

3D SKENERIS. DAUDZVEIDĪBA UN DARBĪBAS PRINCIPI 3D SCANNERS. DIVERSITY AND OPERATING PRINCIPLES

Autori: **Artēmijs Aksjonovs**, artemijsaksjonovs@inbox.lv, 26320353,

Edgars Zaicevs, edgars1324@gmail.com, 29770589

Zinātniskā darba vadītājs: **Andris Martinovs, asoc. prof.**, andris.martinovs@rta.lv

Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Rēzekne, Atbrīvošanas aleja 115/k-4 (IF)

Abstract: *The paper deals with existing 3D scanners classification and types. Each 3D scanner given the principle of operation. It examines the scope of application of different type scanners advantages and disadvantages. The aim was based on this data to create a 3D scanner prototype, by means of which an ordinary user can conveniently and easily scan a small, straightforward form objects.*

Keywords: *3D scanners, contact scanners, non-contact scanners, laser light triangulation, occlusion, Raspberry Pi camera.*

Ievads

Lai paveikt darbu, bija nepieciešama daudzu dažādu interneta resursu analīze, un analogu produktu tehniskās dokumentācijas izpēte, kas deva priekšstatus par ierīces darbības principiem. Ir pieejami vairāki open source 3D skeneru projekti, kas pieejami globālajā interneta tīklā. Tas ļauj avancētākiem lietotājiem, kam ir priekšstats par elektroniku, patstāvīgi izveidot šādu iekārtu. Taču, lielākai daļai lietotāju nav nepieciešamo zināšanu un pieredzes līdzīga produkta izveidei. Tas kalpo par vienu no iemesliem kādēļ mēs izvēlamies tieši šo produktu.

Analogu iekārtu izpētes procesā tika apskatīti daudzi konstruktīvi risinājumi, un elektronisko slēgumu shēmas, un tika secināts ka lielāko tiesu šie open source projekti var tikt par iemeslu dažādiem redzes bojājumiem, neuzmanīgas rīkošanās, vai pārliedas intereses par iekārtas darbību rezultātā, paskatoties uz lāzeru staru.

Izstrādājot prototipu, tika ņemti vērā iepriekš minētie trūkumi. Konstrukcija ierobežos lietotāju no neapdomātas vai nejaušas rīcības iekārtas darbības laikā. Konstrukciju bija lemts veidot tā, lai visas 3D skenera komponentes tiktu slēgtas vienā slēgtā korpusā, vērsot, gaismošanas elementus tādā veidā, lai tas neietekmētu lietotāja redzi, un dodot pieeju tikai ierīces rotējošai pamatnei (kas ir lietotājam nepieciešamais iekārtas darba orgāns).

Materiāli un metodes

Teorētiskā analīze, informācijas analīze, datu apstrāde un sakopošana, materiālu izpēte, komplektējošo iegāde, rasējumu sagatavošana, produkta prototipa komplektācija.

3D skeneris – darbības princips un pielietojums

Dažādās cilvēka darbības nozarēs savu vietu ieņem ne tikai 3D printēšanas tehnoloģijas, bet arī 3D skeneri. Ar to palīdzību var veikt dažādu fizisku priekšmetu skenēšanu, iegūstot 3 dimensiju digitālo modeli ar augstu precizitāti. Iegūtie modeļi ar elektroniskajiem datiem par konkrētā objekta formu var tikt pielietoti celtniecības sfērā, medicīnā un spēļu industrijā. Agrāk lai izveidotu objekta 3D modeli būtu nepieciešamas stundas, vai pat dienas, dotajā brīdī ar 3D skenera palīdzību tam nepieciešamas tikai n-tās minūtes.

3D skeners izpēta fizisko objektu un izveido tā tiešu digitālo modeli. Mūsdienīgi 3D skeneri var būt neliela izmēra rokas ierīce, vai arī, stacionāra iekārta, kurā apgaimei izmanto lāzerus vai speciālas lampas, lai palielinātu mērīšanas precizitāti. Darbības princips nosakās pēc izmantojamās skenēšanas tehnoloģijas, taču jebkurā gadījumā ierīce nosaka attālumu līdz skenējamajam objektam.

Skeners nosaka attālumu līdz objektam, izmantojot vienu vai vairākas kameras un apgaismojumu. Ar šo "acu" palīdzību ierīce mēra attālumu dažādos punktos, pēc tam salīdzina un apvieno iegūtos attēlus no kameras. Visi mērījumi tiek ierakstīti, tad tiek veikta analīze un uz ekrāna izvadās gatavs digitālais modelis. Skanēšana var tikt veikta ar lāzera stara palīdzību, kurš pārvietojas pa skenējamā objekta virsmu un mēra attālumu konkrētajā punktā. Tādā veidā tiek ierakstītas visas mērīto punktu koordinātes, kas ļauj izveidot digitālu trīs dimensionālu modeli.

Dažādi skeneru modeļi raksturojas ar dažādiem parametriem un iespējām, bet visi tie tiek pielietoti gadījumos, kad maksimāli ātri nepieciešams tieši piefiksēt objekta formu. Praktiski šādu ierīču priekšrocības tiek nodrošinātas ne tikai atvieglojot 3D modeļa ieguves procesu, bet arī nodrošinot iespēju strādāt ar sarežģītām detaļām un elementiem.

Klasifikācija

Visas tāda tipa iekārtas iedalās 2 lielās grupās:

Kontakta skeneri - tādās iekārtās izmanto kontakta mērīšanas veidu, tas ir, pēta skenējamo objektu burtiski ar tausti, ierakstot visas attiecīgās koordinātes. Šāda tipa skeneru konstrukcijā paredzēts augstas jutības tausts.

Kontakta skeneriem piemīt augsta detalizācija, tie nav atkarīgi no apgaismojuma apstākļiem un tajā, pat laikā tie ir diezgan lēni darbībā un skenēšanas laikā ir risks sabojāt trauslus objektus. Šīs ierīces atgādina rūpnieciskās CNC iekārtas, uz masīvas pamatnes, bet gan uz vārpstas uzmontēts nevis špindelī, bet gan mērīšanas galva ar rubīna lodīti galā. Skenēšana, vai ģeometrisku izmēru kontrole notiek ar kontakta metodi. Tausts lēnām tuvojas mērāmajam objektam, reģistrējot mazāko pieskārienu. Ir arī sistēmas ar kustīgām "locītavām", kurās uzstādīti augstas precizitātes enkoderi. Kad operators pārvieto skenējošo orgānu, šie sensori fiksē visās sistēmas pārvietošanu, un, pamatojoties uz šiem datiem, būvē objekta trīsdimensionālu modeli. [4]

Bezkontakta skeneri – tāda tipa iekārtas var būt aktīvas un pasīvas. Aktīvās iekārtas pašas izstaro speciālos viļņus un pēc tam saņem atstaroto vilni un analizē, lai noteiktu attālumu. Kā izstarotais vilnis varētu būt ultraskaņa vai gaismas viļņi (lāzera stari, speciālās lampas). Pasīvās iekārtas ne rada nekādu starojumu, bet tikai saņem atstaroto no objekta apkārtējo starojumu, piemēram, gaismu.

Bezkontakta skeneri pēc tehnoloģijas iedalās:

Lāzerskeneri – kā ārējais apgaismojuma avots tiek izmantoti lāzera stari, to priekšrocība ir veidojamo 3D modeļu precizitāte, taču lāzerskenerus var izmantot tikai statisku objektu skenēšanai.

Galvenā daļa lāzera skeneru darbojas pēc triangulācijas principa. Triangulācijas 3D skeneru būtība ir tāda, ka augsta kontrasta kamera meklē lāzera staru uz objekta virsmas un mēra attālumu līdz tam. Pie tam kameras un lāzera optiskās asis ir izvietotas atsevišķi, un attālums starp tiem un leņķis ir iepriekš zināms. Tādējādi, veicot nesarežģītus ģeometriskus mērījumus, mēs varam diezgan precīzi izmērīt attālumu līdz objektam, ātri iegūstot punktu mākonī. Salīdzinājumā ar skeneriem kas mēra stara atstarošanas laiku, šīs klases ierīcēm ir skenēšanas diapazona ierobežojums, bet tas skenē objektus ar augstu precizitāti.[4]

Optiskie skeneri – ātras darbības skeneri, kas, palīdz novērst modeļa kropļojumus, kas, rodas ja objekts kustas. Skenēšanas kvalitāte ir zemāka nekā lāzerskeneriem, toties tie ir daudz universālāki, bet ar tiem nav iespējams skenēt priekšmetus ar spīdīgām un spoguļvirsmām.

Šīs ierīces sastāv no vienas vai divām video kamerām kopā ar kinoprojektoru. Kad objekts tiek izgaismots ar "zebras" vai melnbaltiem kvadrātiem, kas izvietoti šaha secībā, kamera analizē iegūtā attēla izliekumu, un pamatojoties uz šiem datiem veido 3D modeli. Šī metode tiek plaši izmantota inversajā inženierijā, juvelier izstrādājumu skenēšanā, bieži izmanto medicīnā (protēzes). Ir vērts atzīmēt doto skeneru izmantošanu protezēšanā, tā kā

trīsdimensiju skenēšana un drukāšana šajā jomā strādā maksimāli efektīvi. Šī tehnoloģija ļauj maksimāli precīzi izgatavot kosmētiskās, funkcionālās vai zobu protēzes.

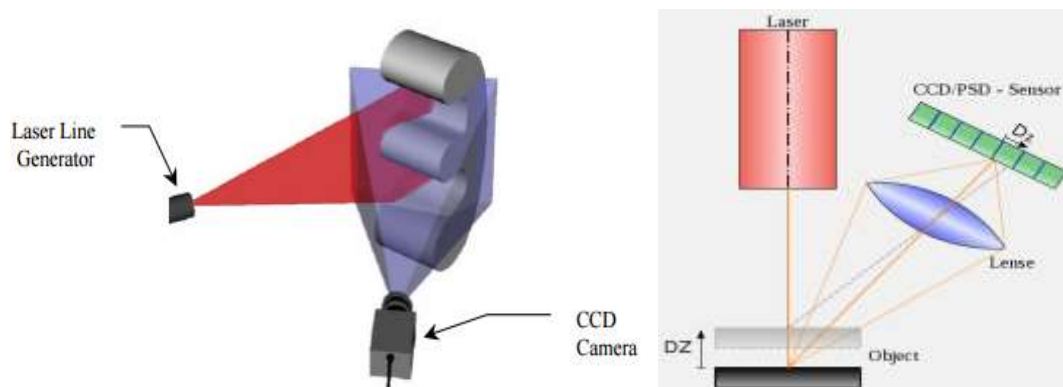
Šīs tehnoloģijas trūkumi varētu būt ierobežojumi lielu objektu skenēšanai, bet šo problēmu efektīvi var atrisināt pārklājot objektu ar speciāliem markeriem, kas ļauj skenēt lielu objektu pa daļām, pēc tam "salīmējot" visas daļas vienā modelī. [4]

Pielietojanas jomas

- Dizains: 3D maketa izveide uz kura bāzes var iegūt sērijveida produktu, dizainer iepakojuma izgatavošana, iespēja tālāk rediģēt iegūtā modeļa formu.
- Medicīna: iespēja izveidot trīs dimensiju modeļus locītavām, kauliem un atsevišķiem orgāniem, dažādu anatomisko un ortopēdisko apavu projektēšanai.
- Reversā inženierija: tieša 3D modeļa iegūšana no objekta, kuru nepieciešams izveidot (klonēt).
- Arhitektūra: 3D skeneri var tikt pielietoti dažādu arhitektūras detaļu un elementu skenēšanai, piemēram, kolonnas, statujas, dekorācijas.
- Izklaides industrija: animācijas modeļu izveide priekš, spēlēm un filmām, iespēja izveidot ciparu multimediju saturu, pamatota uz izstrādātāja konceptuālā modeļa, tas ir aktuāli videospēlēm un datorspēļu varoņu izstrādei.
- Celtniecības rūpniecība: tiltu un būvju rasējumu iegūšana trīs dimensiju izpildījumā, automobiļu ceļu rekonstrukcija.
- Produkcijas kvalitātes kontrole: ražotās produkcijas pārbaude uzstādītajām prasībām un tehniskām normām.
- Muzejos kultūrvēstures mantojuma saglabāšanai: tieša novecojušu skulptūru un pieminekļu formu atjaunošana to rekonstrukcijai.
- Arhivēšana: digitāla arhīva izveide dažādu ierīču prototipiem.
- Kinoindustrija: krāsaina trīsdimensiju cilvēka modeļa izveide.
- Kriminālistika: nozieguma vietas 3 dimensiju modeļa .[1]

Lāzeru līnijas triangulācijas metode

Lāzeru triangulāciju var pagarināt veicot veselu līniju mērījumu paralēli. Tas tiek panākts aizstājot lāzera punktu ģeneratoru ar lāzera līnijas ģeneratoru, kas veido līniju uz objekta virsmas. Vairāki sensori salikti viens uz otra nolasa līnijas garumu. Tas tiek panākts aizvietojo sensoru rindas ar kameru CCD(charge coupled device – analogā integrālā mikrosihēma, kas sastāv no gaismas jūtīgām fotodiodēm). CCD masīvs darbojas kā tīklveida sensors, kas ļauj uztvert vairākus gaisus sektorus, un kļūdainus datus iznīcina.



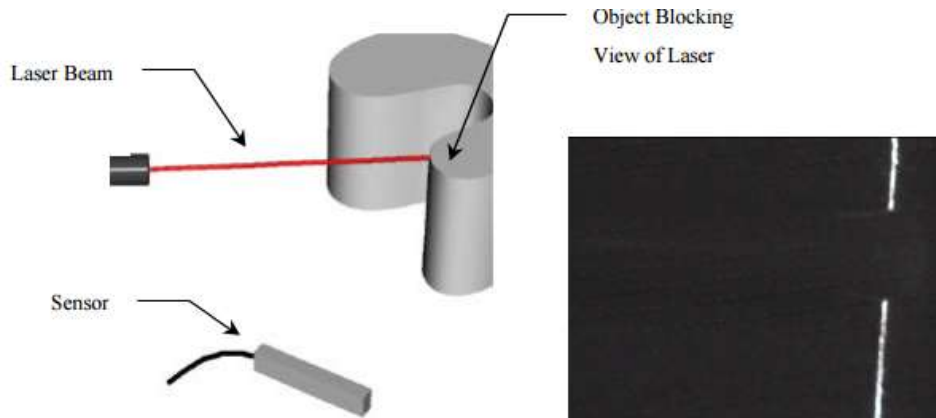
1., 2. att. Triangulācijas vizuāls atainojums [3]

Tāpat kā uz lāzerpunkta balstītai versijai trūkumi ir oklūzijas, atstarošana samazina (vai no kameras pretējās puses tiek uztverta gaisma) uztveršanas leņķi lai samazinātu to ietekmi izmanto pāri gaismas avotu (divus lāzerus) . Citos 3d skeneros izmanto vairākas kameras tas

ļauj mazināt šo problēmu sekas un nolasīt skenētos datus ar mazākiem traucējumiem, tomēr tas rada jaunas problēmas, jo jānosaka katras kameras relatīvās koordinātes. Tā kā triangulācijas leņķis nav nulle, tāpēc skenējot sarežģītus objektus var notikt oklūzija. Izmantojot CCD kameras (off-the-shelf) ir iespējams iegūt precizitāti līdz milimetra desmitdaļām (0.15mm).

Oklūzija

Lāzeru triangulācijai ir nepieciešama kamera vai gaismas jūtīgs sensors lai skaidri redzētu lāzera līniju, kas atrodas uz objekta virsmas. Ja objekta forma ir tāda ka objekts aizsedz lāzera atstaroto staru tad nav iespējams uztvert atstaroto staru, kā redzams attēlā zemāk.[3]



3. att. Oklūzijas vizuāls atainojums [3]

Lai samazinātu oklūzijas iespēju var izmantot šaurāku triangulācijas leņķi, samazinot attālumu no lāzera līdz kamerai, šis paņēmieni var tikt izmantots arī lai uzlabotu precizitāti.[3]

Rezultāti un to izvērtējums

Pēc pastāvošo 3D skeneru tipu analīzes, prototipa izveidei tika lemts piemērot bezkontakta, lāzerskenera tipu.

3D Skenera automatizācijas sistēma tika izvēlēta līdzīga kā "Atlas 3D" 3D skenera vadības sistēma. Par pamatojumu kalpo tirgū izplatītāko 3D skeneru ražotāju iekārtu darbības salīdzinājumu tabula.

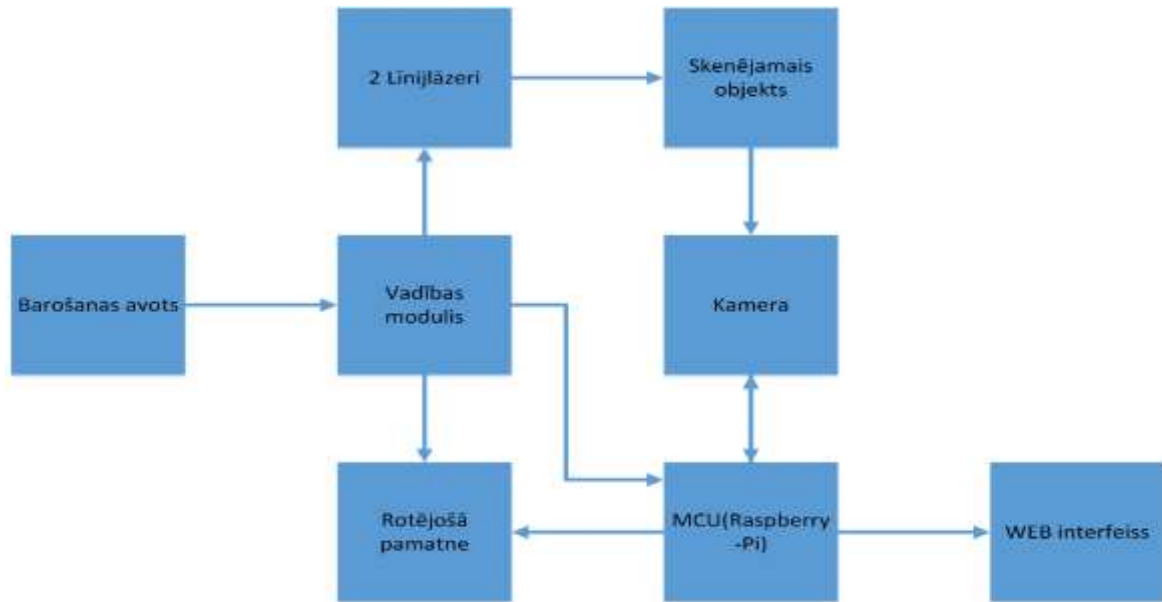
Kā redzams tabulā šis ir optimālākais vadības sistēmas variants, kas nodrošina labu skenēšanas precizitāti, pie tam ieguldot mazāk līdzekļu produkta pašizmaksā.

Kā redzams tabulā, šāda komponentu izvēle ļauj arī veidot krāsainus modeļus, skenējot reāla objekta krāsu. Vēl viena no priekšrocībām ir iespēja manuāli koriģēt iekārtas precizitāti, neiejaucoties elektroniskajā vadībā.

1.tabula

Izplatītāko 3D skeneru ražotāju iekārtu darbības salīdzinājumu tabula. [2]

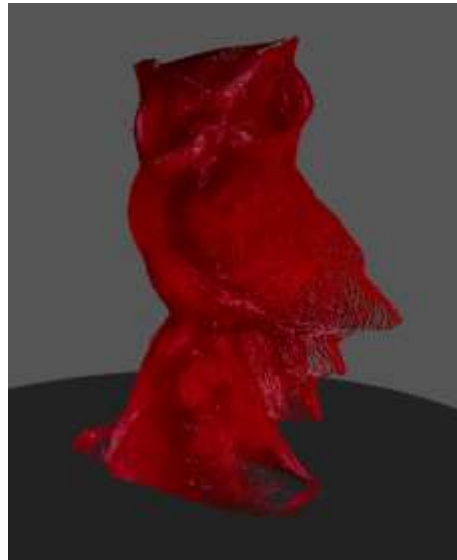
| | ATLAS 3D | MakerBot Digitizer | NextEngine |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Color Support | Yes | No | Yes |
| Detail Resolution | 0.25 mm | 0.5 mm | 0.1 mm |
| Steps Per Rotation | up to 3200 | 800 | N/A |
| Scan Speed | 12+ minutes (depending upon detail) | 12 Minutes | Over 30 minutes |
| 360° From Single Scan | Yes | Yes | No |
| Scan Volume | 8 x 6 in | 8 x 8 in | 13 x 10 in |
| Sensor | 5.0 Megapixels | 1.3 Megapixels | Dual 3.0 Megapixels |
| Calibration | Assisted | Auto | Auto |
| Price | \$229.00 | \$799.00 | \$2,995.00 |



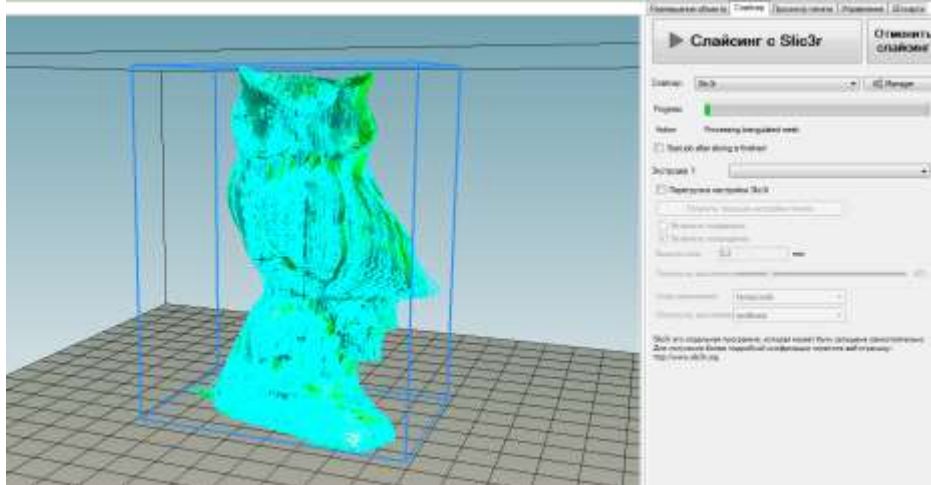
4.att. Skenera elementu darbības blokskāma.



a)



b)



c)

4. att. Objekta 3D modeļa izveides stadiju atainojums

a) Skenējamais objekts, b) Noskenētais modelis, c) 3D modeļa STL formāta paplašinājums

Secinājumi

Darba rezultātā tika izpētītas vairākas 3D skeneru konstrukcijas un modeļi, kā arī izpētīti to darbības principi. Tika izprojektēta konstrukcija kas ļauj pie minimāliem tās gabarītiem ļaus skenēt attiecīgi lielas detaļas (līdz 20cm augstumā un 15cm diametrā). Vadības sistēma ļauj atbrīvoties no jebkādiem savienotājvadiem starp skeneri un datoru uz kura tiks saglabāts 3D modelis, tā kā savienojums ar iekārtu tiks veidots Wi-Fi vai Ethernet tīklā. Lai savienoties ar iekārtu nepieciešams tikai ierakstīt tās nosaukumu pārlūkprogrammā.

Literatūra

1. 3D skeneru darbības princips un pielietošana <http://www.fotokomok.ru/3d-skanery-princip-raboty-i-primenenie/> (skatīts 15.02.2017)
2. Atlas 3D skeneris <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/inexpensive-but-capable-of-3d-scanner-atlas-for-200/> (skatīts 21.02.2017)
3. G. Bradshaw. (1999). None-Contact Surface Geometry Measurement Techniques. Pieejams internetā: <https://www.cs.tcd.ie/publications/tech-reports/reports.99/TCD-CS-1999-46.pdf> (skatīts 18.03.2017)
4. 3D skeneru veidi un klasifikācija. <http://3dtoday.ru/blogs/top3dshop/3d-scanning-technology/> (skatīts 11.04.2017)