nästa trafikeringspunkt som är sammanbunden med din internetleverantör. I denna fas transporteras data endast i din egen leverantörs nätverk. Tredje akten är fördröjning orsakad av transport mellan din ISP och molntjänst leverantören. Detta sker ofta över nätverk som ägs av en tredje part. Den sista akten av fördröjning sker i datacentralen. Där sker en liten fördröjning när centralens front-end server kommunicerar med klientens värdserver (Manzano, 2012) (Choy, 2012).



## 2.4 Videokomprimering

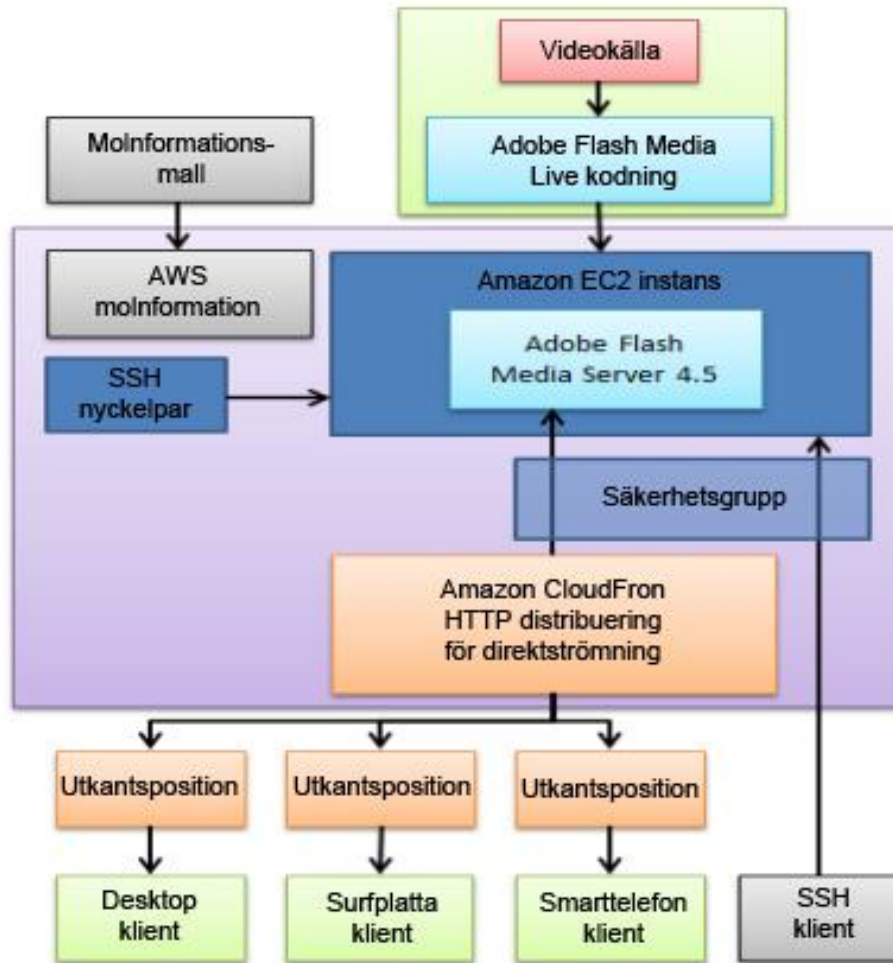
För att få en bra spelupplevelse är det nödvändigt med en bra videokvalitet. Olika videokomprimeringstekniker används för att strömma spelen över det tillgängliga nätverket med så bra kvalitet som möjligt. Komprimering är en teknik som används för att minska mängden av bitar av data. Tekniken kan användas för flera ändamål, när det gäller on-demand medietjänster används tekniken främst för att spara lagringsutrymme och för att göra flödet av data genom ett nätverk snabbare. Komprimering kan åstadkommas med hjälp av olika tekniker och algoritmer. En enda algoritm fungerar inte i alla scenarier eller för alla typer av data. Det finns många olika format på information och olika dataarkitektur, alla algoritmer har sitt eget sätt att komprimera på och fungerar olika bra i alla situationer. En algoritm som använder en komprimeringsteknik för video kommer inte att ha samma krav som en algoritm som är gjord för att komprimera textfiler. Det finns många olika typer av komprimeringsalgoritmer men på en skala kan de delas in i två grundläggande kategorier, förlustfri datakomprimering och destruktiv datakomprimering.

Förlustfri komprimering används när man vill ha tillbaka den exakta informationen som komprimerades. Det viktigaste med den här typen av komprimering är att all data bibehålls i sitt ursprungliga förhållande efter komprimeringen (Leung, 2011) (Wikipedia, 2013e).

Destruktiv komprimering komprimerar data genom att göra sig av med en del av informationen. När det gäller bild och ljud kan oftast en stor del av data kastas bort utan att användaren märker av det. Destruktiv komprimering används därför främst för komprimering av multimedia (Wikipedia, 2013d).

### 2.4.1 Strömning av media

En medieström är multimedia som konstant tags emot av en användare medan den levereras av en tjänst. Vitsen med en medieström är att uppspelning av innehållet kan starta före all information har tagits emot av användaren.



Figur 6. Arkitekturen bakom strömning i en molntjänst(Goel, 2012)

Realtidsvideoapplikationer kräver att paket av mediedata levereras enligt bestämd tidskod, försenad paket av data är oanvändbara och behandlas som förluster. När det gäller applikationer som är känsliga för avbrott är det viktigt att data når sin destination regelbundet för att inte skapa avbrott.

Det finns två olika typer av strömning, den ena är realtidsströmning och den andra är förinspelad strömning. Protokoll som används för strömningssyften är UDP, som står för User Datagram Protocol. Protokoll levererar multimedieströmmen som en sekvens av små paket med data. Största delen av transportprotokoll används över en RTP stack som implementeras på UDP/IP protokoll för att skapa en nätverkstransport mellan användare och tjänst. Intensiva tjänster som on-demand gaming och direktsänd video kräver realtidskodning av materialet (Goel, 2012).

## **2.4.2 H.264 Videokomprimeringsformatet**

H.264 (H.264/MPEG-4 AVC) är en standard för komprimering av video. Formatet är i dagsläget ett av de vanligaste och mest lämpliga komprimeringstekniken för att strömma video. Komprimeringsstandarden består av två lager. Ett videokodningslager (VCL), som har i uppgift att representera innehållet i videon, och ett annat nätverksabstraktionslager (NAL).

VCL lagret behandlar videon genom att dela upp bildrutorna i makroblock som består av 16x16 pixlar stora rutor. Genom att jämföra makroblocken med varandra i flödet av bildrutor, kan oförändrade rutor kastas bort och på så vis minska på mängden data som måste strömmas. VCL lagret använder även en teknik för att förutse kommande bildrutor, och med hjälp av den tekniken minska små avbrott i videon orsakade av nätverksstörningar.

NAL lagret är att ge abstraktion till det tillgängliga nätverkets protokollet. Lagret mappar ut H.264 VCL data till transportlager i protokollet. Data organiseras i NAL enheter som håller information och videodata. Viss data som är konstant i hela videon kan lagras i parameteruppsättningar, de kan hålla information för sekvenser i videon eller för skilda bildrutor. Dessa parametrar kan skickas till mottagaren före NAL enheterna för att minska felaktigheter (Heslegrave, 2011) (Wikipedia, 2013f).

## **2.5 Klienter**

### **2.5.1 Klienter anpassade för on-demand gaming**

Att använda sig av tunna klienter för nätverksspelande anses vara en god lösning. Moderna spel kräver normalt enorm behandling av data och renderingskraft hos klienten. Genom en on-demand gaming modell kan den bördan överlåtas från spelarens hårdvara till leverantören. Som resultat av detta finns det en mängd olika lösningar för spelande via tunna klienter i dagsläget.

Leverantörer av existerande on-demand speltjänster har sina egna lösningar för använda tunna klienter. Designen för lösningarna kan vara implementerad på olika sätt, men konceptet är det samma. Spelets mjukvara körs på en server och spelaren behöver bara installera eller ta i bruk klienten. Klienter för on-demand gaming finns både i form av mjukvara och hårdvara. Vissa tjänster levereras med en tunn klient i form av en spelkonsol som kan anslutas till en monitor och till ett nätverk. En klient i form av mjukvara kan vara en applikation som installeras under kompatibelt operativsystem på existerande hårdvara (Chang, 2011) (Wikipedia, 2013).



*Figur 7. OnLives spelklient i form av en Android applikation.(Willington, 2011)*



*Figur 8. Nvidias spelkonsol Shield, som är designad för strömning av spel (Khan, 2013)*

## 2.5.2 Tunna klienter

En tunn klient är endera ett mjukvaruprogram eller en hårdvara som är till stor del beroende av en annan dator för att utföra största delen av sitt arbete. Klienten arbetar som en del i ett nätverk. Den fungerar som ett gränssnitt åt användaren medan serverdatorn gör allt arbete, som att spara filer, beräkna data samt kontrollerar vissa funktioner hos klienten t.ex. kontrollering av nätverkstrafik.

Fysiskt kan en tunn klient vara mycket minimal och bestå av så lite som en grafisk display och en mekanism för inmatningsdata, t.ex. tangentbord, mus eller pekskärm. Sådana enheter innehåller bara nödvändig information för att starta upp och för att ansluta till en kraftigare dator, oftast i form av en server. Många tunna klienter saknar in- och utenheter i form av anslutningsportar och möjligheten att ta emot olika externa medier. Vissa tunna klienter saknar också egen lagringenhet, vilket betyder att klienten är beroende av skild programvara och nätverksförbindelse till en server för att spara filer.

## 3 BEFINTLIGA TJÄNSTER

### 3.1 Nvidia Grid

Nvidia är en av de världsledande företagen inom tillverkning av datateknik. Deras produktionsområde fokuseras exklusivt på grafikchip (Wikinvest, 2013). Nuförtiden tillverkar Nvidia grafikchip (GPU) för mobila apparater, PC datorer, superdatorer och datormoln. År 2012 introducerade Nvidia sin virtualiserade GPU, Nvidia Grid. Det är deras egen serverlösning som är specialiserad för att köra back-end cloud gaming tjänster. Gridsystemet består av olika block och skall fungera fristående utan extra mjukvara eller hårdvara. Huvudblocket som ingår i Nvidia Grid är själva spelservern. En sådan server kan hantera upp till 24 simultana användare. Systemet är byggt enligt 2U-rack standard, vilket gör att 20 servrar får plats i en serverhylla. Det betyder att en serverhylla kan hantera upp till 480 användare.

En skild koordinationsserver krävs för att hantera de olika gridservrarna. Koordinationsservern hanterar saker som användarnas autentisering, databaslagring för användarinformation och distribution av användarnas sessioner över de olika servrarna. En sådan koordinationsserver krävs för varje serverhylla fylld med 20 servrar. Detta krävs för att kunna balansera användningen när servrarna är under stress.

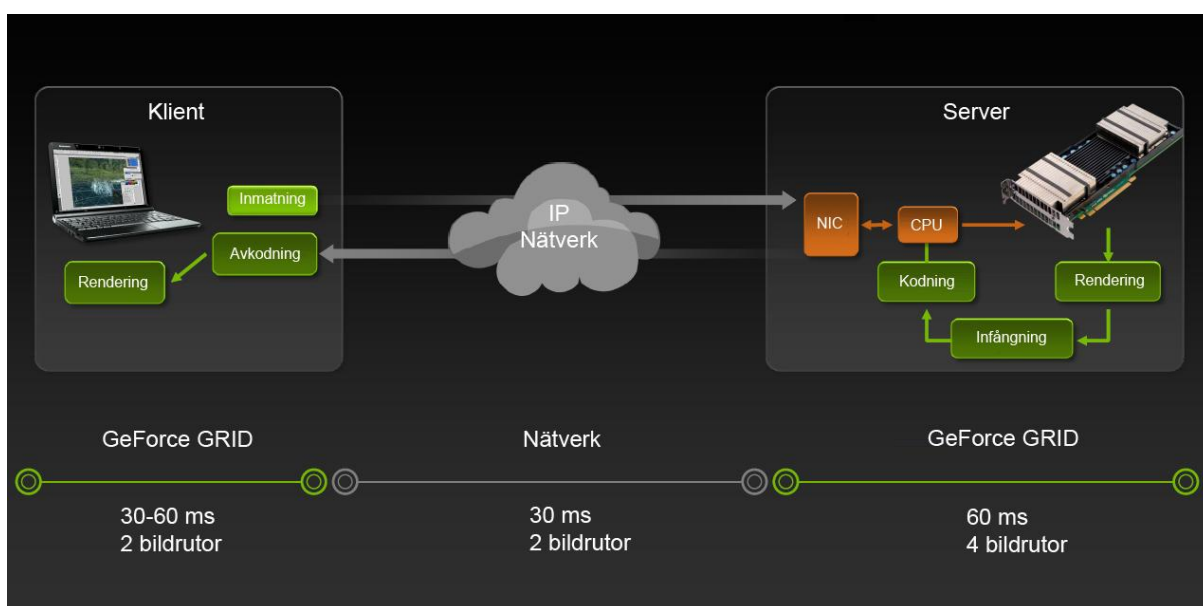
Nvidia vill göra systemet så lätt som möjligt att använda och administrera av sina partners och utvecklare. Därför har de valt att köra Windows Server på både spelservrarna och koordinationsservern. Formatet på spelen som strömmas kan därför vara helt vanliga Windows PC spel.



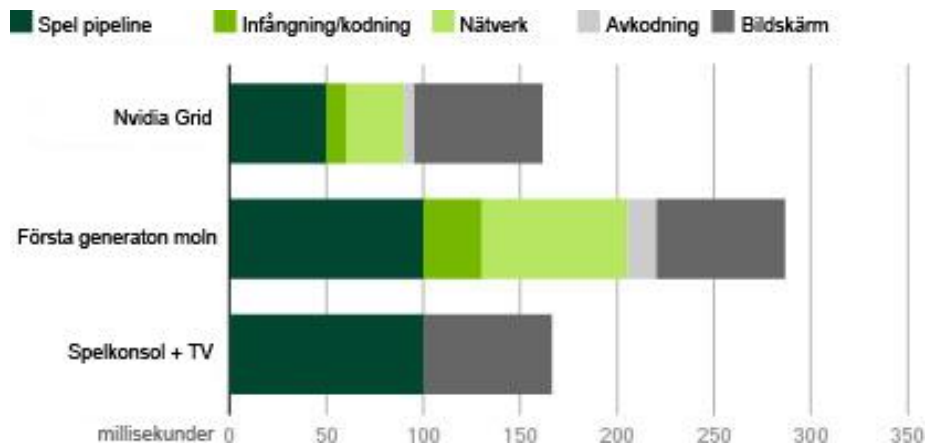
Figur 9. Nvidia Grid serverhylla (cnxsoft, 2013)

### 3.1.1 Hantering av fördröjningstid

Liksom med alla on-demand speltjänster är nätverksfördröjning ett av dom största problemen. Nvidia hävdar att med sin virtualiserade GPU teknik minska fördröjningstider så mycket att du inte skall märka att du spelar över en molntjänst. Genom att låta grafikprocessorn i molnet koda videoströmmen som levereras till dej. Strömmen levereras endera i 720p eller 1080p kodad i H.264. Tidigare speltjänster i molnet har krävt separat kodande av videoströmmar som leder till mycket högre fördröjningstider. Nvidias teknik skall kunna spara ungefär 30 ms fördröjningstid på serversidan. Om klienten använder sej av en kompatibel GeForce eller Tegra processor kan den också utnyttjas i avkodningen av strömmen och spara ytterligare 10 ms. Av användaren kommer det att krävas en nerladdningshastighet på åtminstone 6 Mb/s för att köra en 720p ström störningsfritt.



Figur 10. Fördröjningstiden hos GeForce GRID (Chartier, 2012)



Figur 11. Jämförelse av fördröjningstid i spelsystem (Nvidia, 2013c)

### 3.1.2 Grafisk prestanda

För att få en jämn grafisk prestanda i systemet hålls de resurser du har tillgång till alltid konstant. Oavsett hur många spelare som använder tjänsten, eftersom varje server är dedikerad till ett antal användare. Detta har fördelar över andra system som dynamiskt kan justera resurser över användare. Nackdelen med denna metod är att du har en fixerad maximal prestanda som inte kan överskridas. Uträckningar visar att den prestanda som systemet levererar i dagens läge är ungefär samma som en medelklass speldator eller kraften av två Xbox 360 konsoler.

Ett grid-system med 240 grafikprocessorer levererar 200 TFLOPS, vilket betyder ungefär 417 GFLOPS per användare. Prestandamässigt är det i klass med ett GeForce GT 640 grafikkort (Sherbin, 2013) (Cunningham, 2013) (Nvidia, 2013a) (Dolcourt, 2013).

Tabell 2. Jämförelse i GFLOPS av GeForce modeller (Wikipedia, 2013g)

Modell	GFLOPS
GeForce GT 640	414,7
GeForce Grid	~417/användare
GeForce GT 654	894





Figur 12. Nvidia Grid serverhårdvara (Nvidia, 2013b)

### 3.2 OnLive

OnLive är en molnbaserad speltjänstleverantör som tillåter sina användare att spela grafikkrävande spel utan att själv ha hårdvara som möter minimum kraven för dessa spel. Alla spel lagras och renderas i OnLives olika datacenters, så användaren behöver bara en apparat som kan spela upp video och ta emot signal, och en snabb internet förbindelse. Denna funktion medför nya möjligheter för existerande äldre datorer. Många av dessa äldre datorer kan nu köra krävande spel utan att nå upp till minimum krav. Ny spel som lanserar höjer hela tiden ribban för prestandakrav. Med OnLive behöver du inte uppdatera din hårdvara för att kunna köra dessa nya spel.

OnLive tjänsten erbjuder också annan tilltalande funktionalitet. En funktion som de erbjuder är konstant on-demand tillgång till tjänsten, du kan få tillgång till spelen var du vill när som helst. Eftersom alla spelen är lagrade och körs via OnLives datacenters, behövs ingen installation eller eventuella uppdateringar för att börja spela. Tjänsten ger också on-demand tillgång till demomaterial för vissa speltitlar, så du kan enkelt testa spel utan extra nerladdning och installation.



Figur 13. OnLives tunna spelkonsol, (Chan, 2009)

En annan intressant funktion som OnLive erbjuder är visa en direkt ström av när andra spelare spelar. Traditionellt har det varit betydligt mer omständigt för spelare att dela sin spelupplevelse med andra, förr kunde du bli tvungen att spela in din bildskärm med extern mjukvara, ladda upp videon och på det viset dela den med andra. OnLives metod sparar också lagringsutrymme hos användarna eftersom allt är lagrat på externa servrar. Även möjligheten att pausa spel i realtid, för att sedan uppta spelandet senare, utan att nöta på egna systemresurser är möjligt med OnLive (Leung, 2011).

### 3.2.1 Nätverk och videoström

OnLive använder relativt ny teknologi, därför finns det ännu en del begränsningar med tjänsten. En av de största begränsningarna med OnLive är att du behöver en bra internetanslutning till tjänsten. Användarna måste befinna sig inom en radie på 1800 km till närmaste datacentral. Eftersom OnLive strömmar HD video till användarna, och på samma gång skall ta emot användarnas inmatningsdata, är största problemet just nu hög fördröjningstid. OnLive använder sig av H.264 videokomprimeringsformatet för att koda videosignalen före den sänds till användarna. Separat hårdvara används för att

koda materialet som produceras av grafikprocessorerna. Denna metod kräver intensiv belastning av grafikprocessorerna. Att ha en specialiserad hårdvara för att komprimera H.264 video visar sig vara en dyr lösning (Leung, 2011).

### 3.2.2 Spelplattformen

OnLive spelplattformen är tillgänglig via ett antal olika klienter, OnLives eget spelsystem, PC/Mac datorer, surfplattor, smarttelefoner, smart TV och mediaspelare. OnLives eget spelsystem består av en trådlös kontroll och en spelkonsol (MicroConsole TV adapter). Konsolen kan kopplas till en bildskärm via komponent, HDMI eller Toshiba Link optisk fiber. Även en separat mini stereoplugg finns för analog ljudåtergivning. För nätverksåtkomst finns en ethernet anslutning, nätverksåtkomst är nödvändigt för att tjänstens skall fungera. Konsolen stöder samtidig uppkoppling av fyra trådlösa kontroller, och flera Bluetooth headset. Den har också två USB portar för uppkoppling av spelkontroller, tangentbord eller andra styrenheter. OnLive spelkontrollen går att använda, förutom med spelkonsolen också med en PC/Mac dator, vissa mediaspelare, vissa surfplattor och vissa smarttelefoner via en trådlös adapter eller Bluetooth.



Figur 14. OnLiveskontroller med media och inspelningsknappar, (Chan, 2009)

På PC datorer finns klienten tillgänglig för Windows XP eller nyare, hos Apple datorer stöder klienten Intel-baserade system med Mac OS X 10.5.8 eller nyare. Hos smarttele-

foner och surfplattor finns tjänsten tillgänglig som en Android applikation som fungerar på ett begränsat antal modeller. Vissa smarta TV apparater av tillverkarna LG och Google stöder också tjänsten via en applikation. Även vissa mediaspelare och Blu-ray spelar stöder tjänsten (OnLive, 2013abc) (Wikipedia, 2013c).

### **3.3 GamingAnywhere**

GamingAnywhere är en molnspelplattform med öppen källkod. Systemet är designat så att det lätt skall gå att utföra tester för olika typer av molnspelande. GamingAnywhere är utvecklat för att kunna köra i Windows, Linux, OS X, iOS och Android. I evaluations-experiment presterar GamingAnywhere bra trots sin öppenhet i jämförelse med andra kommersiella moln spelplattformar. GamingAnywhere är gratis för akademiska ändamål, utvecklare måste godkänna licens kraven för att använda källkoden.

#### **3.3.1 Konstruktionsmål**

Ett av målen med GamingAnywhere är att bidra med en öppen plattform som kan användas av moln spelutvecklare, molntjänstleverantörer och systemforskare för att förverkliga testmiljöer. GamingAnywhere använder sig av en modulär design. Både plattformsoberoende komponenter som video- och ljudupptagning och plattformsoberoende komponenter som mediekodning och nätverksprotokoll kan enkelt modifieras eller bytas ut. Utvecklare kan använda programmeringsgränssnittet i moduler för att utöka funktionalitet i systemet. Strukturen är inte begränsad till bara spel, andra multimedieapplikationer kan utnyttja samma arkitektur för interaktiv direktsändning.

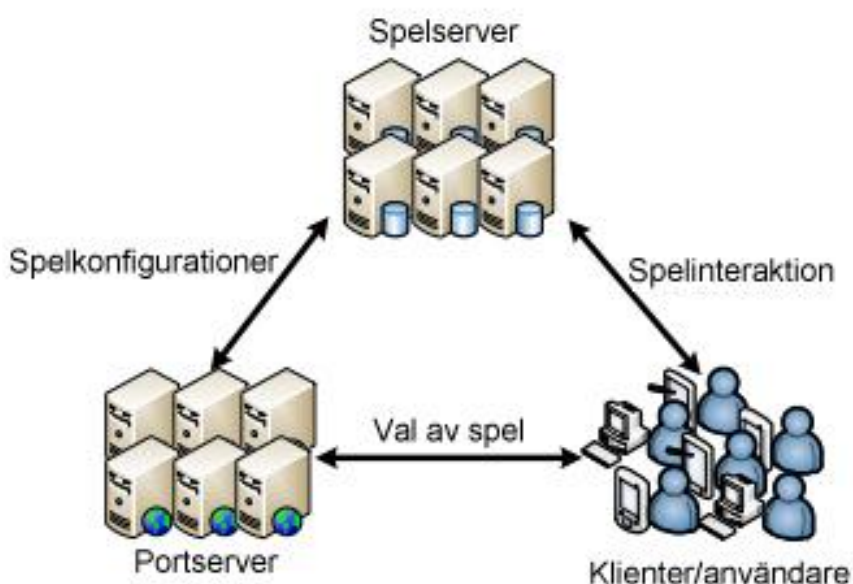
Mobila enheter håller nu på att bli de mest potentiella klienterna för molntjänster när trådlösa nätverk ständigt utvecklas. Därför har GamingAnywhere utvecklats för att enkelt kunna överföras till mobila enheter. En GamingAnywhere server kan köras i endera Windows eller Linux miljö, medan som klient stöds Windows, Linux och OS X.

Systemet har inbyggt stöd för en stor mängd video- och ljudkodningar. För att utvecklare lätt skall kunna testa olika typer av multimedieapplikationer via tjänsten, systemet tillåter också exportering av alla tillgängliga konfigurationer till användaren, så det är

möjligt att undersöka den bästa kombinationen av parametrar för ditt scenario. Det är frågan om en textbaserad konfigurationsfil som enkelt kan anpassas.

### 3.3.2 Systemarkitektur

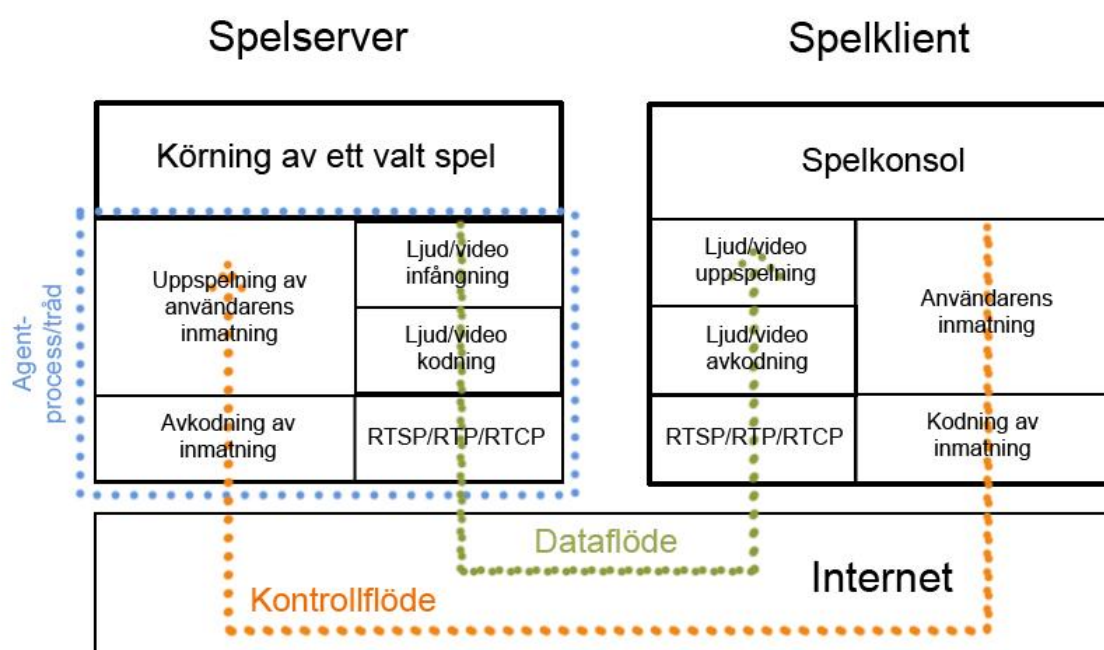
När en användare loggar in på systemet hänvisas man till en portalserver som presenterar en lista med tillgängliga spel. När användaren har valt ett spel startas tjänsten i en spelservr. Servern ser till att användaren är kopplad till tjänsten så att spelet kan börja. Portalservern är ganska simpel, det är en webbaserad server som står för inloggning och gränssnittet för val av speltjänst. Om login och val av spel begäran kommer från en anpassad klient kan portalserverns gränssnitt skippas. Åtgärder till servern kan skickas som REST förfrågningar via standard HTTP eller HTTPS protokoll.



Figur 15. Uppbyggnaden hos GamingAnywhere, (Huang, 2013)

Mellan spelservern och användaren finns två typer av nätverksarkitektur, nätverksflöde för data och nätverksflöde för kontroll. Dataflödet används för att strömma video och ljud från servern till klienten. Kontrollflödet kör i andra riktningen och används för att sända användarens inmatningar i klienten till servern. Arkitekturen i GamingAnywhere tillåter systemet att köra vilken typ av spel som helst, inklusive PC baserad och webbaserade spel.

När ett spel körs på en spelservr finns det också ett agentprogram som körs tillsammans med varje spel på samma server. Agentprogrammet kan vara en egen process eller en tråd injicerad i spelet. Hur programmet kör beror på typen av spel och hur agentprogrammet behöver implementeras. Agentprogrammet har två viktiga uppgifter. Den första är att fånga in video och ljud bildrutor i spelet, koda materialet med den valda kodningen och leverera de kodade bildrutorna till klienten via dataflödet. Den andra uppgiften som agentprogrammet har är att samverka med spelet och att ta emot användarens inmatningar från klienten, och sedan spela upp inmatningen i spelservern. Användarens inmatning kan komma från tangentbord, datormus, spelkontroll, pekskärm eller via rörelsedetektorer. Något standard protokoll för att överföra användarens inmatningar finns inte.



Figur 16. En modulär bild av GamingAnywhere server och klient (Huang, 2013)

Klienten består i stort sätt av en anpassningsbar programvara som är implementerad genom att kombinera en RTSP eller RTP multimediespelare med loggningsbar inmatningsdata. Arkitekturen för GamingAnywhere stöder som de flesta andra molnspeltjänster funktioner där man kan dela med sig av direktsända spelklipp. Åskådaren kan få till-

gång till en direktsänd videoström genom en godkänd uppkoppling till spelservern, detta kan göras med en vanlig mediaspelare som stöder protokollen RTSP eller RTP (Huang, 2013) (GamingAnywhere, 2013).

## 4 TANKAR OCH SLUTSATSER

Inom de kommande åren tror jag on-demand gaming kommer att bli en mycket vanligare modell för distribuering av speltjänster. Jag tror att on-demand gaming inom de kommande åren främst kommer att adopteras av vardagsbrukare av spel "casual gamers", medan det kommer att dröja längre före tjänsterna fungerar tillräckligt bra för att spelfantaster kommer att byta ut sina högpresterande speldatorer mot en on-demand gaming tjänst. Nästa generations spelkonsoler som introduceras på marknaden kommer att fungera lite som hybrider mellan en klassisk spelkonsol och en molnbaserad lösning. Jag tror att det kommer att bli första steget i övergången till en helt on-demand baserad spelmiljö, som i framtiden kommer att vara standarden för hur spelkonsoler fungerar.

Fysiska medier för underhållning minskar hela tiden i takt med att allt mera material distribueras via internet. Hårdvaran som underhålningen spelas upp på utvecklas också för att anpassas till medias distributionssätt samt ny tillgänglig teknologi. Det faktum att spelkonsoler i framtiden kanske inte kan ta emot spel som är lagrade på ett fysiskt medium, utan bara via en nätverksbaserad prenumerationstjänst, kan betyda att det eliminerar piratkopiering av spel helt och hållet.

En av de största utmaningarna med att nå upp till omfattande och välfungerande on-demand gaming system kommer att vara utbyggnaden av spelanpassade datacenter. Det är nyckeln till att en molnbaserad speltjänst skall kunna levereras till alla spelare medan tjänsten bibehåller bra kvalité.



## KÄLLOR

Chan, 2009, Everything You Need to Know about OnLive -- Is this Your Next Gaming Console?, [www].

Tillgänglig:

[http://www.maximumpc.com/article/features/everything\\_you\\_need\\_know\\_about\\_onlive\\_is\\_your\\_next\\_gaming\\_console?page=0,1](http://www.maximumpc.com/article/features/everything_you_need_know_about_onlive_is_your_next_gaming_console?page=0,1)

Hämtad: 7.4.2013

Chang, 2011, Understanding The Performance of Thin-Client Gaming, [www].

Tillgänglig:

[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5996092&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D5996092](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5996092&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5996092)

Hämtad: 2.4.2013

Chartier, 2012, GeForce GRID, [www].

Tillgänglig: <http://www.pcworld.fr/jeux-video/actualites,nvidia-geforce-grid-jeu-streaming,527841,1.htm>

Hämtad: 8.4.20

Choy, 2012, The Brewing Storm in Cloud Gaming: A Measurement Study on Cloud to End-User Latency, [www].

Tillgänglig: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6404024](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6404024)

Hämtad: 13.2.2013

Cnxsoft, 2013, Nvidia GRID Platform, [www].

Tillgänglig: <http://www.cnx-software.com/2013/01/07/nvidia-grid-platform-tegra-4-processor-and-project-shield-game-console-at-ces-2013/>

Hämtad: 7.4.2013

Compability, 2012, Compability business computing, [www].

Tillgänglig: <http://www.compatibility.co.uk/cloud-computing.asp>

Hämtad: 7.4.2013

Cunningham, 2013, Nvidia's new cloud gaming server explained, [www].

Tillgänglig: <http://arstechnica.com/gaming/2013/01/but-can-it-stream-crysis-nvidias-new-cloud-gaming-server-explained/>

Hämtad: 2.4.2013

Dolcourt, 2013, Nvidia Grid pushes gaming to the cloud, [www].

Tillgänglig: [http://ces.cnet.com/8301-34442\\_1-57562359/nvidia-grid-pushes-gaming-to-the-cloud/](http://ces.cnet.com/8301-34442_1-57562359/nvidia-grid-pushes-gaming-to-the-cloud/)

Hämtad: 2.4.2013

Entertainmentbusiness, 2012, Global entertainment and media outlook, [www].

Tillgänglig:

<http://www.entertainmentbusiness.nl/sites/default/files/documents/2012/Video%20games.pdf>

Hämtad: 26.3.2013

GamingAnywhere, 2013, GamingAnywhere is an open-source clouding gaming platform, [www].

Tillgänglig: <http://gaminganywhere.org/index.html>

Hämtad: 30.3.2013

Goel, 2012, Cloud-Based Mobile Video Streaming Techniques, [www].

Tillgänglig: [https://globaljournals.org/GJCST\\_Volume12/8-Cloud-Based-Mobile-Video-Streaming-Techniques.pdf](https://globaljournals.org/GJCST_Volume12/8-Cloud-Based-Mobile-Video-Streaming-Techniques.pdf)

Hämtad: 1.4.2013

Heslegrave, 2011, Game On Demand Service, [www].

Tillgänglig: [http://projekter.aau.dk/projekter/files/43185443/d501a\\_release\\_3\\_1\\_11.pdf](http://projekter.aau.dk/projekter/files/43185443/d501a_release_3_1_11.pdf)

Hämtad: 2.4.2013

Huang, 2013, Gaming Anywhere: An Open Cloud Gaming System, [www].

Tillgänglig: <http://sns1.cs.ntou.edu.tw/pubs/pdf/2013mmsys.pdf>

Hämtad 24.3.2013

Khan, 2013, NVIDIA'S PROJECT SHIELD – NEW KID ON THE GAMING BLOCK, [www].

Tillgänglig: <http://dawn.com/2013/01/22/nvidias-project-shield-new-kid-on-the-gaming-block/>

Hämtad: 7.4.2013

Learning Tree International, 2011, Cloud Service Models: Comparing SaaS PaaS and IaaS, [www].

Tillgänglig: <http://cloud-computing.learningtree.com/2011/11/09/cloud-service-models-comparing-saas-paas-and-iaas/>

Hämtad:13.2.2013

Leung, 2011, ONLIVE CLOUD GAMING SERVICE, [www].

Tillgänglig:

<http://www.sjsu.edu/people/rakesh.ranjan/courses/cmpe272/s2/Team%20WS%20OnLive%20Cloud%20Gaming%20Service.pdf>

Hämtad: 29.03.2013

Manzano, 2012, An empirical study of Cloud Gaming, [www].

Tillgänglig: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6404021](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6404021)

Hämtad: 13.2.2013

NIST, 2011, The NIST Definition of Cloud Computing, [www].

Tillgänglig: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>

Hämtad: 13.2.2013

Nvidia, 2013a, Cloud gaming overview, [www].  
Tillgänglig: <http://www.nvidia.com/object/cloud-gaming.html>  
Hämtad: 2.4.2013

Nvidia, 2013b, Nvidia grid system, [www].  
Tillgänglig: <http://www.nvidia.com/object/cloud-get-started.html>  
Hämtad: 7.4.2013

Nvidia, 2013c, BUILDING CLOUD GAMING SERVERS, [www].  
Tillgänglig: <http://www.nvidia.com/object/cloud-gaming-benefits.html>  
Hämtad: 8.4.2013

OnLive, 2013a, About the OnLive Game Service, [www].  
Tillgänglig: <http://games.onlive.com/about>  
Hämtad: 30.3.2013

OnLive, 2013b, The universal OnLive wireless controller, [www].  
Tillgänglig: <http://games.onlive.com/controller>  
Hämtad: 30.3.2013

OnLive, 2013c, The Console-Class Gaming for Tablets and Smartphones!, [www].  
Tillgänglig: <http://games.onlive.com/mobile>  
Hämtad: 30.3.2013

Orlando, 2011, Cloud computing service models, Part 3: Software as a Service, [www]  
Tillgänglig: <http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-cloudservices3saas/>  
Hämtad: 13.2.2013

Sherbin, 2013, NVIDIA's CES press event, [www].  
Tillgänglig: <http://blogs.nvidia.com/2013/01/live-nvidias-ces-press-event/>  
Hämtad: 2.4.2013

TechNet Magazine, 2011, Cloud Computing: What is Infrastructure as a Service,  
[www].  
Tillgänglig: <http://technet.microsoft.com/en-us/magazine/hh509051.aspx>  
Hämtad: 13.2.2013

The Economist, 2011, All the world's a game, [www].  
Tillgänglig: <http://www.economist.com/node/21541164>  
Hämtad: 26.3.2013

Voorsluys, 2011, Introduction to cloud computing, [www].  
Tillgänglig:  
[http://media.johnwiley.com.au/product\\_data/excerpt/90/04708879/0470887990-180.pdf](http://media.johnwiley.com.au/product_data/excerpt/90/04708879/0470887990-180.pdf)  
Hämtad: 14.12.2012

Wikinvest, 2013, Stock NVIDIA (NVDA), [www].  
Tillgänglig: [http://www.wikinvest.com/stock/NVIDIA\\_\(NVDA\)](http://www.wikinvest.com/stock/NVIDIA_(NVDA))

Hämtad: 13.2.2013

Wikipedia, 2012a, Cloud Gaming, [www].

Tillgänglig: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_gaming](http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_gaming)

Hämtad: 22.1.2012

Wikipedia, 2012b, Cloud Computing, [www].

Tillgänglig: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing)

Hämtad: 22.1.2013

Wikipedia, 2013c, OnLive, [www].

Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/OnLive>

Hämtad: 30.3.2013

Wikipedia, 2013d, Lossy compression, [www].

Tillgänglig: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lossy\\_data\\_compression](https://en.wikipedia.org/wiki/Lossy_data_compression)

Hämtad: 1.4.2013

Wikipedia, 2013e, Lossless compression, [www].

Tillgänglig: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lossless\\_data\\_compression](https://en.wikipedia.org/wiki/Lossless_data_compression)

Hämtad: 1.4.2013

Wikipedia, 2013f, H.264/MPEG-4 AVC, [www].

Tillgänglig: [http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4\\_AVC](http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC)

Hämtad: 2.4.2013

Wikipedia, 2013g, GeForce 600 Series

Tillgänglig: [http://en.wikipedia.org/wiki/GeForce\\_600\\_Series#Products](http://en.wikipedia.org/wiki/GeForce_600_Series#Products)

Hämtad: 2.4.2013

Willington, 2011, OnLive's Android App Updated, Now Friendly With Xperia PLAY, [www].

Tillgänglig: <http://hothardware.com/News/OnLives-Android-App-Updated-Now-Friendly-With-Xperia-PLAY/>

Hämtad: 7.4.2013