

3D-DIGITOINTI

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Mediatekniikan koulutusohjelma
Teknisen visualisoinnin suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
08.05.2006
Anne Kesseli

**Lahden ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma**

KESSELI, ANNE: 3D-digitointi

Teknisen visualisoinnin opinnäytetyö, 38 sivua

Kevät 2006

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee 3D-digitointia. 3D-digitointi tarkoittaa menetelmää jolla fyysisestä kappaleesta saadaan aikaan 3D-malli. Malli siirretään digitointilaitteen avulla tietokoneelle. Tietokoneella mallia voidaan muokata käyttötarkoituksen mukaan. Digitoitu malli on kopio alkuperäisestä kappaleesta.

3D-digitointi on hyvä apuväline kappaleiden mallintamisessa. Teollisuus ja lääketiede käyttävät sitä työvälineenä esimerkiksi erilaisten osien tai kappaleiden mallintamisessa. Digitointia käytetään kun mallinnettava tai mitattava kappale sisältää vaikeita muotoja. Tällaisia kappaleita olisi vaikeaa mitata tai mallintaa ilman 3D-digitointilaitteita. Lääketiede käyttää 3D-digitointia apuna ihmisen tutkimisessa.

Digitointimenetelmiä on erilaisia. Teollisuuden tarpeisiin kehitellyt laitteet ovat teholtaan vahvempia kuin lääketieteelliset laitteet ja niillä pystytään kuvaamaan kovia aineita kuten metalleja. Laitteet voidaan luokitella kappaletta koskettaviin ja koskettamattomiin laitteisiin. Koskettavia laitteita ovat koordinaattimittalaitteet ja käsivarsimittalaitteet. Koskettamattomia ovat laserskannerit sekä tietokonetomografialaitteet.

3D-digitoinnilla pystytään mallintamaan nopeasti kappale tietokoneelle. Nykyiset laitteet ovat helppokäyttöisiä. Laitteita on valittavana aina käyttötarkoituksen tai kohteen mukaan. Pieniä esineitä voidaan digitoida pöydällä pidettävillä kevyillä laitteilla. Suurien tai vaikeasti siirrettävien kohteiden luokse päästään ottamalla liikuteltava digitointilaitteet mukaan. Käytännössä itse digitointi sujuu nopeasti. Digitoidusta mallista muokataan tarvetta vastaava tietokoneella. Näin 3D-digitointilaitteet avaavat uusia mahdollisuuksia ja ovat hyödyllisiä juuri monikäyttöisyytensä ansiosta.

Avainsanat: 3D-digitointi, kappaleen digitoiminen

**Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology**

KESSELI, ANNE: 3D digitizing

Bachelor's thesis in Visualization Engineering, 38 pages

Spring 2006

ABSTRACT

This thesis deals with 3D-digitizing. 3D digitizing refers to the method of making a 3D model with digitizing equipment. The model is transferred through digitizing equipment to a computer.

With the computer the model can be modified to suit different purposes. Digitized model is an exact copy of the original model.

3D digitizing is a good tool for making models. Industrial companies and the medical science use it as a tool. Industrial companies use it for making models of different kinds of objects and components. Digitizing is used when the model has difficult shapes and is hard to measure with normal methods. These kinds of models are hard to make without 3D digitizing. 3D digitizing shows its power when an exact copy of the original model is needed. Designers and researchers also use it. The medical science uses 3D digitizing for studying human organs.

There are a variety of 3D digitizing methods. Digitizing equipment developed for industrial use has powerful capacity. With those devices harder particles like metals can be digitized. The devices can be divided to those that touch the object and those that do not touch the object. The touching devices are called coordinate measuring devices. The devices that do not touch the object are laser-scanners and computer tomography devices.

With 3D digitizing an object can be copied to a computer fast. The present devices are easy to use and digitizing goes smoothly. The device has to be selected every time for its purpose or by the object that needs to be digitized. Small objects can be digitized with light, on-the-desk equipment. Large or hard-to-move objects can be digitized with portable equipment. In practice the digitizing itself goes fast.

The digitized model is then processed with a computer to a form that suits best the need. 3D digitizing equipment opens new possibilities and it is useful because of its multipurpose applications.

Keywords: 3D digitizing, digitizing the object

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	3D-DIGITOINNIN KEHITYS	2
3	DIGITOINTIMENETELMÄT.....	3
4	KOORDINAATTIMITTALAITTEET	3
	4.1 Laitteiden perusrakenne	4
	4.2 Mittapäät.....	5
	4.3 Koskettavien mittapäiden ongelmat	5
	4.4 Mittakärjet.....	6
5	KÄSIVARSIMITTALAITTEET	6
	5.1 Toimintaperiaate	6
	5.2 Työskentely käsivarsimittalaitteella	7
6	LASERSKANNERIT	8
	6.1 Toimintaperiaate	10
	6.2 Esimerkki	11
7	TIETOKONETOMOGRFIA.....	14
	7.1 Toimintaperiaate	15
	7.2 Datin käsittely	16
	7.3 Magneettikuvaus	19
	7.4 Toimintaperiaate	19
8	TULEVAISUUDEN MAHDOLLISUUDET.....	20
9	CASE: MICROSCRIBE GL 2 XL:N KÄYTTÖ KAPPALEEN DIGITOINNISSA	23
	9.1 Laitteen esittely.....	23

9.2	Digitointi käytännössä.....	24
9.3	Kappaleen digitointi	27
10	PÄÄTÄNTÄ	31
	LÄHTEET	32
	KUVALÄHTEET	34
	LIITTEET	38

SANASTO

3D-digitointi:	Menetelmä jolla fyysisestä kappaleesta saadaan aikaan 3D-malli. Malli siirretään digitointilaitteen avulla tietokoneelle.
CT:	Tietokonetomografia
CT-laite:	Tietokonetomografialaite jolla kuvataan kohde.
CT-data:	Tietokonetomografia kuvauksessa syntyvä data.
CMM:	Koordinaattimittalaite (CMM Coordinate Measuring Machine)
Voxeli:	3D-vastine Pixelille.
MRI:	Magneettikuvaus
Reverse Engineering:	Käänteinen insinööritiede
Microscribe G2:	3D-digitointilaite

1 JOHDANTO

Tekniikan kehitys vaikuttaa meidän kaikkien ihmisten jokapäiväiseen elämään. Ihmiskunnan kehittyessä myös tekniikka kehittyy isoilla harppauksilla. Ihmiset keksivät mitä ihmeellisempiä koneita ja apuvälineitä heidän jokapäiväistä elämäänsä helpottamaan. Paljon turhaakin on kehitelty, ja joskus tuntuu, että joistain laitteista on enemmän harmia kuin hyötyä. Kuitenkin sellaiset laitteet, jotka auttavat kehitystä kulkemaan eteenpäin lääketieteen tai tekniikan alalla ovat merkittäviä harppauksia kehityksessä eteenpäin. Esimerkiksi lääketieteen historiassa ihmisen aivot ovat aina olleet haasteellinen tutkimuksen kohde juuri niiden vaikean sijaintinsa vuoksi. On ollut vaikeaa lähteä tukimaan aivoja pelkästään avaamalla kallo ja leikkaamalla. Ensimmäiset tietokonetomografia laitteet kehiteltiin juuri lääketieteen käyttöön. Sen jälkeen alettiin kehittää muitakin samanlaisia laitteita, kuten laitteita joilla ihminen voi nähdä kappaleen sisälle, kappaletta itseään vahingoittamatta. Tämä antoi lääketieteelle ja nykyään myös teollisuudellekin merkittävää hyötyä.

Nykytekniikan ansiosta 3D-digitointiin tarvittavat laitteet kehittyvät nopeasti ja digitoinnista tulee kokoajan helpompaa ja nopeampaa. Teollisuudella on yhä enemmän kysyntää 3D-digitointilaitteille, sillä niiden avulla pystytään valmistamaan nopeasti täsmälleen alkuperäistä kohdetta vastaavia malleja tietokoneelle, ja siten jatkokäsittelymahdollisuudet ovat valtavat. Esimerkiksi autoteollisuudessa saadaan käsin muotoillusta savimallista muodot uuteen autoon, tai digitoimalla kolariauton vahingoittuneet osat voidaan kolarihetken nopeus määrittellä tulosten perusteella. Lääketieteessä tietokonetomografian avulla nähdään ihmisen sisälle ja mahdolliset kasvaimet tai muut muutokset pystytään havaitsemaan jo varhaisessa vaiheessa ennen kuin niistä on haittaa. Varsinainen hoito on silloin mahdollista aloittaa heti oireiden havaitsemisen jälkeen, jolloin selviytymismahdollisuudet nousevat paljon aikaisempaa korkeammalle tasolle. Tässä työssä esitellään tämänhetkisiä 3D-digitointilaitteita sekä niiden käyttöä erilaisiin nykypäivän tarkoituksiin. Case osassa perehdytään 3D-digitointiin käytännössä.

2 3D-DIGITOINNIN KEHITYS

3D-digitointi on saanut alkunsa juuri lääketieteen tarpeista. Tietokonetomografia kehitettiin lääketieteen käyttöön. Tutkimusmetodi esiteltiin 1972 neurologisiin tarkoituksiin, mutta laajennettiin pian muillekin lääketieteen aloille. Kun tietokonetomografian pioneerit Godfrey Hounsfield ja Allan Cormack saivat vuonna 1979 lääketieteen ja fysiologian Nobel palkinnon, oli maailmalla jo käytössä yli 1000 tietokonetomografialaitteistoa (Aracor, What is Computer tomography, 1998). Tänä päivänä tomografialaitteita on kaikkialla maailmassa.

Kokonaisuudessaan skannaus ja 3D-digitointi ovat niin uusia asioita, että varsinaista historiaa niistä ei voi kertoa. Lääketieteen esimerkistä myös muut digitointimenetelmät alkoivat kehittyä. Nykyisin on myös teollisuuden käyttöön tietokonetomografia-laitteen tapaisia skannereita, jotka pystyvät skannaamaan myös kovia aineita kuten metallia. Niistä kerrotaan enemmän luvussa Tietokonetomografia.

Yleisesti digitoinnin eri alueet kehittyvät jatkuvasti. Niiden käyttötarkoitukset ja mahdollisuudet lisääntyvät niistä lisääntyvän tiedon myötä. Tarve 3D-digitoinnille lisääntyy yhteiskunnan kehityksen ja tuotekehittelyn mennessä yhä pidemmälle. Teollinen muotoilu asettaa haasteita teollisuudelle, ja siinä 3D-skannerit ja digitointilaitteet ovat hyvä apuväline. Muotoilija voi halutessaan digitoida vielä keskeneräisen muotin tai vaikka käsin valmistamansa mallin tietokoneelle ja tarkastella sitä kappaleesta syntyvän mallin avulla. Tietokoneelle digitoidusta mallista voi olla apua tuotteen jatkokehitysmahdollisuuksien selvittelyssä. Testataan miltä valmis malli näyttäisi ensin tietokoneella, ja vasta sen jälkeen aletaan kehittää sitä konkreettisesti. 3D-digitointilaitteiden ja osaamisen kehittyessä mahdollisuudet niiden käyttöön kehittyvät myös valtavasti.

3 DIGITOINTIMENETELMÄT

Erilaisia digitointimenetelmiä on käytössä useita erilaisia, ne pohjautuvat kuitenkin samoille periaatteille. Yleisesti 3D-digitointimenetelmät voidaan jakaa koskettaviin ja kosketuksettomiin menetelmiin (J. Suokas 1999, 13). Koskettavissa digitointimenetelmissä kappale digitoidaan laitteen mittapäällä koskettaen kappaleen digitoitavia pisteitä. Koskettamattomia digitointimenetelmiä ovat laserskannerit. Niiden toimintaperiaate perustuu valon hyväksikäyttöön, niissä käytetään hyväksi optisia menetelmiä. Ongelmina niissä ovat kuitenkin varjopaikat, joihin laser ei pääse. Selvä jako koskettaviin ja koskettamattomiin laitteisiin voi olla aika häilyvä johtuen siitä, että esimerkiksi käsivarsimittakoneen voi varustaa lasermittapäällä, joka on optinen tai vastaavasti koskettavalla mittapäällä. Tietokonetomografia kuuluu myös nykyaikaisiin digitointimenetelmiin, mutta on oma lukunsa näiden laitteiden joukossa. Sitä käytetäänkin pääosin lääketieteen tarpeisiin.

On olemassa myös kappaleita tuhoavia digitointimenetelmiä, nämä voidaankin jaotella omaksi ryhmäkseen. Jaottelussa on kuitenkin se ongelma, että mikä on kappaleen tuhoamista. Jos koskettava mittapää naarmuttaa herkän tai pehmeän aineen pintaa muotoa digitoidessa, ei se välttämättä tarkoita koko digitoitavan kohteen tuhoutumista. Seuraavissa luvuissa onkin erilaiset laitetypit esitelty yksittäisinä ja siksi niitä ei ole jaoteltu minkään ryhmän alaotsikoiksi.

4 KOORDINAATTIMITTALAITTEET

Koordinaattimittalaitteet (CMM Coordinate Measuring Machine) ovat teollisuudessa eniten käytetty laitetyyppi 3D-digitoinnissa. Suurin osa niiden käytöstä on kuitenkin nykyään mittauskäyttöä. Koordinaattimittalaite soveltuu mittauskäytön lisäksi myös 3D-mallin luomiseen kappaleesta, mikäli kappale koostuu sylintereistä, tasoista, kuutioista tai muista perusmuodoista. Silloin voidaan kappale helposti mitata käyttämällä hyväksi CMM laitetta, ja siitä saatava tieto siirretään CAD-ohjelmaan. (Suokas, J. 1999.)

Kotimaisen teollisuuden esimerkki on Suomen oloissa tärkeä matkapuhelimien valmistus. Kuoret, antenninosat ja oheislaitteidenkuoret tehdään muovista. CMM-laitteilla valmistetaan myös tuotteita, jotka koostuvat liikkuvista osista. Pahimmassa tapauksessa nämä eivät toimi, jos osat eivät ole riittävän mittatarkkoja. Tässä juuri CMM-laitteet ovat tarpeellisia. Suomessa yleisemmät CMM-mallit ovat käsikäyttöisiä. Hiljalleen CMM-laitteet korvaavat perinteisiä erikoismittausmenetelmiä mitattaessa esimerkiksi hammaspyöriä ja kierteitä. Koordinaattimittalaitetta voitaisiinkin jo kutsua yrityksen yleismittauslaitteeksi, koska se korvaa monia tavanomaisia mittalaitteita. (Kiviö, H. Salmi, J. Tauren, T. & Tikka, H. 2002. 6.)

4.1 Laitteiden perusrakenne

Kun tuotteitten mittatarkkuusvaatimukset ja valmistusmäärät ovat kasvaneet voimakkaasti, on myös mittausten tarve kasvanut. Perinteisen CMM-laitteen anturina on koskettava mittauspää, johon on liitetty kärki. Kun kärki koskettaa digitoitavan kappaleen pintaa, laite rekisteröi digitoitavan pisteen tietokoneelle annettuun koordinaatistoon. Digitoiduista pisteistä muodostuu kappaleesta malli, jota voidaan verrata alkuperäiseen kappaleeseen.

Optisessa mittauslaitteessa anturia vastaa kamera, jolla käydään tunnistamassa kohta, jonka koordinaatit mitataan. Myös laseria voidaan käyttää mitattaessa pinnan etäisyyttä kamerasta (Z-koordinaattia). Mittapäällä digitoidut pisteet voidaan viedä esimerkiksi CAD-ohjelman työstettäväksi, tai niihin voidaan sovittaa muotoja jo mittaushjelmassa. (Kiviö, H. Salmi, J. Tauren, T. & Tikka, H. 2002. 6.)

Koordinaattimittalaite mittaa vain pisteitä avaruudessa. Ne ovat koordinaatteja mittauslaitteen tai työkappaleen koordinaatistossa. Pisteistä ohjelma muodostaa erilaisilla matemaattisilla algoritmeilla ja suodatustavoilla perusgeometrioita kuten suoria, tasoja, kartioita ja ympyröitä. Työkappalekoordinaatisto takaa, että mittaustulokset ovat oikeissa suunnissa eli kappaleen suunnassa. Niinpä koordinaatiston muodostaminen työkappaleeseen on mittauksen tärkein vaihe. Mikäli koordinaatisto on väärin, ovat kaikki tuloksetkin vääriä. Perinteinen tapa on asettaa koordinaatisto kulkemaan kappaleen peruselementtien (peruselementit tarkoittavat

perusgeometriassa tasoja, lieriöitä, kartioita, suoria, ympyröitä ja pisteitä) kautta.
(Kiviö, H. ym. 2002. 98)

4.2 Mittapäät

Koordinaattimittalaitteisiin voidaan asentaa erilaisia mittapäitä. Niitä ovat koskettavat ja koskettamattomat mittapäät. Koskettavia mittapäitä on kolme erilaista perustyyppiä: mittaavaa, kytkevää ja kiinteää (Suokas, J. 1999 17).

Mittaavassa mittapäässä mittapään sisällä on kolme vapausastetta, joten mittapää pääsee liikkumaan vapaasti joitakin malleja jokaisen akselin suuntaan. Itse mittauksessa ajetaan mittapään kärki kappaleen pintaan, jonka jälkeen tietokoneavusteinenohjaus keskittää mittapään niin, että sen asennon poikkeamat ovat jokaisen akselin suuntaan nollassa. Sitten piste rekisteröidään.
(Suokas, J. 1999 17.)

Kytkevässä mittapäässä on jousikuormitteinen mittakärki, joka osuessaan kappaleeseen joustaa ja avaa sisällään olevan virtapiirin, joka taas antaa käskyn digitoida piste. Tällaista mittapäitä voidaan käyttää sekä manuaalisen, että tietokoneohjatun koordinaattimittakoneen yhteydessä. (Suokas, J. 1999 17.)

Kiinteää mittapäitä käytetään digitoidessa kappale käsin. Mittapää kuljetetaan haluttuun pisteeseen ja koordinaattimittakoneelle annetaan esimerkiksi jalkakytkimellä käsky tallettaa piste. (Suokas, J. 1999 17.)

4.3 Koskettavien mittapäiden ongelmat

Koskettavan mittalaitteen ongelmia ovat mittauskärkien koko (yleensä 0,5 tai 1mm, pienimmät päät 0,3 mm). Pienimmät kärjet ovat yleensä lyhyitä, joten niillä ei voida mitata syvällä reissä olevia pisteitä. Pehmeistä materiaaleista saadaan myös epätarkkoja tuloksia. Mitä pehmeämpää materiaalia digitoitava kappale on sitä epätarkempia tulokset ovat. Ongelmia voi tulla, jos mitattavat pisteet ovat kappaleen eripuolilla. Erikoisen hankalia mittaukset ovat, jos kappaleen asentoa joudutaan

vaihtamaan. Jotkut mittalaitteet vaihtavat automaattisesti mittauskärkiä, mutta tähänkin kuluu aikaa ja ajan hukka on merkittävä, jos mitataan samat mitat isoista määristä kappaleita. (Kiviö, H. ym. 2002. 98 .)



Kuva 1: Koordinaattimittalaite

4.4 Mittakärjet

Koordinaattimittalaitteissa käytettävät mittakärjet ovat yleisemmin pallopäisiä, mutta myös piikkikärkeä käytetään. Pallopäisellä kärjellä digitoitaessa pitää ottaa huomioon pallokärjen säde, koska mittalaite digitoi pallokärjen keskipistettä, ei sen kosketuskohtaa. Esimerkiksi digitoidessa ympyrää täytyy vain tietää, digitoidaanko ympyrä kehän sisä- vai ulkopuolelta. Mikäli mittakärkeä kuljetetaan ympyrän kehän sisäpinnalla, on kompensoitava digitoitua ympyrää ulospäin kärjen säteen verran ja päinvastoin. (Suokas, J. 1999 18.)

5 KÄSIVARSIMITTALAITTEET

5.1 Toimintaperiaate

Käsivarsimittalaitteet ovat koordinaattimittalaitteita, mutta ne muistuttavat kättä useiden niveliensä vuoksi. Yleensä käsivarsimittalaitteen käsivarsi muodostuu monesta nivelestä, joiden jokaisen kulmatietoa tarkkaillaan anturein. Käsivarren päässä on mittapää, kuten CMM –laitteissakin. Laitteen käyttäjä kuljettaa käsin

mittakärkeä kappaleen pinnalla, käsivarsimittalaitteet ovat siis täysin manuaalisia laitteita. Mittakärkenä niissä on usein pallo- tai piikkipäisiä kärkiä, piikkikärkisiä lähinnä silloin, kun halutaan välttää jälkeensä tapahtuvaa mittakärjen säteen kompensointia (Suokas, J. 1999).



Kuva 2: Käsivarsimittalaite

Käsivarsimittalaitteen paras etu on sen hyvä mukautuvuus erilaisiin tilanteisiin. Käyttäjän on helppo digitoida kappale käsivarsilaitteen ansiosta, sillä nykyisissä malleissa niiden liikkuvuus ja digitointialue on suuri. Yksi tämän laitteen parhaista piirteistä onkin juuri sen liikuteltavuus. Itse laite ei vaadi suuria rakennelmia ja se ei ole kovin painava, joten se voidaan ottaa helposti mukaan digitoitavan kohteen luokse. Näin päästään digitoimaan kohteita, jotka eivät ole liikuteltavissa.

5.2 Työskentely käsivarsimittalaitteella

Periaatteellinen työtilan koko on pallotilavuus, jonka säteen määrää käsivarren maksimiulottuvuus, mutta liikuteltavuuden johdosta mitta-alue on lähes rajaton. Jos laitteen digitointisäde ei ylety digitoitavan kappaleen ympäri, voidaan kappaletta siirtää eri asentoihin digitoinnin välillä. Mikäli kappaletta tai mittalaitetta joudutaan siirtelemään kesken digitoinnin, mitataan mitattavasta kappaleesta tai alustasta referenssipisteitä, joiden avulla digitointilaitteelle kerrotaan siirron jälkeen kappaleen paikka avaruudessa uudelleen. Käsivarsimittalaitteita on useita eri koko- ja

tarkkuusvaihtoehtoja. Pienimmät niistä ovat työpöytäkokoisia ja suurimpien työskentelyalue voi olla useita metrejä halkaisijaltaan. Koon mukana kasvavat tietysti myös paino ja hinta.

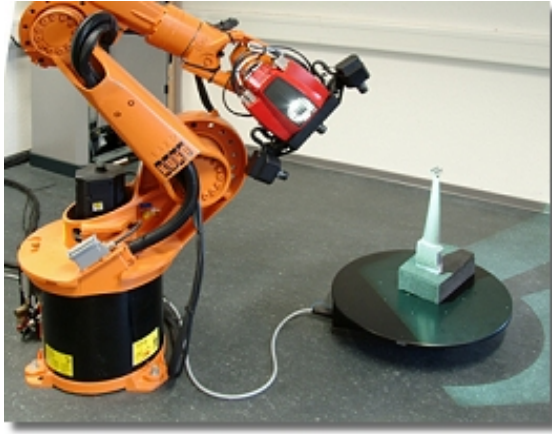
Koska digitointi tällaisella laitteella on kokonaan manuaalista, myös mittauksen tarkkuus riippuu paljon käyttäjän tiedoista ja kokemuksesta. Koordinaattimittalaitteen käyttäjällä on suuri vaikutus mittaustuloksen oikeellisuuteen. Jos kappaletta digitoidessa tekee huolimattomuusvirheitä, se vaikuttaa oleellisesti koko mallin rakentumiseen. Tämän vuoksi käyttäjän on ymmärrettävä laitteen toimintaperiaate sekä harjoiteltava mittausta etukäteen luotettavan mittaustuloksen saavuttamiseksi.



Kuva 3: Käsivarsimittalaite ja lasermittapää

6 LASERSKANNERIT

Laserskannerit ovat laitteita, joilla voidaan lyhyessä ajassa digitoida kappale ja siirtää data kolmiulotteisena PC:n näytölle. Datasta muodostuvaa mallia voidaan kääntää ja tarkastella sekä jatkokäsitellä aivan kuten muidenkin digitointilaitteiden tuottamaa mallia. Mallia voidaan mitata, tarkastaa sen mahdollisten reikien paikkoja ja niiden etäisyyksiä toisiinsa. Laserskannerit ovat digitointilaitteita, jotka perustuvat optisiin menetelmiin; ne ovat kosketuksettomia laitteita. (Riipinen, L & Korhonen, P. 1994.)



Kuva 4: Käsivarsimittarobotti ja päässä laserskanneri

Laserskannerit soveltuvat pääasiassa suurten kappaleiden pistepilvien mittaukseen, ja ne on tarkoitettu lähinnä vapaamuotoisten 3D-pintojen digitointiin, niitä ei siis voi käyttää digitoitaessa yksittäisiä pisteitä (Rintanen, M ym. 1998). Itse digitointi on laserskannerilla joissain tapauksissa helpompaa kuin koordinaattimittalaitteilla. (Cyber F/X, 2006.)



Kuva 5: Laserskanneri

Kuvan esimerkissä laserskanneri. Tässä esimerkkinä siitä valmistajan antamat tekniset tiedot:

Nopea ja tarkka ei-koskettava laser-tunnistin. Skannaustarkkuus 0.1mm. Vaivaton käyttö Dr.Picza3 -ohjelmistolla ja USB- liitännällä. Skannattavan kappaleen maksimikorkeus: 203,2 mm ja halkaisija 130 mm. Valittavana pyöritys- tai taso-skannaus parhaan digitointituloksen aikaansaamiseksi. Mukana paketissa myös tehokas käännteismallinnus ohjelmisto.(Thorn & Co,2000.)

6.1 Toimintaperiaate

Lasermittalaitteella on kaksi perusosaa: lasermittapää ja liikemekaniikka. Usein liikemekaniikka voidaan toteuttaa esimerkiksi koordinaattimittalaitteella tai esimerkiksi käsivarsimittalaitteella. Itse laserskannerissa ei tarvita erillistä liikemekaniikkaa. Joissakin sovelluksissa liikemekaniikkana voi toimia käyttäjä itse, jos lasermittapää on liikuteltavissa vapaasti käsin.

Laserskannereita on kolme eri päätyyppiä: piste-, nauha- ja tasoskannereita. Pisteskanneri heijastaa kappaleeseen yhden pisteen kerrallaan, nauhalaser heijastaa lasernauhan ja tasolaser siis tason (Suokas, J 1999). Pisteskanneri ei nimestään huolimatta sovellu yksittäisten pisteiden mittaukseen, sillä vaikka laite heijastaakin kappaleeseen vain yhden pisteen, ei tätä pistettä ole helppoa tarkasti paikoittaa kappaleen pinnalle. Nauha ja tasoskannerit on kehitetty nopeuttamaan pisteiden keruuta.

Kaikkien näiden laserskannerien toimintaperiaatteet ovat perusteiltaan melko samanlaisia riippuen tietysti malleista. Yleisesti kuitenkin lasermittapäässä on lähtetin, joka kohdistaa kappaleeseen laservalon ja vastaanotin, joka rekisteröi kappaleen pinnasta heijastuneen valon. Kun tunnetaan vastaanottimen ja laserlähteen välinen etäisyys, voidaan etäisyys kappaleeseen laskea sen perusteella, mihin kohtaan sensoria heijastunut laservalo saapuu. Sensorin alue on tietysti rajallinen ja siksi laserdigitointilaitteessa on tietty etäisyysalue jolla digitointi onnistuu.

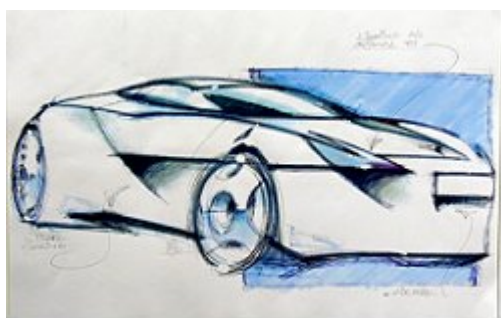
Laserskannaus perustuu valoon ja sen heijastukseen, siksi on digitoinnissa otettava huomioon eräitä seikkoja. Digitoitavan pinnan tulee olla mattapintainen, koska kiiltävästä pinnasta lasersäde ei heijastu oikein. Tämän johdosta digitoitavat kappaleet joudutaan usein käsittelemään esimerkiksi valkoisella mattamaalilla ennen digitointia. Tämä tietysti rajoittaa digitoitavat kappaleet kiiltäviin ja ei kiiltäviin tai kiiltäviin jotka mahdollisuuksien mukaan voidaan maalata. Ongelmia muodostavat myös mahdolliset varjopaikat, koska valoa käytettäessä syviin varjopaikkoihin ei laitteen säde pääse. Tällöin täytyy etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja digitointiin. Kappaletta voidaan mahdollisuuksien mukaan käänellä niin, että valo ylettyisi

jokaiseen koloon asti. Jos kappaletta ei ole mahdollista liikutella voidaan ongelma ratkaista käyttämällä kääntyväpäistä laserpäätä. Joissakin sovellutuksissa laserskanneri on varustettu erityisellä kääntöpöydällä kappaleen liikuttamisen helpottamiseksi. (Suokas, J 1999 24.)

Ongelmana kappaleen kääntelyssä kuitenkin voi olla se, että sitä käännellessä kappaleeseen tulee merkitä 1- 3 referenssipistettä, joiden perusteella kappaleen paikka kääntämisen jälkeenkin on hahmotettavissa. Referenssipisteet voidaan laitetypistä riippuen joko kiinnittää digitoitavan kappaleen pintaan vaikka teipillä tai mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi tussilla piirtämällä.

6.2 Esimerkki

Seuraavassa lyhyt esimerkki siitä, miten laserdigitointilaitetta voidaan käyttää apuna teollisuudessa.



Kuva 6 : 2D-muotoilua

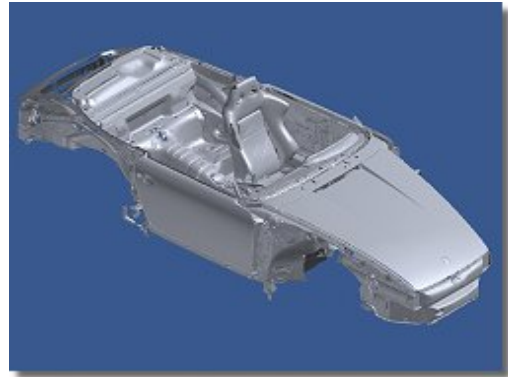


Kuva 7: The Rivage

Kyseinen tapaus ”Rivage” on yhteistyön tulosta jota tekivät seuraavat yhtiöt: ITH Technick GmbH, Steinbeis- Transferzentrum Automotive Styling and Design, Tebis AG and GOM mbH. Tässä tapauksessa seurataan ”Rivage” näyttelyauton valmistumista suunnitteluasteesta autoksi. Projektin kesto oli vain seitsemän kuukautta ensimmäisestä luonnoksesta ajettavaan autoon, joka esiteltiin yleisölle Euromold näyttelyssä 2002.(Gom, Applications, Rapid 2006.)



Kuva 8: Alustan skannausta



Kuva 9: Alustan malli

Projekti luotiin Porsche Carrera 911 alustalle. Jotta voitiin tehdä pienoismalli tarvittiin 1:4 koossa oleva kopio alustasta. Tähän tarkoitukseen kyseistä skanneria käytettiin ensimmäistä kertaa. Perinteiset mallinnustavat eivät salli näin vaikeiden muotojen digitointia. Kyseisellä skannerilla data oli kuitenkin parin tunnin työn jälkeen valmista ja auton alustan mallin käsittely tietokoneella voitiin aloittaa. (Gom, Applications, Rapid 2006.)



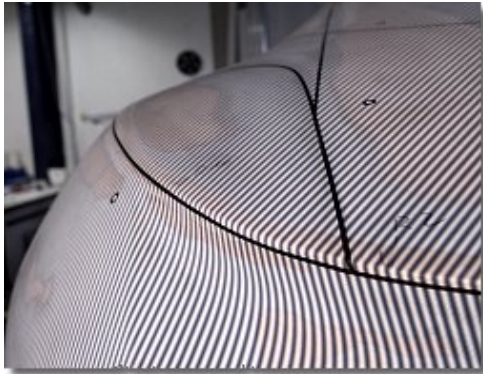
Kuva 10: Muotojen valmistusta savesta



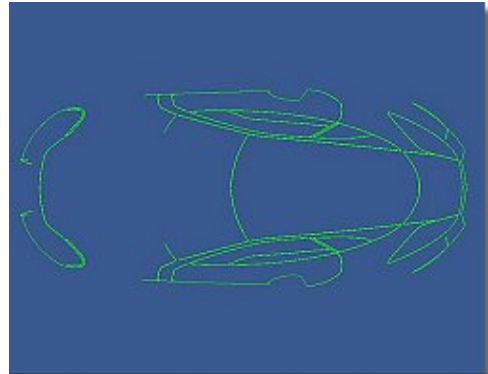
Kuva 11: Luodun mallin skannaus

Kun alustan mallinnus oli saatu valmiiksi, voitiin aloittaa rungon muotoilu savesta. Kun haluttiin kasvattaa auton mittakaavaa 1:4:stä isommaksi 1:1 een, malli digitoitiin uudestaan. Tätä tarkoitusta varten malli digitoitiin tarkimmalla mahdollisella laadulla, koska heiton sattuessa virhe olisi myös neljä kertaa suurempi kuin 1:1 mallissa. Juuri tällaisissa tilanteissa 3D skannaus näyttääkin voimansa.

Tämän tyyppisissä sovelluksissa voidaankin päästä tarkkuuteen joka on jopa 0,01mm.
(Gom, Applications, Rapid 2006.)

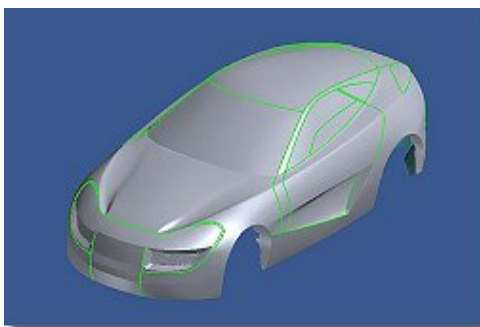


Kuva 12: Teipit rajaavat osien liitoskohdat



Kuva 13: Mallintaessa teippilinjat voidaan digitoida ilman ongelmia

Skannattu 1:1 malli hyväksyttiin muutamien muokkauksien jälkeen. Sitten tarvittiin uudelleen 3D-digitointitekniikkaa. Ensin luotu malli täytyi skannata uudelleen edelleen korkeimmalla mahdollisella tarkkuudella, koska autoon istutettavat osat valmistettiin tämän tiedon pohjalta. Myös kappaleen liitoskohdat, jotka oli merkitty teipein, skannattiin erikseen. (Gom, Applications, Rapid 2006.)



Kuva 14: Linjoista muodostuva



Kuva 15: Valmis The Rivage auto

Luodun datan pohjalta pystyttiin lopulta valmistamaan näyttelyyn The Rivage auto. Teollisuuden käytössä laserskanneri on siis hyödyllinen apuväline, ja niiden määrä teollisuudessa kasvaakin koko ajan.

7 TIETOKONETOMOGRAFIA

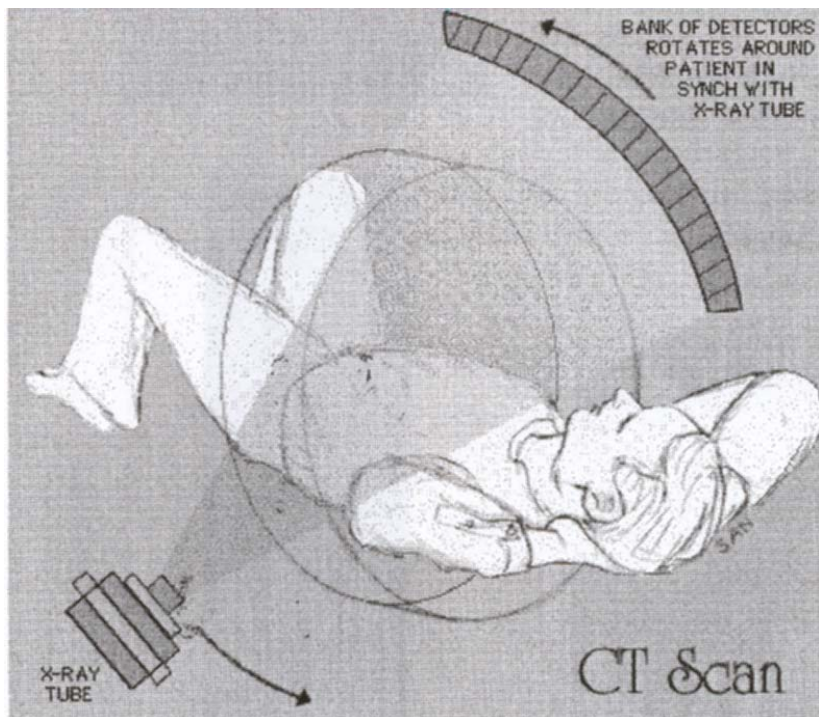
Tietokonetomografia (CT, Computed Tomography), on röntgenkuvausmenetelmä, jolla saadaan poikkileikkauskuvia kehosta. Se kehitettiin alunperin lääketieteellisiin tarkoituksiin. Lääketieteessä yleisimpiä tutkimuksen kohteita ovatkin syöpäkasvaimet, aivot sekä selkäranka, mutta sillä voidaan kuitenkin kuvata ihmisessä mitä tahansa. Tietokonetomografiaa onkin sanottu radiografian tärkeimmäksi edistysaskeleeksi sitten röntgensäteiden löytämisen.



Kuva 16 : Ihmisen tietokonetomografiakuvaus

Tietokonetomografiassa luodaan kappaleesta kolmiulotteinen malli röntgensäteillä. Sisäisten muotojen tutkiminen kohdetta vahingoittamatta onkin tärkeää lääketieteellisessä laitteessa, ja siksi lääketieteen käytössä tietokonetomografialaitteistot ovat saavuttaneet vankan jalansijan. Myös teollisuus on kehittänyt teollisia tietokonetomografialaitteita. Sisäisten muotojen tutkiminen kappaletta vahingoittamatta luokittelemisen mahdollisuuden esimerkiksi piilevien materiaaliavurioiden selvittämiseen autoteollisuudessa (Telivuo, 2006).

7.1 Toimintaperiaate



Kuva 17: Tietokonetomografian periaate

Laitteiston toimintaperiaate on sama käytetään sitä lääketieteen tai teollisuuden käyttöön. Laitteistot eroavat toisistaan vaan mekaanisten ratkaisujen osalta, Seuraavassa esimerkissä röntgentomografialaitteistojen yleinen toimintaperiaate lääketieteellisen laitteiston avulla.

Lääketieteellisessä röntgentomografialaitteessa röntgenlähetin ja röntgenvastaanotin sijaitsevat yleensä ympyrän kehällä toisiaan vastakkain.

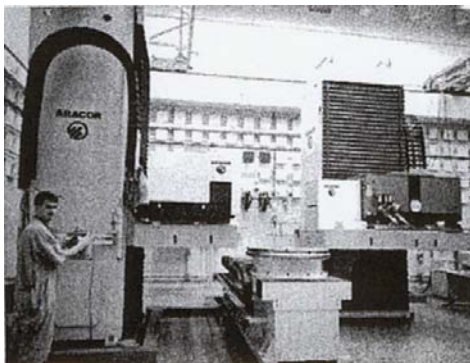
Potilas asetetaan makaamaan pöydälle, joka liikkuu lähettimen ja vastaanottimen välissä pitkittäissuuntaan. Pöydän liike muodostaa Z-, koordinaatin. Lähetin ja vastaanotin pyörivät ja muodostavat pyöriessään kuvan X-, Y-, tasossa. Lähetin lähettää röntgensäteilyä tunnetulla teholla, ja vastaanottimella luetaan potilaan läpäissyt teho. Kun kuvia otetaan eripuolilta potilasta, voidaan koko tutkittavan kehonosan tiheysjakauma laskea. Tiheysjakaumaa voidaan visualisoida digitaalisesti antamalla tietylle tiheydelle tietty värisävy. Tämän jälkeen tiheysjakaumaa voidaan katsella kuten 3D-röntgenkuvaa. (Rintanen, J, Simons, J, Räisänen, J, 1998 48-50)

Lääketieteen käytössä olevat tietokonetomografialaitteet ovat edistysaskel lääketieteelle. Niitä on käytössä paljon sairaaloissa ympäri maailman, ja niiden hyödyt ihmiskehon sairauksien tutkimisessa ovat suuret.

Tietokonetomografialaitteella pystytään mahdolliset kasvaimet ja muut muutokset toteamaan ajoissa. Tämä helpottaa oikean hoidon aloittamista jo hyvissä ajoin.

Lääketieteellisillä tietokonetomografialaitteilla voidaan kuvata ihmiskehon kudosten lisäksi myös muita materiaaleja, kuten vahaa, puuta ja muovia. Metalliosat kuvattavassa kohteessa häiritsevät kuvaa (Rintanen ym.1998, 48-52).

Teolliset tietokonetomografialaitteet toimivat samalla periaatteella kuin lääketieteelliset laitteet. Mekaanisilta ratkaisuiltaan ja ulkonäöltään ne ovat kuitenkin erilaisia kuin lääketieteelliset laitteet. Niissä käytettävä röntgenteho ja niiden tarkkuus ovat paljon suurempia. Teollisilla laitteilla voidaan kuvata kaikkia materiaaleja, myös metalleja. Teollisia tietokonetomografialaitteita onkin rakennettu käyttötärpeesta riippuen runsaasti erikokoisia. Teollisuudessa esimerkiksi Reverse Engineering (käänteinen insinööritiede) hyödyntää teollisia tietokonetomografialaitteita, ja tietokonetomografiaa voidaan käyttää apuna myös 3D-mallinnuksessa sekä kaikessa teollisuudessa. (Institute of Process engineering, 2001.)

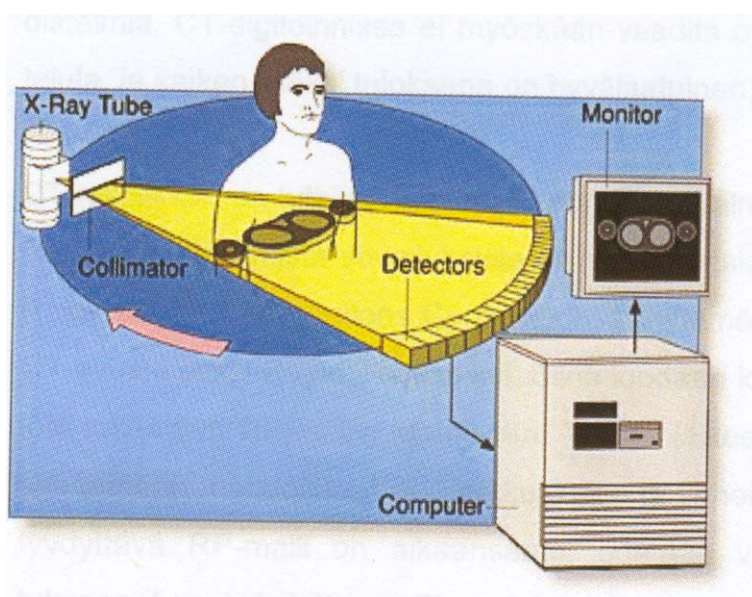


Kuva 18 : Teollinen skanneri

7.2 Datan käsittely

Kappaleen sisäpuoliset muodot sekä kolmiulotteinen geometria saadaan selville CT-kuvauksella. CT-data on käytännössä kolmiulotteinen bittikartta. Datan käsittelyä varten tarvitaan erillinen ohjelma, jolla data saadaan muutettua pistepilveksi.

Kuvauksessa tutkittava tilavuus kuvataan viipaleina ja jokaisella viipaleella on tietty paksuus. Kun viipaleet laitetaan päällekkäin, syntyy kolmiulotteinen kuva. Yksi viipale muodostuu laatikon muotoisista voxeleista (3D-vastine pikseleille), joilla jokaisella erikseen on tietty arvo. Itse CT-datassa yhden voxelin arvo näyttää kuvattavan kohteen tiheyttä siinä kohdassa. Voxselilla on mitat X-, Y-, ja Z-suunnassa. Voxselin koko on riippuvainen käytettävästä CT-laitteesta. Koska monesti viipaleita voi olla satojakin päällekkäin yhdessä kuvauksessa, viipaleiden välinen etäisyys ei välttämättä ole yhtä suuri kuin viipaleiden paksuus, vaan viipaleet voivat mennä osittain päällekkäin Z-suuntaisen tarkkuuden parantamiseksi. (Rintanen ym.1998, 48.)



Kuva 19: Tietokonetomografian periaate

CT – datan käsittelyn kolme vaihetta:

Ensimmäisessä vaiheessa CT-datasta erotellaan eri materiaalit toisistaan. Teollisessa tapauksessa materiaaleja on yleensä vain kaksi; ilma ja kappale. Dataa käsittelevälle CT-ohjelmalle annetaan tiheysarvo, jota harvemmat voxelit tulkitaan ilmaksi ja paksummat materiaaksi. (Rintanen ym.1998, 51.)

Toisessa vaiheessa viipaleet liitetään kolmiulotteiseksi kuvaksi. Ohjelma joka käsittelee CT-dataa, tutkii viipaleiden välillä mitkä voxselit kuuluvat yhteen. Tämän jälkeen kappaleen topologia tunnetaan, eli ovatko voxelit ilmaa vai materiaalia, ja ovatko voxelin naapurivoxelit samaa ilmaa vai materiaalia. (Rintanen ym.1998, 51.)

Kolmannessa vaiheessa materiaalin ja ilman rajapintaan generoidaan poikkileikkauskäyriä. Edellisen vaiheen jälkeen kappaleen ja ilman rajapinta on porrasmaista, johtuen voxelien muodosta. CT-dataa käsittelevät ohjelmat käyttävät algoritmeja, joilla porrasmaista reunakäyrää tasoitetaan, jotta se vastaisi paremmin kappaleen todellista muotoa. Reunakäyrillä voidaan generoida halutulla tiheydellä pisteitä, tai reunakäyristä voidaan generoida kolmiulotteinen kolmioverkko. (Rintanen ym.1998, 51.)



Kuva 20: Röntgenkuva ihmisen rintakehästä

Tietokonetomografian datan on kiinni monesta tekijästä: CT-laitteesta, CT-dataa käsittelevästä ohjelmasta sekä ohjelman käyttäjästä. Teollisilla CT-laitteilla päästään samoihin tarkkuuksiin tai jopa parempiin tarkkuuksiin kuin laserskannereilla (0,025 mm) (Rintanen ym.1998, 52). Lääketieteellisillä CT-laitteilla tarkkuus jää muutamaan millimetrin kymmenesosaan.

Tietokonetomografian etuina onkin sen nopeus ja helppous. Kohde voidaan digitoida yhdellä kuvauksella, eikä kappaleen asettelu ole tarkkaa. Yhdellä kuvauksella kappaleesta saadaan kuvattua ulkoiset ja sisäiset muodot kappaletta hajottamatta. Kappaleen koko 3D-malli syntyy kerralla. Kappaleen pinnanlaatu tai joustavuus ei vaikuta kuvaukseen. Kappaleesta saadaan myös visuaalinen kuva, josta paljastuvat kappaleen sisäiset vauriot. Käytännössä kappaleen kuvaus on nopeaa, mutta datan käsittely saattaa olla hidasta datan käsittelyohjelmien kehittymättömyyden vuoksi. Lääketieteessä CT-ohjelmista on huomattavasti kehittyneempiä CT-datan käsittelyversioita kuin teollisessa käytössä, joten myös teollisissa ohjelmissa on odotettavissa kehitystä tulevaisuudessa. (Rintanen ym.1998, 51.)

7.3 Magneettikuvaus

Tietokonetomografian rinnalle on noussut uudenlainen kuvausmenetelmä MRI. MRI on nykyaikainen ja turvallinen kuvausmenetelmä, jolla saadaan hyvin tarkkoja kuvia ihmiskehon sisältä ilman ionisoivaa röntgensäteilyä. Magneettikuvausta käytetään samoihin tarkoituksiin kuin tietokonetomografiaa. Menetelmä hyödyntää ihmisessä olevaa vettä ja sen magneettisia ominaisuuksia. Siinä käytetään hyväksi voimakasta magneettia, radioaaltoja, vastaanotto-antennia sekä tietokonetta, jonka avulla kuvat muodostetaan. Menetelmän kyky erottaa eri kudokset toisistaan on erittäin hyvä. (Magneettikuvaus 2006.)



Kuva 21: Magneettikuvaus

7.4 Toimintaperiaate

Ihmiskehossa on miljoonia vesimolekyylejä, jotka käyttäytyvät pienten magneettien tapaan. Kun ne joutuvat voimakkaaseen magneettikenttään, ne järjestäytyvät tuon ulkoisen magneettikentän suuntaisesti. Ilmiö on samankaltainen kuin kompassineulan asettuminen osoittamaan pohjoisnapaa. Radioaallot, joita lähetetään tietyllä taajuudella kohteeseen, kääntävät näiden pienten magneettisten atomien suuntaa pois ulkoisen magneettikentän suunnasta. Tällöin ne saavat energiaa radioaalloista. Kun radioaaltojen lähettäminen lopetetaan, palautuvat atomit takaisin alkuperäiseen tilaansa. Tällöin ne luovuttavat saamansa energian takaisin lähettämällä hyvin heikkoja radiosignaaleja. Tehokas antenni kerää nämä signaalit ja tallentaa ne tietokoneen muistiin, joka suorittaa miljoonia laskutoimituksia tuottaakseen kuvan. (Magneettikuvaus 2006.)

8 TULEVAISUUDEN MAHDOLLISUUDET

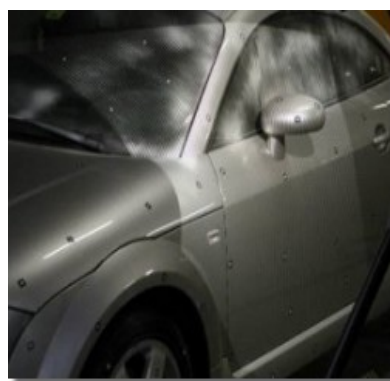
Tulevaisuudessa kaikkien digitointilaitteiden kehitys tulee olemaan huimassa kasvussa. Jo tällä hetkellä skannereita käytetään muihinkin tarkoituksiin kuin pelkästään teollisuuden käyttöön. Autoteollisuudesta ja onnettomuustutkinnasta saadaan hyviä esimerkkejä digitointilaitteiden käytöstä vaikka kolaritutkinnassa. Onnettomuuden tapahtuessa todisteet voidaan dokumentoida tieteellisesti, jolloin koko tapahtumaketju pystytään rakentamaan uudelleen ja analysoimaan tulokset oikeudellisiin tarpeisiin.

Modernin 3D-digitoinnin avulla pystytään selvittämään rikoksen sattuessa, esimerkiksi millaisella esineellä uhrin vammat on aiheutettu. Samalla pystytään myös selvittämään mahdollisen iskun voima sekä kulma, mistä suunnasta isku on kohdistunut uhuriin. Autojen kolaritutkinnassa 3D-digitoinnista on suurta apua, kun halutaan selvittää, miten törmäys on tapahtunut, mikä on ollut auton nopeus törmäyshetkellä tai mistä kulmasta auto on törmännyt toiseen autoon tai johonkin muuhun esteeseen.

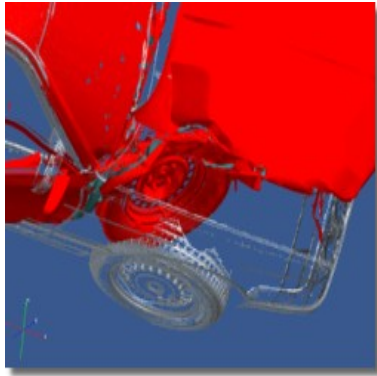
Esimerkiksi kolaritapauksessa näiden asioiden selvittämiseksi tarvitaan 3D-digitointilaitteen lisäksi auto, joka on törmännyt kohteeseen sekä mahdollisesti törmäyksen kohteena ollut auto tai esine. Referenssiauto tarvitaan myös. Referenssiautolla tarkoitetaan samanlaista, mutta vahingoittumatonta autoa. Referenssiautosta pyydetään valmistajan tiedot materiaalien kestävyydestä ja siihen voidaan verrata vahingoittunutta autoa. (Gom. Applications, 3D, 2006.)



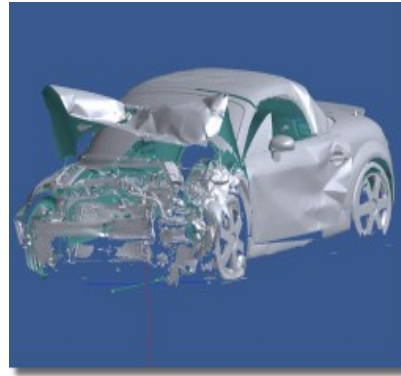
Kuva 22: Referenssiauton digitointi



Kuva 23: Kolariauton digitointi

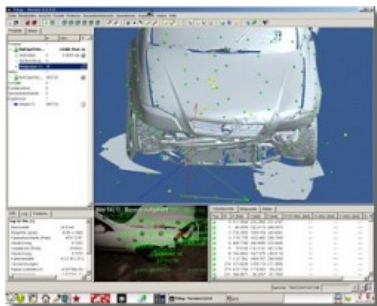


Kuva 24: Digitoitu kuva vaurioituneesta autosta



Kuva 25: Datan antaman tiedon vertaus referenssikuvaan

Kuten oheiset kuvat havainnollistavat, onnettomuuden tutkimusprosessin edetessä lopulta pystytään määrittelemään tarkasti törmäystilanne ja sen perusteella saadaan selville, kuka oli vahingossa syyllinen tai syytön osapuoli.



Kuva 26: Datan analysointia



Kuva 27: Törmäystilanne

Myös kuolinsyytutkinta käyttää kyseistä menetelmää. Uhrin vammat digitoidaan, ja syyllistä lähdetään etsimään kerätyn tiedon pohjalta. Tässä esimerkki uhrista, jonka käteen on purtu. Kädestä digitoidun datan avulla saadaan uhrin hampaista valmistettua kolmiulotteinen malli, johon mahdollisen epäillyn hampaista kuvattua mallia verrataan. Jos tulokset sopivat yhteen, syyllinen löydetään helposti, sillä todisteet ovat päteviä. (Gom. Applications, 3D, 2006.)



Kuva 28: Uhrin kädessä
hampaanjäljet



Kuva 29: Hampaista
tehty malli



Kuva 30: Yhteensopivat
jäljet

Edellä mainittujen sovellusten lisäksi tulevaisuudessa tekniikan kehittyessä kehitetään uusia 3D-sovelluksia, jotka eivät suoranaisesti ole skannereita, mutta toiminta ja tiedon käsittely pohjautuvat samoihin tekniikoihin.

Esimerkiksi satelliittitekniologia. Useamman satelliitin kuvatessa samaa kohdetta saman aikaisesti saadaan 3D-dataa samankaltaisesti kuin pienemmän mittakaavan 3D-skannauksista. Resoluutiokin on hyvä, jos otetaan huomioon mittasuhteet.



Kuva 31: Google Earth

Satelliittitieto yhdistettynä erilaisiin sovelluksiin kuten Google Earth, saadaan 3D-skannaus tehtyä vaikka koko maapallolle. Joitain alueita on jo nyt skannattu tarkoin, kuten New York, jossa karttaa pääsee tarkastelemaan, niin että talot esiintyvät kolmiulotteisesti. (A 3D interface to the planet 2006.)

Tulevaisuudessa voi olla mahdollista, että seurattaisiin reaaliaikaista kolmiulotteista ympäristöä auton ajotietokoneesta. Tämä mahdollistaisi jopa sen, että olisi

mahdollista nähdä pitkän matkan päähän tielle, jossa onnettomuuden sattuessa rekka olisi poikittain edessä. Silloin ehdittäisiin ajoissa valmistautua esteeseen sekä mahdollisesti etsiä vaihtoehdoisen reitin esteen ohi. Kaikki tämälntapaiset uudet käyttömahdollisuudet saattaisivat tulevaisuudessa helpottaa meidän kaikkien ihmisten jokapäiväistä elämää.

9 CASE

MICROSCRIBE G2:N KÄYTTÖ TUOTTEIDEN MALLINTAMISESSA

9.1 Laitteen esittely



Kuva 32: Microscribe G2

Microscribe G2 on koordinaattimittalaite, joka on varustettu koskettavalla mittapäällä. Se voidaan luokitella käsivarsimittalaitteisiin sen nivelletyn varren ja hyvän liikuteltavuuden perusteella. Microscribe G2 on pieni, eli kokonsa puolesta se

on pöydällä toimiva ja sitä on helppo liikutella paikasta toiseen, koska se ei paina muutamaa kiloa enempää.

Se on suunniteltu käyttäjäystävälliseksi. Käsivarren vastapaino ja liukuva liikerata mahdollistavat sujuvan työskentelyn digitoidessa isoja kappaleita.

Sillä voidaan luoda helposti 3D-malleja sellaisistakin muodoista, joita ei ole helppo mallintaa perinteisin menetelmin. Digitoidessa käyttäjä voi määrittää kappaleesta pisteitä, viivoja, ja leikkauksia sekä luoda näiden avulla erilaisia pintoja digitoituun malliin. Kappaleen suuri koko ei ole este, sillä kappaletta tai digitointilaitetta voidaan siirtää digitoinnin aikana.

Microscriben työskentelyalueen koko on 1,27 m, ja alue on puolipallon muotoinen.

Laitteen digitoititarkkuus on 0,38 mm.

Laite kommunikoi tietokoneen kanssa USB portin tai sarjaportin kautta.

Digitointikärjessä on optisia sensoreita, joista jokainen toimii mikrosirun kanssa lähettämällä signaalin tietokoneelle, joka laskee kappaleen asennon koordinaatistossa.

Digitoitavat pisteet poimitaan laitteen kärjellä koskettamalla pistettä ja sitten jalkapolkimella painamalla piste muistiin.

Laitteen vaatimukset: Sarjaportti PC, Mac tai SGI/UNIX-koneessa tai vapaa USB portti PC-koneessa.

9.2 Digitointi käytännössä

Kannattaa opetella käyttö huolella ennen mallinnusta. Laitteen digitoivasta päästä pidetään kiinni kuin kynästä ja sitä käytetään kuin kynää. Joitain liikerajoitteita kuitenkin on. Varren pituus määrittelee digitoitavan alueen, jossa voidaan työskennellä. Digitoidessa voidaan esimerkiksi tietyn kappaleen ympäri mennä kynällä kerran mutta ei useammin, siinä laitteen rajoitukset tulevat vastaan.

Tavallisesti digitointitilanteessa laite on digitoijan vasemmalla puolella ja digitoitava kohde oikealla. Kuitenkin työskentelevän henkilön ollessa vasenkätinen voidaan laite tietysti siirtää myös toiselle puolelle.



Kuva 33: Microscribe G2:n työalue

Kun aloitetaan digitointi, laitteen pitää olla kunnolla kiinni pöydällä. Laite täytyy aloitettaessa olla kotiasennossa, eli laitteessa on tietty Home-tila eli ”kotiasento”. Tämän kotiasennon merkinä on valo joka palaa vihreänä ja kertoo, että kaikki on kunnossa. Silloin laite on tarkastanut että USB-väylän kautta yhteys tietokoneeseen toimii ja laite on kotiutettu. Jos valo palaa punaisena, laitetta ei ole kotiutettu.



Kuva 34: Home tila

Digitoinnissa käytettävänä apuvälineinä esimerkiksi sinitarra on hyvä digitoitavan kappaleen kiinnitysvälineenä. Kappaleen kiinnitys alustaan on tärkeä suorittaa huolellisesti, sillä pisteitä digitoitaessa kappale saattaa helposti liikahtaa. Alustana esimerkiksi gyproc-levy on hyvä, sillä siihen voidaan tarpeen vaatiessa piirtää kynällä merkintöjä sekä laittaa kiinni digitoitavia kappaleita tarvittaessa myös nauloilla tai

ruuveilla. Materiaalina se on edullista. Alustaan on merkittävä kolme referenssipistettä. Vesiliukoinen tussi on tähän sopiva apuväline. Referenssipisteet vastaavat X-, Y, ja Z-, koordinaatteja digitoidessa. Kannattaa myös miettiä digitoitavan kappaleen muotojen ja siitä valmistuvan mallin käyttötarkoituksen perusteella, mistä ja miten aikoo kappaleesta digitoitavat pisteet ottaa. Jos malli tulee johonkin enemmän visuaaliseen työhön, joka ei vaadi täysin tarkkoja mittoja, digitoitavia pisteitä ei tarvitse ottaa tiheästi. Jos mallia aiotaan käyttää työkuvana tai tarvitaan todella tarkka malli, pisteiden keruu pitää suunnitella todella huolellisesti.

Laitteen huonona puolena on juuri näiden todella tarkkojen mallien digitointi. Käyttäjän käsi ei ole koskaan aivan sataprosenttisen tarkka ja siksi pieniä heittoja tulee pisteitä poimissa. Nämä pienet heitot kuitenkin näkyvät mallissa isoinakin, jos vaaditaan aivan tarkka kappaleen digitointia. Tämän vuoksi ennen digitointia pisteet kannattaa merkitä vaikka tussilla digitoitavan kohteen pintaan ja miettiä siinä vaiheessa pisteiden tarpeellisuus sekä sijainti lopullisessa mallissa. Tämän jälkeen itse pisteiden keruu on helpompaa ja mahdollisten virheiden mahdollisuus on pienempi.

Viimeisenä ennen kuin aloitetaan kappaleen digitointi ja kun kaikki edellä mainitut asiat ovat kunnossa, kannattaa kokeilla laitteen kärjellä vielä kerran, että kappaleen pystyy todella digitoimaan joka puolelta, näin välttyy ikäviltä yllätyksiltä. Jos digitoitava muoto on isompi kuin minkä laitteen liikerata sallii, voidaan kappaletta välillä kääntää tai siirtää sopivampaan asentoon, tällöin referenssipisteiden on oltava kokoajan samat kun aloittaessa. Niiden avulla laite hahmottaa käännetyn kohteen sijainnin alun perin käytetyssä koordinaatistossa. Tällä tavoin digitoidessa pystytään mallintamaan isojaakin muotoja.



Kuva 35: Kohteen digitointi

9.3 Kappaleen digitointi

Digitoitavana kohteena tässä tapauksessa toimii tavallinen virvoitusjuomapullo 0,33cl. Siinä on kaarevia ja pyöreitä muotoja, jotka voisivat aiheuttaa hankaluuksia perinteisissä mallintamistekniikoissa, sillä kappaleet olisivat vaikeasti mitattavia. Aloitettaessa digitointia Microscribe G2 on kotiasennossa. Digitoitavaan kohteeseen eli pulloon merkitään digitoitavat pisteet tussilla alkaen pullon pohjasta ja siitä suorassa linjassa ylöspäin kohti korkkia. Pisteitä merkitään kaikkiin sellaisiin kohtiin, joissa pullon kyljen muoto vaihtelee pullistuen ulospäin tai kaventuen sisäänpäin. Korkin päälle keskelle tulee viimeinen piste. Pisteiden merkitsemisen jälkeen laitetaan pöytään kolme referenssipistettä, jotka siis toimivat X-, Y-, ja Z-koordinaatteina. Tämän jälkeen pullo kiinnitetään sinitarralla tiukasti pöytään.



Kuva 36: Alkutilanne

Ennen varsinaista pisteiden keruuta täytyy tietokoneella olla ohjelma, jolla dataa käsitellään. Tässä ohjelmana on 3D Studio Max 6, johon on asennettu laitteen mukana tulleet digitoint- ja muokkausohjelmat, joista ensimmäinen on tärkein, sillä sen avulla itse pisteet saadaan tuotua Maxiin. Varsinaiseen mallin muokkaukseen voidaan sitten käyttää 3D Studio Maxin omia työkaluja.

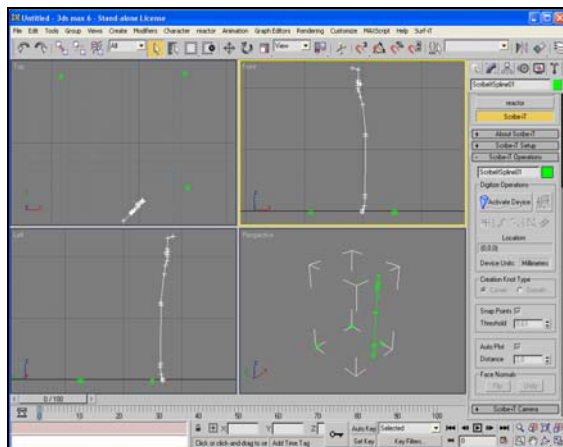
Kun aloittaa digitoinnin, digitointiohjelmasta pitää valita, haluaako pisteistä suoraan muodostuvia pintoja vai viivoja. Käytettäessä pintoja, pisteitä täytyy kerätä esimerkiksi neljä kerrallaan, koska ohjelma muodostaa niistä heti valmiin pinnan. Viivoja käytettäessä niistä voi lopussa muokkaamalla muodostaa yhtenäisiä pintoja.

Tässä valitaan tämä viivoista muodostuva vaihtoehto. Jos digitoitavassa kappaleessa on paljon erilaisia pinnanvaihteluja, on tämä tapa parempi. Monimutkaisesta muodosta tehtäessä heti valmiita pintoja, voi hankaluutena olla, että pinnat menevät helposti päällekkäin, jolloin digitointi vaikeutuu.

Kun nämä valinnat on suoritettu ohjelma pyytää asettamaan referenssipisteet. Ne asetetaan koskettamalla X-, Y- ja Z- pisteitä pöydältä. Laitteen kärjen ollessa kiinni pisteessä se asetetaan muistiin painamalla jalkakytkimen vasenta poljinta. Näin menetellään jokaisen digitoitavan pisteen kohdalla. Tämän jälkeen varsinainen digitointi voidaan aloittaa. Pisteitä kerätessä niistä muodostuvan mallin valmistumista voi seurata tietokoneelta, sillä jokainen uusi piste näkyy koordinaatistossa kappaleen alkaessa hahmottua.

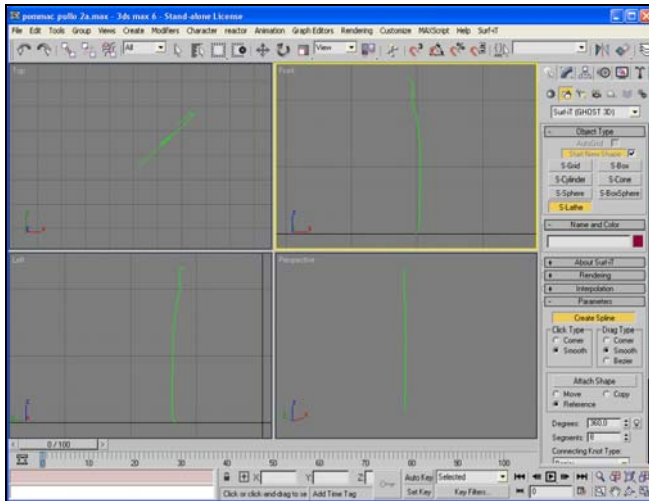


Kuva 37: Pisteiden digitointi



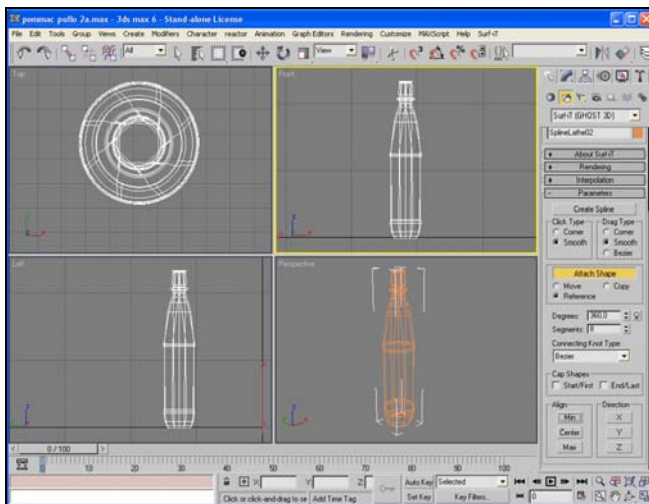
Kuva 38: Pisteiden hahmottuminen koordinaatistoon

Kun kaikki digitoitavat pisteet on kerätty talteen, kerrotaan digitoinnin olevan valmis polkaisemalla oikeanpuoleista jalkakytintä. Mallinnukseen tarvittavat pisteet on kerätty 3D Studio Maxiin, ja itse mallin muodostaminen voi alkaa.



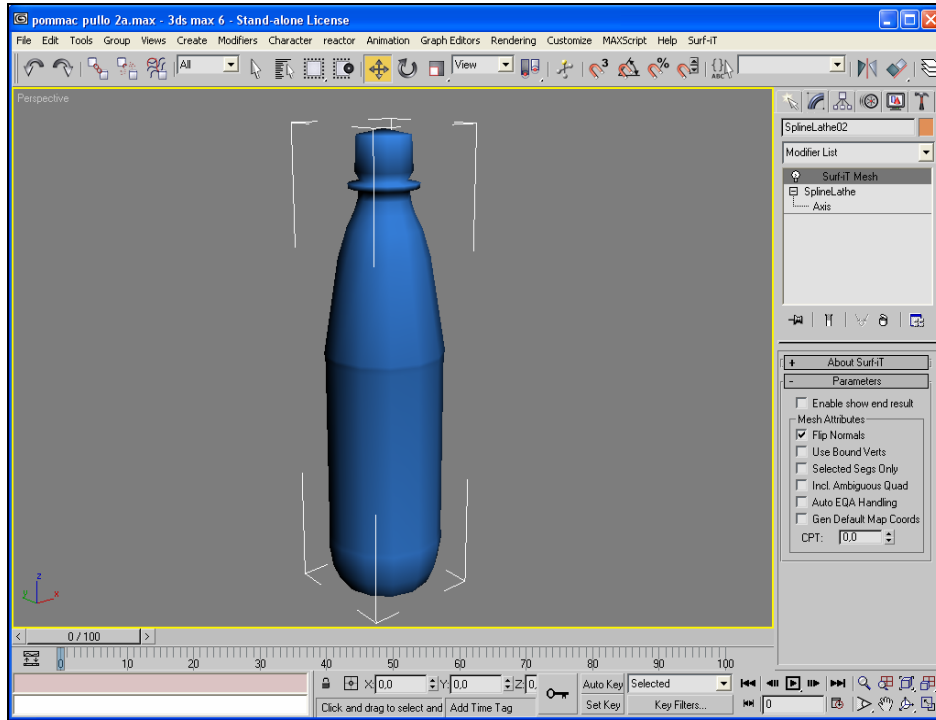
Kuva 39: Pisteistä yhdistetty pullon profiili

Mallin muodostamiseen käytetään tässä 3D Studio Maxin muokkaustyökaluja, mutta jos käytettävissä ei ole sopivaa ohjelmaa, joka sisältäisi muokkaustyökaluja, voidaan asentaa Microscriben oma muokkausohjelma. Ohjelma ei kuitenkaan sisällä niin tehokkaita muokkaustyökaluja kuin esimerkiksi 3D Studio Max. Siksi tässä käytetäänkin 3D Studio Maxia apuna mallin muokkauksessa.



Kuva 40: Pullon muodostaminen 3D Studio Maxilla

Kun Pullon profiili oli saatu muodostettua lisättiin pinta pulloon ja tehtiin pulloon pinta pyöräytystoiminnolla.



Kuva 41: Mallinnettu pullo

Tästä mallista voitaisiin jatkaa pullon muokkausta lopullista käyttötarkoitusta vastaavaksi. Digitoitaessa tästä paljon monimutkaisempia kappaleita tehtävä vaatisi itse digitoinnin osalta suurempaa suunnittelua, sillä se on koko mallinnuksen tärkein vaihe. Itse datan käsittely sen jälkeen on kiinni siitä, mihin käyttötarkoitukseen itse malli on tarkoitettu.

10 PÄÄTÄNTÄ

Tarkoituksena oli selventää yleisellä tasolla erilaiset tämänhetkiset digitointilaitteet ja niiden erilaiset käyttötarkoitukset ja mahdollisuudet. Kokonaisuudessaan tietoa laitteiden todellisista ominaisuuksista ja niiden ryhmittelyistä omiin luokkiinsa, esimerkiksi koordinaattimittakoneisiin ja laserskannereihin, oli todella vaikeaa löytää. Monissa laitteissa on niin paljon samankaltaisia ominaisuuksia että ryhmittely ei ollut helppoa. Laitteiden valmistajat myöskin keuhvat kilpaa juuri omia laitemallejaan, mutta todellisia käyttötietoja ei ole monissakaan näkyvillä. Löytyvät tiedot ovatkin eniten mainospuheita, mutta konkreettista faktoihin perustuvaa laitekohtaista tietoa ei meinaa löytyä mistään. Internet on pullollaan vain kuvia ja lyhyitä kuvauksia erilaisista laitteista, mutta syvemmän tiedon löytäminen on lähes mahdotonta. Yleisesti minut yllättikin juuri tämän aiheen vaikeus tiedon löytymisen osalta. Luotettavia lähteitä oli todella hankalaa löytää. Jos Internetistä löytyi sopivaa tietoa edes vähän, oli se vaikeaa suomennettavaa, sillä sanat olivat varsin teknisiä ja vieraita.

Casen tekeminen oli erittäin mielenkiintoista ja virkistävää verrattuna aineiston etsimiseen. En olisi uskonut kuinka tehokas ja näppärä työväline tällainen digitointilaite voi todella olla. Tämän vuoksi olikin mielenkiintoista perehtyä näihin laitteisiin juuri niiden avulla saavutettavien mahdollisuuksien vuoksi. Kun ajattelee laitteita joiden avulla voidaan digitoida kappale tietokoneelle todella lyhyessä ajassa ja tästä kappaleesta muodostuu tietokoneelle kolmiulotteinen malli- joka on tarkka kopio alkuperäisestä, tulee mietittyä, mihin kaikkeen 3D-digitointilaitteilla vielä tulevaisuudessa pystytäänkään.

LÄHTEET

Sähköiset lähteet

Aracor, Lakeside, What is Computer Tomography? [verkkodokumentti] Advanced Reears and Applications Corporation (Aracor) [viitattu 12.06.1998].

Saatavissa: <http://www.aracor.com/fags/whatisCT.html>

Institute of Process engineering [verkkodokumentti]. Dipl. –Ing. M. Behling X – ray System, Diploma: 6/01 University of Hannover, 2001 [Viitattu 04.01.2006].

Saatavissa:

<http://www.ifv.uni-hannover.de/alt/english/html/computertomography.html>

[Dipl.-Ing. M. Behling](#)

Cyber F/X, [verkkodokumentti]

The West Coast's Original & Largest 3D Laser Scanning Facility,1992 [viitattu 18.02.2006].

Saatavissa: <http://ww.cyberfx.com/about.htm>

Riipinen.L & Korhonen P. Kolmiulotteisesti mallintaen, Laserskanneri, Mitaten Finland [verkkodokumentti],1994 [viitattu 18.02.2006].

Saatavissa: <http://www.mitaten.fi/>

Thorn & Co, Tools for the creative[verkkodokumentti], 2000 [viitattu 03.03.2006].

Saatavissa: [digitising machines](#), [Roland LPX-1200 Laser Picza](#)

Gom, Applications, Rapid Prototyping and Milling [verkkodokumentti]

Car Design Model, the rivace – High-Tech Model-Making, From zero to the road in just seven months, 2002 [viitattu 06.03.2006].

Saatavissa: <http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

Gom. Applications, 3D Visualisation [verkkodokumentti].

Forensic Medicine and Forensic Squad Use 3D Digitizing System. Atos XL, On Duty [viitattu 06.03.2006].

Saatavissa: <http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

A 3D interface to the planet [online]. Maaliskuu 2006 [viitattu 14.03.2006].

Saatavissa: <http://earth.google.com/>

Magneettikuvaus. Mitä magneettikuvaus on. [verkkodokumentti].

Kuopio: Suomen terveystalo, Puijon magneetti, 2004 [viitattu 14.04.2006].

<http://www.puijonmagneetti.fi/pm2.htm>

Haastattelut:

Telivuo Pekka, Ääriäköistys Oy

Lahden ammattikorkeakoulu 16.03.2006

Julkaisemattomat lähteet:

Kiviö, H. Salmi, J. Tauren, T. & Tikka, H. 2002. Koordinaattimittauskyvyn testaus ja mittausohjeita

Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tuotantotekniikan laitos TEKES Pro- Muovi - teknologiaohjelman julkaisu No. 52

Suokas, J. 1999 Reverse Engineering –menetelmien käyttö tuotekehityksessä,

Tutkintotyö, Lahden Ammattikorkeakoulu Tekniikan Laitos

Koneosasto/ Mekatroniikka

Rintanen, M. Joakim, S. Räisänen, J. 1998, Mittaustiedosta 3D CAD-malliksi –

Reverse Engineering tuotekehityksessä, Teknillinen Korkeakoulu Konetekniikan osasto, Julkaisu Nr. C291

KUVALÄHTEET

Kuva 1: Suokas, J. 1999

Reverse Engineering-menetelmien käyttö tuotekehityksessä, Tutkintotyö,
Lahden Ammattikorkeakoulu Tekniikan Laitos
Koneosasto/ Mekatroniikka

Kuva 2: Käsivarsimittalaite

http://www.eois.com/htm/mmoire_faro.htm 06.03.2006

Kuva 3: Käsivarsimittalaite ja lasermittapää

<http://www.3dscanners.com/> 3D scanners 06.3.2006

Kuva 4: Käsivarsimittarobotti ja päässä laserskanneri

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/qual/blade2.html>

The process, Fig. 08, 06.03.2006

Kuva 5: Laserskanneri

<http://www.patrick-thorn.dial.pipex.com/digitLPX1200.htm>

Roland LPX-1200 06.01.2006

Kuva 6: 2D muotoilua

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The rivage 26.03.2006

Kuva 7: The Rivage

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage 26.03.2006

Kuva 8: Alustan skannausta

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage 26.03.2006

Kuva 9: Alustan malli

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage 26.03.2006

Kuva 10: Muotojen valmistusta savesta

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage 26.03.2006

Kuva 11: Luodun mallin skannaus

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage 26.03.2006

Kuva 12: Teipit rajaavat osien liitoskohdat

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage 26.03.2006

Kuva 13: Mallintaessa teippilinjat voidaan digitoida ilman ongelmia

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage 26.03.2006

Kuva 14: Linjoista muodostuva 1:1 malli

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage 26.03.2006

Kuva 15: Valmis The Rivage auto

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/rpm/rivage.html>

The Rivage. 26.03.2006

Kuva 16: Ihmisen tietokonetomografiakuvaus

<http://www.hus.fi/default.asp?path=1,32,660,546,570,1159,1160,4122>

Tietokonetomografia 14.2.2006

Kuva 17: Tietokonetomografian periaate

Mittaustiedosta 3D Cad malliksi-Reverse Engineering tuotekehityksessä

Marko Rintanen, Joakim Simons, Jarmo Räisänen Julkaisu Nr. C291

Teknillinen korkeakoulu 1998

Kuva 18: Teollinen skanneri

Mittaustiedosta 3D Cad malliksi-Reverse Engineering tuotekehityksessä

Marko Rintanen, Joakim Simons, Jarmo Räisänen Julkaisu Nr. C291

Teknillinen korkeakoulu 1998

Kuva 19: Tietokonetomografian periaate

Reverse engineering –menetelmien käyttö tuotekehityksessä Lahden

ammattikorkeakoulu Tekniikan Laitos Koneosasto 1999 Juha Suokas

Kuva 20: Röntgenkuva ihmisen rintakehästä

<http://www.itviikko.fi/kuvat/uutiskuvat/70491-1-r%C3%B6ntgenkuva.gif>

4.3.2006

Kuva 21: Magneettikuvaus

<http://www.puijonmagneetti.fi/pm2.htm>

14.4 2006

Kuva 22: Referenssiauton digitointi

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 23: Kolariauton digitointi

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 24: Digitoitu kuva vaurioituneesta alueesta

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 25: Datan antaman tiedon vertaus referenssikuvaan

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 26: Datan analysointia

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 27: Törmäystilanne

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 28: Uhrin kädessä hampaanjäljet

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 29: Hampaista tehty malli

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 30: Yhteensopivat jäljet

<http://www.gom.com/En/Applications/Digitizing/visual/pol.html>

28.03.2006

Kuva 31: Google Earth

<http://earth.google.com/>

28.03.2006

Kuva 32: Microscribe G2

Miroscribe manuaali/ esite

Kuva 33: Microscribe G2:n työalue

Miroscribe manuaali/ esite

Kuva 34: Home tila

Miroscribe manuaali/ esite

Kuva 35: Kohteen digitointi

Miroscribe manuaali/ esite

Kuva 36: Alkutilanne

Kuva 37: Pisteiden digitointi

Kuva 38: Pisteiden hahmottuminen koordinaatistoon

Kuva 39: Pisteistä yhdistyvä pullon profiili

Kuva 40: Pullon muodostaminen 3D Studio maxilla

Kuva 41: Mallinnettu pullo

Kuvat 36- 41: Anne Kesseli / Lahden ammattikorkeakoulu

LIIKTEET

Liite-CD, sisältö:

Opinnäytetyö (PDF-tiedosto)

Tiivistelmä (Word-asiakirja)

Englanninkielinen abstrakti (Word-asiakirja)

Sähköiset lähteet