

3D-skeniranje

človeške glave

Valentina Jančić¹, Helena Gabrijelčič Tomc¹, Tadeja Muck¹, Luka Čerče², Janez Kopač² • Univerza v Ljubljani • NTF¹ in Fakulteta za strojništvo²



in zaprtih inženirskih krogov, celo med potrošnike. Na trgu je poleg profesionalnih vse več nizkocenovnih rešitev, celo za uporabo preprostih dodatkov za mobilne telefone, ki telefon nadgradijo v 3D-skener.

Njihova uporaba je poenostavljena, kakovost pa običajno nižja kot pri dražjih profesionalnih napravah. V preglednici 1 so le nekateri predstavniki komercialnih 3D-skenerjev, ki delujejo na podlagi nekontaktnih tehnologij in so namenjeni zajemanju manjših do srednje velikih objektov.

V najnižjem cenovnem razredu, do 1000 evrov, je največ laserskih namiznih 3D-skenerjev in nekaj AIO - all in one naprav (3D-skener in 3D-tiskalnik v eni napravi). Zaradi cenovne dostopnosti, dobre uporabniške izkušnje in nižje kakovosti so te naprave namenjene neprofesionalnim uporabnikom. V cenovnem razredu do 15.000 evrov je največ tistih rešitev, ki delujejo po metodi strukturirane svetlobe (tehnologija delovanja je razložena v drugem delu članka). To so naprave, ki omogočajo zajem večje kakovosti in so namenjene večinoma profesionalnim uporabnikom s

področja strojništva, arheologije, računalniške 3D-grafike itd. Cene nekaterih profesionalnih in industrijskih 3D-skenerjev dosegajo več 10.000 ali celo 100.000 evrov.

Od 3D-skenerja do 3D-modela

Lastnosti 3D-skenerja opišemo z ločljivostjo, natančnostjo, minimalnim in maksimalnim možnim volumnom zajema, številom točk, zajetih pri enem odčitavanju itd. Tehnične specifikacije skenerja vplivajo na značilnosti zajetega 3D-modela. Na področju strojništva sta najpomembnejši visoka natančnost in ločljivost naprave, kar je pogoj za natančen zajem vseh podrobnosti 3D-objekta. Na področju računalniške 3D-grafike je poleg ločljivosti ključna še možnost zajema teksture. Ko imamo zajet oblak točk, sledi zamreženje s poligonsko mrežo in tako dobimo virtualni 3D-model. Postopek se imenuje modeliranje. Večina proizvajalcev skenerjev ponuja svoje programske pakete, s pomočjo katerih se modeliranje izvede samodejno že med skeniranjem. Obstaja tudi nekaj neodvisnih programskih paketov (npr. Geomagic, Polyworks in Rapidform), ki

poleg zamreženja omogočajo še različne funkcije optimizacije.

3D-skeniranje človeške glave

Z raziskavo smo primerjali zajetje človeške glave z dvema različnima skenerjema, ki se razlikujeta tako v tehnologiji delovanja kot tudi natančnosti zajema in posledično prodajni ceni. Uporabili smo skener 3D Systems Sense in LabodScan. Zadnji je rezultat razvojnega projekta laboratorija Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani. V preglednici 2 so predstavljene tehnične specifikacije obeh skenerjev.

Če ju primerjamo, je LabodScan profesionalni skener, ki omogoča zajem v visoki ločljivosti, Sense pa je nizkocenovni in nizkoločljivi. Napravi se poleg tehnologije razlikujeta tudi v načinu upravljanja. Sense je ročni laserski skener, LabodScan pa statični in deluje na podlagi strukturirane svetlobe.

Svetloba iz okolja vpliva na kakovost zajema geometrije in barve digitaliziranega 3D-modela, zato smo skeniranje človeške glave izvedli v nadzorovanih svetlobnih



*skener sestavljata dve kameri
** Nikon D600



Ime	Sense	LabodScan
Cena	329 EUR	ocenjena vrednost 10.000 EUR
Tip	ročni skener	statični skener
Velikost naprave	17,8 cm x 12,9 cm x 3,3 cm	30 cm x 50 cm x 55 cm
Teža naprave	0,5 kg	3 kg
Svetlobni vir	IR-laserski vir	bela vidna svetloba
Tehnologija delovanja	prilagojena laserska triangulacija (ang. Laser Triangulation 3D Scanner)	metoda strukturirane svetlobe (ang. Structured-Light 3D Scanner)
Ločljivost kamere (geometrija)	0,08 MP	2,4 MP*
Ločljivost kamere (tekstura)	0,08 MP	24,3 MP**
Natančnost/ točnost	do 0,9 mm	do 0,045 mm
Razdalja zajemanja	od 0,35 m do 3m	nastavljivo, do 3 m
Število točk, zajetih z enim skeniranjem	od 20.000 do 400.000	do 1,1 milijona
Čas enega skeniranja	odvisno od uporabnika, med 5 in 10 s	okoli 1 s
Programska oprema	Sense	FlexScan3D
Tehnične zahteve računalniške opreme	operacijski sistem: Windows 7® (32-bit ali 64-bit), Windows 8® (32-bit ali 64-bit) ali Mac OS X 10.8 in kasnejši CPU: Intel® Core i5™ ali podobni RAM: najmanj 2 GB HD: najmanj 4 GB prostora	operacijski sistem: Windows 7 (64-bit) ali kasnejši CPU: Quad-core Intel 2 GHz CPU ali boljši RAM: najmanj 4 GB HD: 250 GB s čim več prostora
Format 3D-modela	OBJ, STL, PLY	PLY, OBJ, STL, ASC, FBX, 3DS
Namen uporabe	za prosti čas in zabavo, za 3D tisk	na področju strojništva, povratno inženirstvo, hitro prototipiranje, nadzor kakovosti
Prednosti	cena, dobra uporabniška izkušnja, ni potrebna kalibracija	visoka ločljivost, točnost, natančnost, prilagodljivost
Pomanjkljivost	nizka ločljivost, nizka ponovljivost skeniranja, neprilagodljivost naprave	cena, zahtevna uporaba strojne in programske opreme, kalibracija naprave

Preglednica 2: Tehnične specifikacije skenerjev Sense in LabodScan.

razmerah v fotografskem studiu. Za najbolj optimalno velja enakomerno porazdeljena mehka svetloba difuznih svetlobnih virov. To smo dosegli s pravilno postavitvijo halogenskih reflektorjev z dodanimi svetlobnimi okni (ang. Softbox).

Skener Sense sestavljajo trije glavni elementi: infrardeči laserski projektor Class I in dve kameri. Deluje s pomočjo projiciranja infrardečega laserskega snopa na površino, ki ga zazna prva kamera, druga pa zajame

barvo. Na podlagi zajetih podatkov iz obeh kamer programska oprema Sense samodejno izdelata teksturirane poligonske 3D-modele.

Skeniranje s skenerjem Sense je hitro in enostavno. Priključimo ga v računalnik, zaženemo programsko opremo Sense in lahko začnemo odčitavati. Treba je zgolj nastaviti parametre in jih pred zajemom določiti v programski opremi: vrsta skeniranega objekta, velikost objekta in



Slika 1: Zajem testne osebe z ročnim skenerjem Sense.



Slika 2: Zajem testne osebe s sprednje strani s skenerjem LabodScan.

ločljivost. Pri skeniranju subjekta sta na voljo dve možnosti, in sicer zajem celotne figure ali pa le doprsnega portreta.

Testna oseba je med zajemom sedela na stolu, druga oseba pa je skener usmerjala na ciljno površino. Pomembno je, da skener premikamo enakomerno, hitro in da upoštevamo optimalno razdaljo med objektom in skenerjem. Če ne upoštevamo priporočil, se pogosto zgodi, da se odčitavanje prekine in ga moramo ponoviti.

Postopek zajema je prikazan na sliki 1. Po končanem zajemu smo 3D-modele s teksturo izvozili v formatu »obj«.

Skener LabodScan sestavljata dve kameri v stereonačinu delovanja in projektor. Sistemu je možno dodati zunanji zrcalnorefleksni fotoaparatus, ki zajame teksturo v visoki ločljivosti. Za delovanje skenerja potrebujemo zmogljiv računalnik in programsko opremo FlexScan3D (LMI Technologies), ki vodi umerjanje, odčitavanje in zamreženje 3D-modela.

Upravljanje skenerja LabodScan zahteva več izkušenj in strokovnega znanja. Ko vse komponente povežemo z računalnikom, lahko zaženemo še programsko opremo.

Pred začetkom zajema je treba nastaviti parametre kamer, projektorja in DSLR-fotoaparata, izvesti pa je treba tudi umerjanje.

Skeniranje poteka v več delih, saj s posameznim intervalom zajamemo podatke le na enem delu površine. Za zajem celotne človeške glave smo opravili skupaj 13 intervalov. Testna oseba se je med postopkom skeniranja vrtela na vrtljivem stolu okoli svoje osi. Na sliki 2 je prikazano skeniranje testne osebe s sprednje strani.

Skener deluje na osnovi strukturirane svetlobe (ang. Structured-Light 3D Scanner). To pomeni, da projektor med zajemanjem oddaja urejene vzorce svetlobe na površino, kameri pa slikovno zajameta površino z vzorcem. Po končanem zajemu programska oprema FlexScan3D pridobi oblak točk in generira poligonske 3D-modele in UV-teksturo. Končni 3D-model človeške glave smo izvozili v formatu »obj« s pripadajočo UV-teksturo v formatu »bmp«.

Rezultati skeniranja

Zajem s sistemom LabodScan omogoča veliko bolj fotorealen 3D-zajem glave. Zajeti 3D-modeli se glede na skener razlikujejo v končnem številu poligonov mreže, v kakovosti teksture in zajetih površinskih lastnostih. V preglednici 3 sta predstavljena 3D-modela, zajeta z obema skenerjema pod določenimi parametri.

Če primerjamo oba modela, opazimo, da imata oba nekatere skupne površine. Glavne značilnosti obraza in glave so vidne pri obeh, razlikujeta pa se v zajetih podrobnostih, geometriji in teksturi. Oči in usta vsebujejo največ podrobnosti in finih oblik, zato so na teh delih razlike med zajetimi podatki najbolj opazne. Na slikah 3 in 4 sta izolirani področji oči mreže z obeh skenerjev. Površini sta v teksturirani in obarvani obliki ter prikazujeta razliko v zajetih detajlih v teksturi in geometriji.

Detajli v geometriji in obliki so tesno povezani s številom poligonov. Več poligonov v mreži ali objektu pomeni natančnejše definirano površino in obratno. Mreža skenerja LabodScan vsebuje okoli štiri milijone poligonov, skenerja Sense pa zgolj okoli 180.000. Na nekaterih delih obraza vsebuje mreža skenerja LabodScan do 25-krat več



Slika 3: Obarvana mreža na področju oči, pridobljena s skenerjema LabodScan (zgoraj) in Sense (spodaj).



Slika 4: Teksturirana mreža na področju oči, pridobljena s skenerjema LabodScan (zgoraj) in Sense (spodaj).

S teksturo		
Brez teksture		
Uporabljen skener	LabodScan	Sense
Število poligonov celotne mreže	4.074.774	181.550
Oblika teksture	UV Texture	Per Vertex
Število potrebnih skeniranj za celoten 3D-model	13	1

Preglednica 3: 3D-modela, zajeta s skenerjem Sense in LabodScan.



Prilagodljiva enota za dodelavo z vročo folijo, hologrami, izsekovanje ...

Digitalna obdelava z Dig-Fin

Pod geslom Designers of Paper Converting Equipment - inženirji opreme za obdelavo papirja se bo na letošnjem sejmu Labelexpo Europe 2015 predstavilo belgijsko podjetje Van den Bergh Consulting BVBA. Prvič bodo predstavili novo enoto Digi-Fin 52 za obdelavo digitalno izdelanih tiskovin.

Sistem Digi-Fin je zasnovan modularno. Različne strojne funkcionalnosti lahko kombiniramo poljubno in jih uporabimo kot integracijo na različnih dodelavnih linijah. Enota kot sistem omogoča številne funkcije dodelave, kot so dodelava z vročo folijo, hologrami, izsekovanje, zasekovanje, prečno perforiranje, kapljični dotisk, slikovna verifikacija ...

Servopogon sistemu Digi-Fin omogoča tudi delovanje kot samostoječa neodvisna enota za posredno dodelavo. Podpira dodelavo substratov širine največ 52 mm in gramature od 50 do 300 g/m². Obdeluje s hitrostjo 150 m/min.

Več informacij na www.vdbergh.com.



Slika 6: Obarvana mreža na področju nosu, pridobljena s skenerjema LabodScan (zgoraj) in Sense (spodaj).

poligonov. Na sliki 5 so prikazani podrobni podatki o številu poligonov posameznih delov mreže obeh skenerjev.

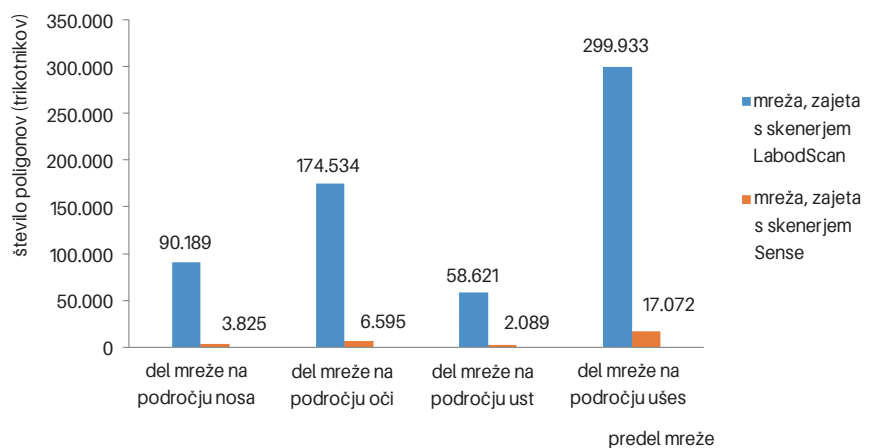
Na predelu oči in ust več poligonov pomeni boljše kakovost videza mreže, na predelu nosu in ušes pa bistveno ne vpliva nanjo (slika 6). Razlike v zajetih podrobnostih, geometriji in obliki so na predelu nosu sicer še vedno opazne, ampak niso tako očitne kot na primer na področju oči (slika 3).

O rezultatih

Kot pričakovano daje skener LabodScan boljše rezultate, saj je bil razvit za potrebe strojništva, kjer sta visoka ločljivost in natančnost najpomembnejši lastnosti

naprave. Čeprav zajem teksture na tem področju nima pomembne vloge, se je možnost zajema v visoki ločljivosti z zunanjim DSLR-fotoaparatom izkazala kot izjemna prednost. Pri tem moramo upoštevati, da zajem v tako visoki kakovosti zahteva izkušenega uporabnika z določenim strokovnim znanjem. 3D-model, zajet s skenerjem LabodScan, je videti popolnoma fotorealno, saj vsebuje številne podrobnosti na zajeti površini in teksturi. Z ustrezno optimizacijo skeniranega 3D-modela je glavo testne osebe možno zajeti s tako natančnostjo, da je uporaben v različnih animacijah in podobnih aplikacijah računalniške 3D-grafike.

Tudi rezultati zajema s skenerjem Sense niso razočarali. Treba je upoštevati, da je med skoraj najcenejšimi komercialnimi rešitvami in je za takšno raven kakovost več kot zadovoljiva. Dodatno dejstvo je, da je upravljanje naprave in programske opreme tako enostavno, da praktično ne potrebujemo nikakršnega predznanja, kar je še dodatna prednost. Skener ponuja možnost hitrega in enostavnega zajema v nizki ločljivosti in je uporaben, kadar želimo priti do digitalnega 3D-modela v hipu. Model je zadovoljive kakovosti za nekatere neprofesionalne aplikacije, kot je 3D-tisk z nizkocenovnim 3D-tiskalnikom.



Slika 5: Število poligonov na posameznih delih mreže obeh skenerjev.