



Cloud Computing for Computer Aided Design

Računarstvo u oblaku za računarom podržano konstruisanje

Samir Lemeš*¹

¹Univerzitet u Zenici, Politehnički fakultet, Fakultetska 1, 72000 Zenica, Bosna i Hercegovina

Abstract: *Cloud computing is a growing segment of information technology and finds new areas of application every day. One of the areas that has long resisted this technology is CAD (Computer-Aided Design), as it implies the need to transfer a large amount of graphic data. In the last few years, all leading manufacturers of CAD software have offered solutions based on cloud computing in their product range. It started with the concept of IaaS (Infrastructure as a service) by enabling access to common repositories for CAD files in the cloud, followed by moving to the concept of PaaS (Platform as a service) through collaborative work and connection with PDM/PLM systems. The modern concept includes SaaS (Software as a service), i.e. launching applications, processing and storing data through an internet browser or through a dedicated mobile application. This paper provides an overview of the current SaaS solutions of the leading CAD software manufacturers.*

Keywords: *Cloud Computing, SaaS, Computer Aided Design, CAD*

Apstrakt: *Računarstvo u oblaku je rastući segment informacionih tehnologija i svakodnevno nalazi nova područja primjene. Jedno od područja koje se dugo opiralo ovoj tehnologiji je CAD (računarom podržano konstruisanje), jer je podrazumijevalo potrebu za prenosom veće količine grafičkih podataka. Posljednjih nekoliko godina svi vodeći proizvođači CAD softvera u paletu proizvoda uvrstili su i rješenja zasnovana na računarstvu u oblaku. Počelo se s konceptom IaaS (infrastruktura kao usluga) omogućavanjem pristupa zajedničkim repozitorijima za CAD datoteke u oblaku, nakon čega se prešlo na PaaS koncept (platforma kao usluga) kroz kolaborativni rad i vezu sa PDM/PLM sistemima. Moderni koncept podrazumijeva SaaS (softver kao usluga), odnosno pokretanje aplikacija, obrada i pohranjivanje podataka kroz internet browser ili kroz namjensku mobilnu aplikaciju. U ovom radu dat je osvrt na aktuelna SaaS rješenja vodećih proizvođača CAD softvera.*

Cljučne riječi: *Računarstvo u oblaku, SaaS, Računarom podržano konstruisanje, CAD*

1 UVOD

Pojam "računarstvo u oblaku" (*Cloud Computing*) predstavlja relativno novu paradigmu informacionih tehnologija, koja podrazumijeva distribuiranu infrastrukturu, ne samo za smještaj podataka, nego i za pokretanje aplikacija. Termin "oblak" nastao je još u ranim počecima *World Wide Web*-a, ali je prva primjena ovog koncepta počela 2002. godine, kada je kompanija Amazon formirala svoju podružnicu *Amazon Web Services*. Trebalo im je oko četiri godine da ponude prve usluge virtualizacije serverskih resursa u vidu *Simple*

* slemes@unze.ba

Storage Service (S3), i *Elastic Compute Cloud (EC2)*, nakon čega su i druge velike IT kompanije ponudile svoja rješenja (*Google App Engine 2008*, *Microsoft Azure 2010*, *IBM SmartCloud 2011*). Danas je to jedno od najjačih tržišta u IT, koje se procjenjuje na skoro 370 milijardi dolara i godišnjom stopom rasta od 15,7% [1].

Paradigma stepena centralizacije računarskih resursa za CAD se mijenjala kroz vrijeme [2]. Od centralizirane konfiguracije do kraja 1970-ih prešlo se na distribuiranu konfiguraciju. Tokom 1980-ih dominirali su jaki klijenti (radne stanice) i nešto slabiji serveri. Tokom 1990-ih, s

rastom brzine i propusnosti računarskih mreža prešlo se na jače servere i slabije klijente, a od 2010-ih se prelazi na računarstvo u oblaku i virtualizaciju.

Proizvođači CAD softvera su relativno kasno počeli koristiti prednosti računarstva u oblaku, iz prostog razloga što takve aplikacije imaju znatno veće zahtjeve u pogledu propusnosti mrežne infrastrukture, jer CAD podrazumijeva prenos velikih količina grafičkih podataka. Najveći udio u tržištu prema [3] trenutno imaju PTC Onshape, Dassault Systemes Solidworks xDesign, Autodesk Fusion360 i Siemens Solid Edge.

Gaha i dr. u [4], kao i Junk i Spannbauer u [5] upoređivali su osobine i kapacitet dva izabrana CAD rješenja u oblaku - Fusion 360 i Onshape sa aspekta njihove upotrebljivosti u edukaciji mašinskih inženjera. Zaključili su da su ta dva softvera sličnih karakteristika, ali su dali blagu prednost Fusion 360 jer je lakši za korištenje i ima više mogućnosti, dok je Onshape intuitivniji i stoga lakši za savladavanje novim korisnicima.

I Barrie je u [6] ocjenjivao CAD u oblaku sa aspekta obuke i obrazovanja. Posebno je istakao važnost integracije CAD alata u PDM/PLM sisteme. Poredio je Onshape sa Fusion 360 i GrabCAD i zaključio da je za potrebe obuke novih korisnika ili upotrebe u nastavi na mašinskim fakultetima Onshape najpovoljnije rješenje, te da ova tehnologija još uvijek nije dovoljno napredna da bi zamijenila tradicionalne CAD alate koji se instaliraju i pokreću lokalno.

Lemeš se u [7] osvrnuo na mogućnosti razmjene podataka između heterogenih CAD sistema koje pruža CAD u oblaku, kroz primjer aplikacije Autodesk A360. Ta aplikacija vremenom je evaluirala u web komponentu AutoCAD-a.

Gigante je u [3] pokušao objasniti razloge za sporo usvajanje CAD rješenja u oblaku, te je kao najčešći razlog identifikovao rizik od narušavanja sigurnosti podataka. Uprkos tome, on predviđa rast CAD rješenja u oblaku od 20% tokom narednih tri do pet godina.

2 RAČUNARSTVO U OBLAKU

Računarstvo u oblaku je koncept koji opisuje računarsku infrastrukturu kao što su resursi za pohranjivanje podataka ili aplikacijski softver, a koja je realizovana kao usluga putem Interneta [8]. Obično se realizuje kao jedan od tri koncepta: IaaS, PaaS i SaaS (slika 1).

Klasični model	IaaS	PaaS	SaaS
Aplikacija	Aplikacija	Aplikacija	Aplikacija
Podaci	Podaci	Podaci	Podaci
Interfejs	Interfejs	Interfejs	Interfejs
Operativni sistem	Operativni sistem	Operativni sistem	Operativni sistem
Virtualizacija	Virtualizacija	Virtualizacija	Virtualizacija
Serveri	Serveri	Serveri	Serveri
Pohranjivanje	Pohranjivanje	Pohranjivanje	Pohranjivanje
Mreža	Mreža	Mreža	Mreža

Slika 1 – Osnovni koncepti računarstva u oblaku (bijelim komponentama upravlja korisnik a sivim komponentama upravlja pružatelj usluga u oblaku)

Infrastruktura kao usluga (Infrastructure as a Service - IaaS) korisniku pruža mogućnost upravljanja aplikacijom za obradu podataka i operativnim sistemom, a u oblaku se na virtualnim serverima samo pohranjuju podaci. Korisnik nema nadzor nad infrastrukturom oblaka.

Platforma kao usluga (Platform as a Service - PaaS) korisniku kao uslugu omogućava razvojno okruženje. Korisnik može sam definirati i izraditi vlastite aplikacije koje se pokreću na infrastrukturi pružaoca usluge. Korisnik ne može provjeravati mrežne resurse, strukturu oblaka, sisteme pohranjivanja, operativne sisteme, ali ima nadzor nad razvijenim aplikacijama.

Softver kao usluga (Software as a service - SaaS) je model distribucije softvera u kojem se i aplikacije i podaci pohranjuju u računarskom oblaku, a korisnik im pristupa kroz browser.

Svi navedeni koncepti računarstva u oblaku imaju zajedničke elemente, a to je da se krajnji korisnik oslobađa dijela obaveza održavanja IT infrastrukture, u stepenu koji mu odgovara. U zavisnosti od stepena virtualizacije, korisnik na pružaoca usluga u oblaku prebacuje odgovornost za instaliranje, održavanje i nadgradnju hardvera, mrežne opreme, servera, operativnog sistema, izrade rezervnih kopija podataka, antivirusnu zaštitu, povećanje kapaciteta za

pohranjivanje podataka, za šta korisnik plaća određenu naknadu.

Napredni SaaS sistemi nude praktično neograničene pakete usluga, koji se jednostavno proširuju u skladu s potrebama korisnika. Umjesto da korisnik brine o tome ima li dovoljno RAM memorije, procesorske snage, prostora za pohranjivanje na disku, grafički procesor ili broj licenci, sve te resurse ili dio njih iznajmljuje iz oblaka. To povećava skalabilnost i pouzdanost sistema, optimizira troškove i olakšava timski rad. Jedino što korisnik mora obezbijediti je stabilna i dovoljno brza internet konekcija.

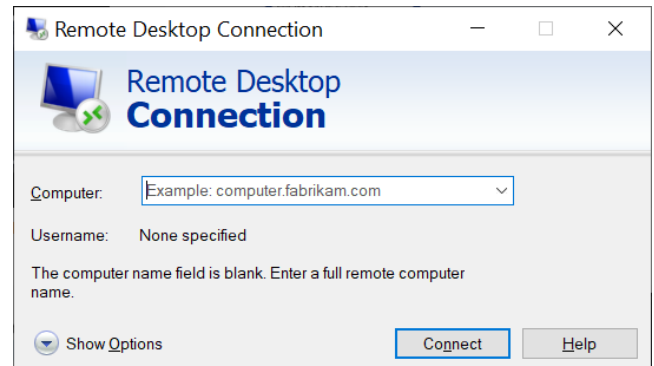
3 PRIMJERI CAD ALATA U OBLAKU

CAD softver postepeno evaluira od IaaS preko PaaS do SaaS koncepta. Prva IaaS rješenja su podrazumijevala samo mogućnost razmjene CAD podataka putem specijaliziranih baza podataka (PLM/PDM). Ta funkcionalnost se mogla postići i jednostavnim korištenjem univerzalnih generičkih IaaS sistema, kao što su Google Drive ili Microsoft OneDrive, ali integrisana rješenja nude veću sigurnost jer se radi o zatvorenim namjenskim sistemima, uz dodatnu funkcionalnost upravljanja verzijama, korisničkim pravima i upravljanja timovima projekatanata.

PaaS podrazumijeva da korisnik mora imati lokalno instaliran klijentski softver i da se podaci pohranjuju i lokalno i na infrastrukturi u oblaku. Obično se u PaaS konceptu radi o kombinaciji lokalnog CAD softvera i rješenja za podršku koja nisu CAD, a koriste infrastrukturu oblaka.

Na slici 2 prikazan je alat za udaljeni pristup integrisan u Microsoft Windows operativni sistem. Jedan potencijalni scenario upotrebe ovog sistema je licenca za CAD softver instalirana na računaru u projektnom birou, kojoj se može pristupiti s bilo koje udaljene lokacije na kojoj postoji internet veza. Potencijalni problem može predstavljati razlika u rezoluciji ekrana klijenta i računara s licencom za CAD softver kojem se pristupa s udaljene lokacije. Ovaj koncept nije vezan samo za CAD nego se koristi i za bilo koju drugu svrhu, a osim Microsoft rješenja mogu se

koristiti i specijalizirani alati kao što je TeamViewer ili funkcionalnost Chrome browsera Google Chrome Remote Desktop (remotedesktop.google.com).



Slika 2 – Pokretanje CAD softvera na udaljenom računaru može se smatrati PaaS konceptom

Pravi SaaS koncept podrazumijeva da klijent ne mora imati instaliran poseban klijentski softver nego se svim resursima pristupa kroz internet browser.

U nastavku su prikazana tri CAD proizvođača koje proizvođači softvera nude kao SaaS rješenja u oblaku.

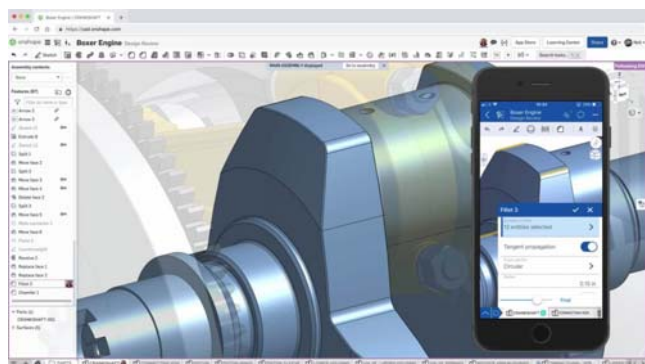
3.1 PTC Onshape

Najpoznatiji CAD proizvod kompanije PTC je softver Pro/ENGINEER. 2019. godine izvršili su akviziciju kompanije Onshape, koja je 2015. godine razvila vlastiti CAD softver u oblaku kojem se pristupa kroz browser ili kroz aplikacije za iPhone i Android mobilne uređaje. Pored CAD modeliranja, ova aplikacija ima i module za CAE simulacije, CAM i rendering.

Glavna karakteristika ovog softvera je mogućnost simultanog rada više korisnika na istom CAD modelu preko računarskog oblaka, uz praćenje verzija i izmjena modela. Primarno je namijenjen za primjenu u mašinstvu, odnosno u dizajnu proizvoda za potrošačku elektroniku, mašine, medicinske uređaje, industrijsku opremu, kao i za 3D štampanje i CAM obradu. U sebi ima integrisan sistem za PDM (Product Data Management) i mogućnost pristupa PTC Arena PLM (Product Lifecycle Management) sistemu.

Nudi se mogućnost pribavljanja besplatnih licenci za nekomercijalne namjene, te za studente i nastavnike, koja ima punu funkcionalnost kao i komercijalna

verzija, osim renderinga 3D modela i praćenja verzija CAD modela.



Slika 3 – PTC Onshape
(<https://www.ptc.com/en/products/onshape>)

3.2 Solidworks xDesign

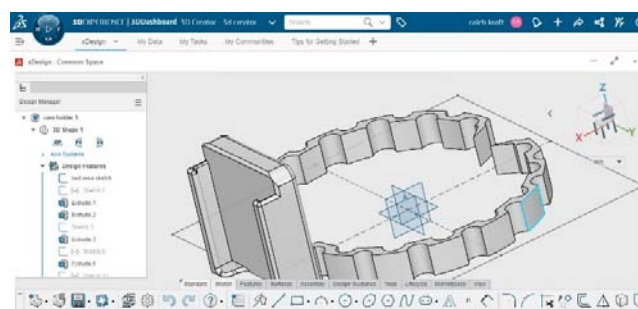
Kompanija Dassault Systèmes, odnosno njen dio SolidWorks Corporation, u ponudi imaju SaaS softver SolidWorks xDesign. Njihova platforma 3DEXPERIENCE sastoji se od više aplikacija zasnovanih na oblaku u međusobno povezanom okruženju. Aplikacija xDesign nudi parametarsko CAD modeliranje zasnovano na karakteristikama kojoj se pristupa direktno kroz browser. Alati su intuitivni za korisnike koji imaju iskustva u SolidWorks-u.

Ova platforma sadrži i druge SaaS aplikacije koje se zajedno sa xDesign nazivaju xApps [9]. Sve dijele poznato radno okruženje, a uključuju:

- xShape: Modeliranje površinskih CAD modela
- xMold: Alati za kalupe za livenje i brizganje
- xFrame: Zavareni elementi konstrukcije
- xSheetMetal: dijelovi od lima

Nedostatak ovog proizvoda u odnosu na desktop verziju je nemogućnost korištenja CAE simulacija, te potpuna ovisnost o mrežnoj konekciji. Iskustvo korisnika pokazuje da ovaj proizvod zahtijeva kvalitetnu internet vezu za stabilan rad bez prekida.

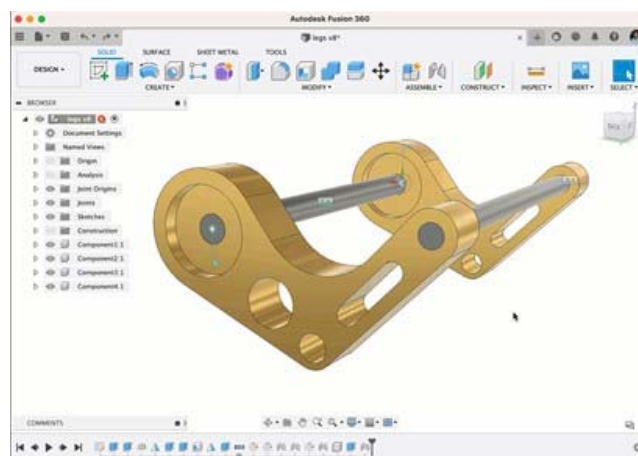
Ne postoji besplatna verzija softvera, ali se nudi povoljna cijena mjesečne ili godišnje licence za male proizvođače iz određenih zemalja koji svoje proizvode modeliraju u CAD-u, a čija komercijalna vrijednost ne prelazi 2.000 dolara godišnje [11].



Slika 4 – Solidworks xDesign [11]

3.3 Autodesk Fusion 360

Kompanija Autodesk u svojoj paleti proizvodi nudi nekoliko SaaS rješenja. Pored web-bazirane verzije AutoCAD-a (<https://web.autocad.com>) koja je sastavni dio licence za AutoCAD, postoji i poseban SaaS softver Fusion 360 za mašinski dizajn proizvoda, kao i BIM 360 za modeliranje građevinskih objekata, besplatna aplikacija Tinkercad za dizajniranje i edukaciju, te integrisano rješenje Autodesk cloud services.



Slika 5 – Autodesk Fusion 360 [11]

Fusion 360 je komercijalni softver za CAD, CAM i CAE simulacije, nastao na bazi desktop aplikacije Inventor. Dostupan je za Windows i macOS, uz pojednostavljene aplikacije dostupne za Android i iOS. Koristi se kroz plaćanje pretplate, a dostupna je i besplatna ograničena nekomercijalna osobna verzija [11].

4 DISKUSIJA

Poređenje SaaS baziranih CAD rješenja pokazuje da proizvođači softvera imaju značajno različite pristupe licenciranja i povezivanja sa desktop aplikacijama koje

se instaliraju lokalno i koje mogu raditi i bez pristupa internetu. Neki proizvođači nude besplatne licence, dok su neke dostupne isključivo na komercijalnoj osnovi. Neke su dostupne samo kroz internet browser, dok neke imaju i posebne aplikacije za mobilne uređaje. Neke pružaju mogućnost drugih CAx funkcionalnosti kao što su proračuni, simulacije, izrada koda za CAM, modeliranje površinskih modela i limova i sl. dok druge te funkcionalnosti imaju samo u desktop verzijama.

Među brojnim prednostima SaaS koncepta je eliminisanje potrebe za prevođenjem formata datoteka, posebno starijih verzija, jer se u oblaku uvijek nalazi i koristi posljednja verzija softvera. Tako su eliminisane potrebe za nadogradnjom verzija softvera.

Svima je s druge strane karakteristično da će postepeno konvergirati ka SaaS rješenjima, koja su u potpunosti eliminisala mogućnost piratiziranja softvera i korištenja bez plaćanja licenci. Ograničenja vezana za dostupnost i brzine pristupa internetu polako nestaju i za očekivati je da je perspektiva budućeg razvoja CAD aplikacija upravo u računarskom oblaku.

5 ZAKLJUČAK

Računarstvo u oblaku je neizbježan pravac razvoja CAD softvera. Osnovni motor razvoja i tranzicije na SaaS je model licenciranja vezan za korisnike. Može se očekivati da će SaaS rješenja u dogledno vrijeme u potpunosti istisnuti desktop CAD softver.

6 LITERATURA

- [1] Grand View Research (2022) *Cloud Computing Market Size Report 2022-2030*. ID: GVR-4-68038-210-5. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cloud-computing-industry>
- [2] Wu D., Rosen D.W., Wang L. and Schaefer D. (2015) Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation. *Computer-aided design*, 59, pp 1-14, doi: 10.1016/j.cad.2014.07.006
- [3] Gigante M. (2020) SaaS-Based CAD is Taking Over, <https://www.g2.com/articles/saas-based-cad-is-taking-over>
- [4] Gaha R., Nicolet P.-M., Bricogne M., Eynard B. (2021) Teaching Experiments for Engineering Education Based on Cloud CAD Software, in *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED21)*, Gothenburg, Sweden, 16-20 August 2021. doi: 10.1017/pds.2021.556
- [5] Junk S. and Spannbauer D. (2018) Use of Cloud-Based Computer Aided Design Software in Design Education, *17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/ITHET.2018.8424769.
- [6] Barrie J. (2016) Applications for cloud-based CAD in design education and collaboration. In *DS 83: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE16)*, Design Education: Collaboration and Cross-Disciplinarity, Aalborg, Denmark, pp 178-183.
- [7] Lemeš S. (2017) Računarstvo u oblaku kao alat za razmjenu CAD podataka. In: *Proceedings of the 10th International conference "Quality 2017" (Brdarević S., Jašarević S. eds.)*, pp 39–46, Neum, Bosnia and Herzegovina. ISSN 1512-9268
- [8] Chai W, Casey K (2020) Software as a Service (SaaS), <https://www.techtarget.com/searchcloudcomputing/definition/Software-as-a-Service>
- [9] Williamson B (2019) SOLIDWORKS xDesign: An Elegant Way to Work. <https://blogs.solidworks.com/solidworksblog/2019/03/solidworks-xdesign-an-elegant-way-to-work.html>
- [10] Kraft C (2021) Check Out The New 3DEXPERIENCE SOLIDWORKS for Makers. <https://makezine.com/article/maker-news/check-out-the-new-3dexperience-solidworks-for-makers/>
- [11] Fusion 360 for personal use. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/personal>