

Számítógépes grafika

IV. rész: NURBS modellezés

Cikkünk előző részében tisztáztuk, hogy a szaknyelv mit ért modellezésen, valamint megismerkedtünk a polygon és subdivision modellezés lényegével. Ebben a számban a NURBS modellezéssel foglalkozunk, a teljesség igénye nélkül áttekintve a lehetőségeket és korlátokat. Bár ezután csak az olvasón múlik, hogy melyik modellezési módszer nyeri meg a tetszését, érdemes mindet kipróbálni és használni.

Sajnos a polygonokkal történő modellezés nem képes valódi görbéket ábrázolni. Ez különösen nyomdai vagy filmes munkánál okozhat gondot, hiszen a nagy felbontás miatt szembetűnő lehet a tárgyak kontúrjának szögletessége. Bár tény, hogy a subdivision felületekkel már nincsen ilyen probléma, de mint azt később látni fogjuk a NURBS – non-uniform rational B-spline – görbék kidolgozása bőven a subdivision elterjedése előtt történt, így az már akkor lehetőséget nyújtott a pontos, görbékkel történő modellezésre, amikor még senki nem hallott a „subdiv”-ről.

A kezdetek

A görbe vonalak és felületek formális, számítógépekkel megemészthető leírása, modellezése már jóval a számítógépes grafika térhódítása előtt szükségessé vált. Gondoljunk csak bele, milyen sok gondot okozhatott, hogy a különböző gépek, berendezések tervei csupán papíron, rajz formájában voltak tárolhatóak, és nem lehetett őket számítógéppel feldolgozni. Ez legelőször az autógyártásban okozott problémát, hiszen a kocsik karosszériájának modellezését, gyártását lényegesen megkönnyíti a számítógépek használata.

1968-ra datálják az ún. *Bezier-görbe* megszületését, melyet egy francia mérnök, Paul Etienne Bézier – élt 1999 november 25-ig – dolgozott ki a Renault cégnek. A Bézier által akkoriban létrehozott, majd továbbfejlesztett program, mely először tartalmazta ezt a görbetípust – az UNISURF – saját fájl-formátuma a mai napig standard, és megtalálható mindegyik konverter-programban. Ez a program természetesen az autók karosszériáját volt hivatott modellezni. Érdekesség, hogy szinte ugyanebben az időben egy másik francia autógyár, a Citroën mérnöke, *deCasteljau* is alapvető kutatásokat végzett a fenti görbetípussal kapcsolatban, az ő neve is ismerősen cseng azoknak, akik a Bézier-görbékkel kapcsolatos algoritmusokkal foglalkoznak. A Bézier görbeosztály, bár nem azonos a NURBS-el – némileg kezdetlegesebb, kényelmetlenebb a használata – mégis kulcsfontosságú a kialakulásában.

A CAD programokkal ellentétben a számítógépes grafika csak meglehetősen későn, csupán az utóbbi évtizedben kezdte el használni széleskörűen a NURBS görbéket. Bár pár éve mindenki ezt a technikát tartotta etalonnak – a polygon modellezéssel szemben – a subdivision felületek elterjedése óta sokan tudni vélik, hogy a jövőben csak egy-két fanatikus mérnök-beállítottságú modellező fog NURBS felületekkel dolgozni. Hogy ez így lesz-e, erősen kétkeltem, mindenesetre az biztos, hogy manapság komoly létjogosultsága van a NURBS modellezésnek.

Görbék

Hogyan is tudunk görbéket ábrázolni, létrehozni a számítógép segítségével? Mindenki tanult polinomokról és

egyéb csúnya matematikai mindenféléről, melyek egy grafikon formájában ábrázolhatóak. Egy lehetséges megközelítés lehetne, hogy ilyen egyenletekkel és formulákkal hozzuk létre a görbéket. Ez sajnos – vagy szerencsére – mérnöki és grafikai alkalmazásokban nem járható út, ugyanis csak úgy tudnánk a görbe formáját változtatni, hogy az egyenletben szereplő számokat – paramétereket – addig változtatgatjuk, amíg a kívánt rajzolatot el nem érjük. Mivel ezek a paraméterek csupán esetleges módon változtatják a görbe alakját, épeszű ember nem képes így modellezni.

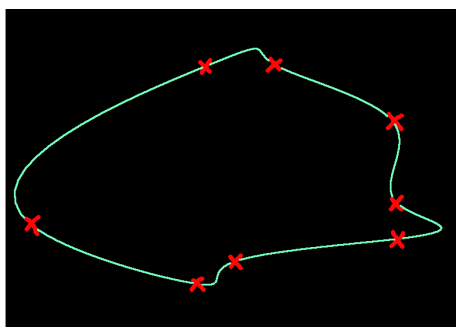
A használható görbéket már nem holmi elvont jelentésű számokkal, hanem kontrollpontokkal adjuk meg. Mivel a kontrollpontok a 3d – esetleg 2d – térben helyezkednek el, ezek tologatásával már intuitív módon is modellezhetünk. Az, hogy a pontok alapján a görbe merre kanyarog, kétféle megközelítéssel adhatjuk meg:

Interpoláció esetében a görbe áthalad a felhasználó által megadott pontokon. Ez a megközelítés jól is hangzik, de a gyakorlatban rengeteg problémát okoz. Már egyetlen kontrollpont kicsiny elmozdítása esetén is felléphetnek a görbén indokolatlannak tűnő hullámok.

Amennyiben *approximációs görbét* használunk, az nem megy át a pontokon, csupán megközelíti azt. Ez a gyakorlatban sokkal jobb kezelhetőséget biztosít, ugyanis csak ebben az esetben teljesül a lokális vezérelhetőség. Ez azt jelenti, hogy egy kontrollpont elmozdítása a görbének csak egy rövidebb, lokális szakaszát módosítja.

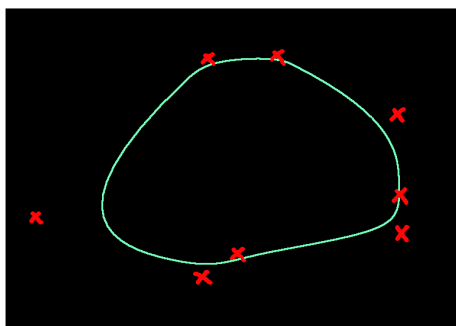
Az előbb említett interpolációs esetben ez a tulajdonság nem teljesül, így nagyon nehézé válik a modellezés.

A mai programok lehetőséget nyújtanak mindkét lehetőségre (approximáció-interpoláció), sőt ha Maya-val dolgozunk, ugyanazt a NURBS görbét módosíthatjuk a „control vertex”-ekkel (approximáció) vagy „edit point”-okkal (interpoláció). Ajánlott mindkettő próbálgatása, hiszen teljesen más-képpen viselkednek.



Interpoláció esetén a görbe indokolatlannak látszó kanyarokat tartalmaz

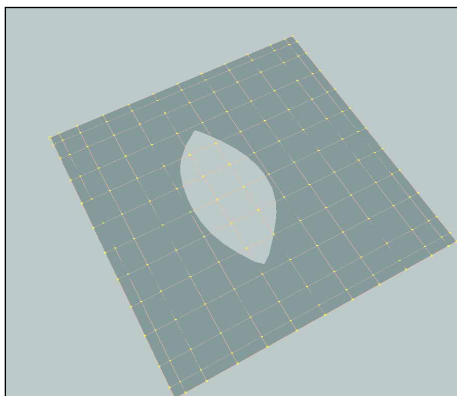
Approximáció használatakor a görbe sokkal finomabb alakot ölt.



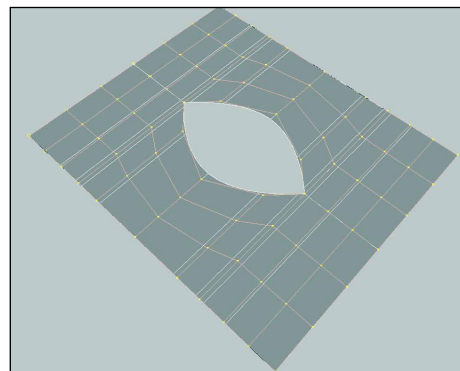
Felületek

Ha a NURBS görbét (illetve annak minden kontrollpontját) egy másik NURBS görbe mentén elmozgatjuk, akkor egy felületet kapunk. Ez a két irány adja a NURBS felületek U és V paraméterét. Ezzel el is értünk a NURBS felületekkel történő modellezés rákfénéjéhez! Ez a merev

parametrizáció ugyanis meglehetősen megköti a modellező kezét. Minden felületet úgy kell elképzelnünk, mint egy tetszőlegesen torzított négyzethálós papírlapot. Gondoljuk végig, hogy mely testeket lehet így könnyen elkészíteni? Nyilván nem okoz gondot sok egyszerű forma modellezése: forgástestek, gömbszerű formák stb. De mit tegyünk bonyolultabb testek – emberi test, arc, autókrosszéria – esetében? Nem tudunk mást csinálni, mint több NURBS felület-darabot (patch-et) összeillesztve elkészíteni a modellt. Ekkor viszont gondoskodni kell a felületek közötti törések eltüntetéséről! Sajnos, mivel ez a modellezési lépés a legnehezebb, és minden program más és más eszköztárat vonultat fel megoldására, ebben a cikkben nem tudunk a részletekbe belemenni.



A trimmelt felület parametrizációja nem változik



Ha nem akarunk trimmelni, meg kell oldani a felületek csatlakozását

Lyukak

Mint említettük, a NURBS felületek felépítése kötött, így nem engedi meg, hogy egy tetszőleges helyen lyukat hozzunk létre. Az elegáns – de nehezebb – megoldás az lenne lyukak és rések létrehozására, hogy több felületdarabot készítünk, és ezekkel „fogjuk közre” a nyílást. Mivel ez nagyon nehézkes és lassú modellezést eredményezne, lehetőség van az ún. trimmelésre. Ez a NURBS felületek „szabását” jelöli: a felületre rajzolunk egy zárt görbét és az ezen belüli – vagy kívüli – részeket eldobjuk. Ez nagyon kényelmes módja a szemgödrök, ablakok és egyéb nyílások kialakításának, de sok problémát okozhat a későbbiekben. Az egyik ilyen nehézség az, hogy a trimmelés határán nem lehet a felületeket összekapcsolni, így szinte mindig gond a szép illeszkedés kialakítása.

Modellezési eszközök

Tudjuk, hogy a NURBS milyen felépítésű lehet, milyen pontok határozzák meg, mi az a trimmelés, hogy figyelni kell a felületek csatlakozására, de hogyan modellezzünk?

Mivel a felületeket a definíció szerint is görbékől származtattuk, nincs ez másként a modellezésnél sem: görbéket kell rajzolnunk és ezekből létrehozni a felületeket. A legjellemzőbb ilyen eszközök a következők (bár a Maya által használt terminológiát használom, ezek szinte minden programban megtalálhatók):

revolve: Ez az eszköz a görbét egy forgástengely körül megforgatva készít egy forgástestet. Könnyen tudunk poharat, vázát, tólat, rakétát vagy autókereket gyártani.

loft: Kettő vagy több profil-görbét kell létrehozunk, melyek a test metszeteit reprezentálják. Ezeket a profilokat „összekötve” hozza létre a program a testet vagy felületet. Gyakorlatilag tetszőleges felületet létrehozhatunk a kalapácsfejtől a repülőgép szárnyáig.

extrude: Itt is egy profilgörbét kell megadnunk, de a program egy általunk megrajzolt útvonalon húzza végig a profilt, így gene-

ralva a felületet. Kerítések, kukacok és bélcsatornák másodpercek alatt készíthetők.

bevel: Gyakori probléma, hogy elkészítettünk egy felületet – egy asztal lapját vagy egy felirat betűit – és szeretnénk a szélét „lekerekíteni”. Ezt megoldhatnánk az extrude eszközzel – a felület széle mentén végighúzzunk egy félkört – de a kényelem kedvéért a bevel ezt egy mozdulattal megcsinálja. Egy görbét kell megadnunk csupán, és a bevel a görbe mentén létrehoz egy lekerekített élet.

planar: Talán a legegyszerűbb eszköz, mely egy síkbeli (!) zárt görbéből készít egy síklatot annak „kitöltésével”. Vigyázat! Igazából egy trimmelt felület fog létrejönni, így a határán nehéz lesz más felületet illeszteni.

bi-rail: Hasonló az extrude-hoz, itt két sint és tetszőleges számú – a sínrre illeszkedő – profil-görbét kell megadni. A program a sínek mentén húzza végig a profilokat.

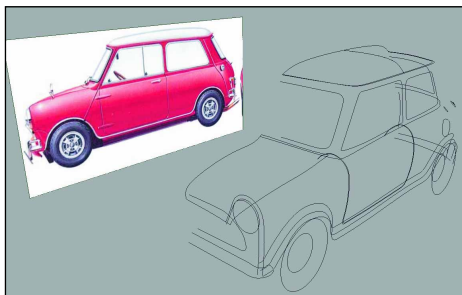
boundary/square: Ez a két eszköz is – a planar-hoz hasonlóan – zárt görbék „kitöltésére” szolgál, de mivel nem trimmelt felületet hoz létre, ezért a görbék száma 3 vagy 4 lehet. Ebben az esetben jöhet létre ugyanis érvényes topológia. Itt már természetesen nem kell a görbéknek egy síkban lenniük.

A felületeket módosító eszközök áttekintése legyen „házi feladat” (ahogy azt az egyetemi oktatók szokták mondani...).

Stratégia

A NURBS modellezés, főleg a komplex formák elkészítésének esetében, komoly előkészületeket igényel. Lehetőleg előre meg kell terveznünk, hogy a felületek topológiája milyen irányú lesz és a patch-ek hogyan csatlakoznak egymáshoz. Mivel az esetek 99%-ban görbék segítségével hozzuk létre a felületeket, ill. felület-darabokat, ezen görbék felvétele mindig az első lépés. Ha lehet, mindig használjuk referenciarajzokat és ábrákat a háttérben, hogy ezeket körberajzolva pontosan tudjuk az arányokat reprodukálni. A modell minősége szinte kizárólag attól függ, hogy a generáló görbéket hogyan sikerül felvenni. Ha ügyesek vagyunk, és ezen vonalak a kellő helyeken szépen illeszkednek egymáshoz – nincsen durva törés – akkor a generált felületek is illeszkedni fognak egymáshoz.

Referenciarajzok alapján lehet a generáló görbéket felvenni

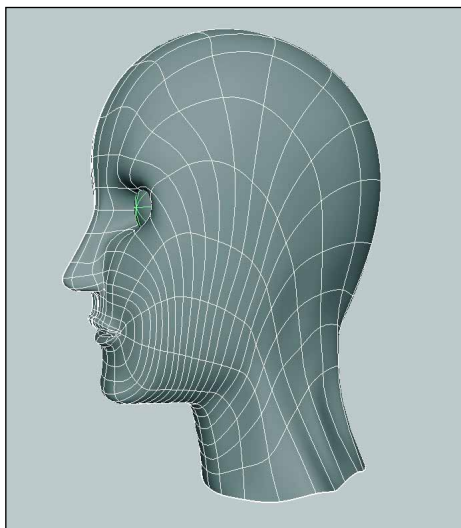


A generáló görbékől származtatott felületek

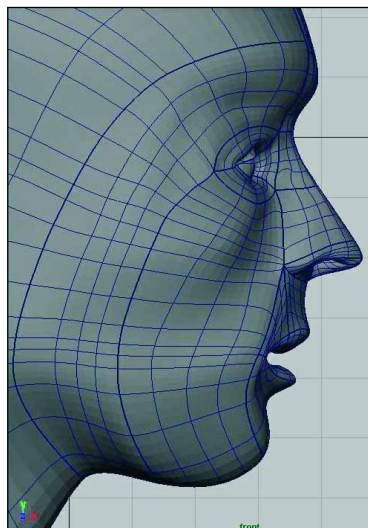


Végző render





Egy felületből kialakított fej



Kicsit több munkával patch-ekből is készíthetünk fejeket

Egy autó modellezésénél viszonylag egyszerű, hogy hol kell a vonalakat felvenni. Elég a felületet alkotó lemezek határvonalait körberajzolni, majd néhány lemezt tovább darabolni, hogy érvényes topológiát kapjunk minden helyen. Néhány nyílást – ablakok, kerek helye stb. – gyakran egyszerűbb utólag trimmelni, így egyszerűbb és kevesebb felület is elég.

Egy emberi fej modellezése már alapjaiban nehezebb feladat, manapság az organikus modellezést inkább subdivision felületekkel végzik. Ha mégis a NURBS mellett döntünk, alapvetően két topológiai lehetőségünk van:

Az egész fejet egy felületből alakítjuk ki, úgy, hogy a paramétervonalak a szájból indulnak és a tarkón végződnek. Ennek a megközelítésnek súlyos hibája, hogy ha a száj és a szem környékét szeretnénk pontosra csinálni, akkor a fej *u* és *v* irányában is végig-

futnak a nagy felbontású részek, így főlegesen bonyolítva a modellt és lassítva a megjelenítést. Némi javíthatunk a helyzeten, ha a szemgödör mentén trimmelünk egyet, és egy nagyobb részletességű felületdarabbal készítjük el a szemet.

A másik lehetőség, hogy a trimmelést elkerülve, valamint biztosítva a szem és a száj nagyobb felbontását, kisebb NURBS patch-ek illesztésével készítjük el a fejet. Ez nagyon nehézkes munkát igényel, a patch-eket generáló görbéket ügyesen kell felvenni. Szintén komoly gond a renderelés fázisában, hogy a felületek határain apró rések jelennek meg. Ez általában a tesszelláció miatt van, ebben a lépésben ugyanis a program a NURBS felületeket polygonokká alakítja. Ha a rossz beállítások, vagy az illeszkedő felületek parametizációja miatt különböző a háromszögek száma az illeszkedés két oldalán, akkor a lapocskák között elkerülhetetlen az apró rések létrejötte.

Mint az a fentiekből valószínűleg kiderült, a NURBS modellezés meglehetősen időigényes és aprólékos munka lehet. Főleg a mérnöki jellegű modellezéshez ajánlott, ahol pontosan reprodukálni akarunk bizonyos görbéket vagy felületeket. Mindenképpen figyelembe kell venni a modellezési eszköz megválasztásánál, hogy a NURBS felületeket pillanatok alatt polygonná tudjuk alakítani. Ez az átalakítás többé kevésbé egyirányú, hiszen a polygonból NURBS generálás – automatikusan – gyakorlatilag reménytelen. Ha nem vásárolunk külön erre a célra kifejlesztett eszközt, kénytelenek vagyunk kézzel – a polygon felületet követve – létrehozni a generáló görbéket. Modellezzünk hát NURBS-zel, veszítsenivalónk – a türelmünkön kívül – úgyszincs!

Vass Gergely
Magyar Filmlaboratórium
gergely_vass@siggraph.org

ÁRZUHANÁS A PROFI VILÁGBAN

Sony Betacam SP 75P – haszn.....	2 790 000 – 3 875 000 Ft-ig / db	JVC KY 320B	
Sony BVW 60/65 – haszn.....	690 000 – 1 705 000 Ft-ig / db	– Fuji A12x9 BERM optika, MK 50U puskamikrofon	210 000 Ft
Sony BVW 400AP – opt. nélkül, 800h	2 990 000 – 3 200 000 Ft-ig / db	Thomson TTV 9200 digitális mixer	5 490 000 Ft
Sony BVW 300P – 14x9/15x9 optika, 600h fej.....	1 870 000 Ft	Panasonic WJ-MX12 digitális mixer.....	240 000 Ft
Sony BVW 200P – 14x9/15x9 optika, 600h fej.....	1 360 000 Ft	Panasonic DVD L50 – színes LCD monitor, hordozható	249 000 Ft
Sony PVW 2800, 2650 edit 910, 2600		Kobold lámpa set – 3x650-800W komplett.....	224 000 Ft
– kompl. montírozó	7 999 000 Ft	Tetronix WFM 300 (waveform monitor).....	1 149 000 Ft
Sony PVM1	650 000 Ft	Casablanca Kron.....	Új: 799 000 Ft – Demo: 699 000 Ft
Sony BVP 370 – (8db), Fuji A18x8 optika, RTP3720/Triax	4 800 000 Ft	Casablanca Avio	459 000 Ft
Sony PVM3	1 200 000 Ft	DVD író Kron-hoz – DVD software-rel.....	280 000 Ft
Sony PVM 9040 ME monitor.....	208 000 Ft	Matrox kompatibilis PC Flatron monitorral	499 000 Ft
Sony VA 500 playback adapter	192 000 Ft	Matrox RT 2500 – Pro csomaggal	295 000 Ft
Sony DSR 11 – demo	650 000 Ft	ABC Products: Kamera kránok:	399 000 – 3 349 000 Ft-ig
Sony UVW 100AP	1 690 000 Ft	HandyMan-ek:.....	169 000 – 2 999 000 Ft-ig
Sony DXC D30 WSP PVM3 – 400h, normál optikával.....	3 750 000 Ft	Crane Speedy-6 Crane	
GVG 200 mixer – 24 csatornás, composit.....	1 690 000 Ft	(mag. 5,4 m, hossz 6 m, max 13 kg).....	1 390 000 Ft
JVC DV 500 – demo, 25h, 3 akku, töltő.....	1 650 000 Ft	HandyMan 2000 – használt	270 000 Ft

Új kazetták	Nettó ár	Check reportos kazetták	Nettó ár
Sony Betacam SP 30'	3 300	Sony Betacam SP 30'	1 800
Sony Digital Betacam 22'	5 200	Sony Betacam SP 90'	3 900
Sony Hi8-E5-HMEX 30'	2 650	Maxell Betacam SP 5'	700
Sony Hi8-E5-HMEX 90'	4 500	Maxell Betacam SP 10'	800
Philips Hi8-P5 60'	1 750	BASF Betacam SP 20'	900
Philips Hi8-P5 90'	2 400	BASF Betacam SP 90'	3 300
Sony DVCAM 184'	10 300	Sony Digital Betacam 124'	11 000
Sony DVM 60'	2 880	Maxell Digital Betacam 64'	6 990

Használt termékeket bizományba veszünk értékesítés céljából.

Áraink az ÁFÁ-t nem tartalmazzák

Dynarec Kft.

1118 Budapest, Serleg u. 7.

Tel/fax: 385-0958, Tel.: (30) 948-4321

Nyitvatartás: H-CS: 9.30-17.00, P: 9.30-15.00

<http://www.dynarec.hu> • e-mail: dynarec@dynarec.hu