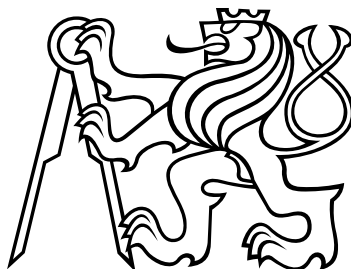


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra počítačové grafiky a interakce



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ovladatelný 3D model hlavy v Maya

Tomáš Ivanič

Vedoucí práce: Ing. MgA. Radek Smetana

Studijní program: Softwarové technologie a management, Bakalářský

Obor: Web a multimédia

2017

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra počítačové grafiky a interakce

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Tomáš Ivanič**

Studijní program: Softwarové technologie a management
Obor: Web a multimedia

Název tématu: **Ovladatelný 3D model hlavy v Maya**

Pokyny pro vypracování:

V programu Autodesk Maya vytvořte polygonální model hlavy tak, aby bylo možné pracovat s mimikou obličeje. Dále vytvořte soubor ovladačů, které budou sloužit k ovládání mimiky modelu. Pomocí ovladačů bude možné animovat řeč a vyjádřit základní pocity (specifikované vedoucím práce). Výsledek práce prezentujte krátkou ruční animací, která předvede škálu dostupných výrazů a jejich kombinovatelnost. V rámci teoretické části práce shrňte zásady a doporučení pro geometrii a topologii obličejové části modelu.

Seznam odborné literatury:

The Art of Moving Points, Brian Tindall, Hippydrome Publishing (2013)

Art of Rigging Volume I, Kiaran Ritchie, Jake Callery, Karim Biri, CG Toolkit (2006)

Mistrovství 3D animace, Isaac Kerlow, Computer Press (2011)

Vedoucí: MgA. Radek Smetana

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2017/2018

prof. Ing. Jiří Žára, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 29. 2. 2016

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat zejména vedoucímu této práce, panu Ing. MgA. Radku Smetanovi, za jeho hodnotné rady, doporučené materiály a okamžité reakce, opravdu si toho vážím. V neposlední řadě i za trpělivost, a to nejen jemu, ale také i mé rodině, která mě dostatečně motivovala po celou dobu tvorby této práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonu (autorský zákon).

V Praze dne 6. 1. 2017

.....

ABSTRAKT

Hlavním cílem této práce bylo vytvoření plně ovladatelného 3D modelu hlavy, který je určený pro animovanou produkci. Tvorba takového modelu je velmi zdlouhavý proces, při němž je potřeba se řídit zásadními pravidly. Objekt lze ovládat pomocí rozhraní, které ovlivňuje jednotlivé části sítě. Jejich funkčnost byla otestována v závěrečné animaci. Na základě výsledků je možno usuzovat, že model splňuje požadované vlastnosti. Kompletní práce může posloužit jako doporučený postup pro vytváření jakýchkoli objektů podobného charakteru.

ABSTRACT

The main purpose of this bachelor thesis was to create a fully controllable 3D model of a human head which is designed for an animation production. Creating such a model is a very lengthy process during which it is necessary to follow fundamental rules. The object can be controlled using an interface that affects different parts of the mesh. Its functionality was tested in the final animation. Based on the results it can be inferred that the model meets the required properties. The whole work can serve as a recommended process for creating any objects of a similar nature.

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Použité technologie a techniky.....	3
2.1. Autodesk Maya 2015.....	3
2.2. Základní techniky a nástroje.....	3
2.2.1. Create polygon tool	3
2.2.2. Extrude	4
2.2.3. Bridge tool.....	4
2.2.4. Slide edge tool.....	4
2.2.5. Sculpt geometry tool – smooth.....	5
2.2.6. Normals – soften edges	5
3. Navrhování modelu	7
3.1. Princip třech křivek	7
3.2. Hrany sítě	8
3.3. Smyčky hran a jejich změny směru.....	9
3.4. N-gon.....	9
4. Obličejové zóny.....	11
4.1. Zóna očních víček	11
4.1.1. Maska	11
4.1.2. Modelování očních víček	12
4.1.3. Zóny očních víček	13
4.2. Zóna obočí.....	13
4.2.1. Modelování obočí.....	13
4.2.2. Zóny obočí.....	14
4.3. Zóna líček a tváří.....	15
4.3.1. Modelování líček a tváří.....	15
4.3.2. Lícní zóny.....	16
4.4. Zóna nosu	17
4.4.1. Modelování nosu	17
4.4.2. Zóny nosu.....	18
4.5. Zóna rtů	18

4.5.1.	Modelování úst	18
4.5.2.	Zóny rtů	19
4.5.3.	Koutky úst	20
4.6.	Čelistní zóna	20
4.6.1.	Modelování čelisti	20
4.6.2.	Čelistní zóny	21
4.7.	Dokončování modelu	22
4.7.1.	Externí objekty	23
4.7.2.	Příprava modelu	23
5.	Rigging – oživení modelu	25
5.1.	Úvod do nastavení a animace obličeje	25
5.2.	Prvky zdařilého obličejového rigu.....	25
5.3.	Definice tvarové množiny	26
5.3.1.	Interpretování akčních jednotek	26
5.3.2.	Sekundární akce	27
6.	Teorie Blendshapes	29
6.1.	Sčítání ve funkcích blendshapes.....	29
6.2.	Konstrukce tvarové množiny.....	30
6.2.1.	Hromadné přesouvání bodů - Soft modification tool	30
6.2.2.	Morf targets a jejich vytváření	30
6.2.3.	Symetrie a zrcadlení	32
6.2.4.	Pořadí deformací	32
7.	Kloubní skeleton.....	33
7.1.	Pravidla pro umíst'ování kloubů.....	33
7.2.	Tvorba kloubního řetězce.....	34
7.3.	Smooth skinning.....	35
7.3.1.	Nastavení Smooth bind	36
7.3.2.	Proces kreslení vah.....	36
7.4.	Corrective blendshapes.....	37
8.	Uživatelské rozhraní - ovladače	39
8.1.	Možnosti ovladačů	39

8.1.1.	Set driven key	40
8.1.2.	Constraints.....	40
8.2.	Zamezení konfliktů.....	41
8.3.	Ovladače a GUI.....	41
8.3.1.	Použití skriptů.....	42
9.	Animace	43
9.1.	Techniky používané v počítačové animaci.....	43
9.1.1.	Interpolace mezi klíčovými snímky	43
9.1.2.	Dopředná kinematika	44
9.1.3.	Inverzní kinematika	44
9.2.	Animace obličeje.....	44
10.	Závěr.....	47
11.	Zdroje	49
A.	Příloha – Seznam použitých termínů.....	51
B.	Příloha – Použité skripty a jejich seznam.....	53
1)	skript pro vytváření symetrických tvarů.....	53
2)	skript pro práci s křivkami.....	53
3)	skript pro generování GUI.....	53

1. ÚVOD

V dnešní době se počítače stávají více než kdykoliv předtím součástí našeho života, zejména jeho tvořivé, produkční a profesionální části. Většina zaměstnání z oborů vizuálních profesí a řemesel vyžaduje určitou počítačovou zručnost. Výjimkou není ani animovaná produkce, která se neustále vyvíjí. Animátoři už se delší dobu nemusejí spoléhat při tvorbě sekvencí kreseb pouze na prosvětlovací stoly, tužky a papíry. Většina obrázků je dnes vytvářena a produkována pomocí počítačových programů specializujících se na různé animační techniky. Motivací pro tuto práci byl můj zájem o samotnou grafickou tvorbu, které se věnuji již delší dobu i v běžném životě.

Cílem této bakalářské práce je vytvořit plně ovladatelný 3D model hlavy využitelný pro animaci. Lidská tvář je mezi animátory považována za jednu z nejtěžších oblastí vůbec. Tvorba takového modelu je velmi zdlouhavý proces, kde je potřeba dbát na detaily. Ať už se jedná o pravidla, kterými se musí řídit geometrie modelu, či vrásky na obličejích, s nimiž je nutné počítat v případě úsměvu na tváři. Právě těmito zásadami se v mé práci budu zabývat. Při animaci obličeje si totiž každý tvůrce musí být vědom toho, že jakýkoli divák je částečným obličejovým expertem, jelikož od svého narození přišel do styku s obrovským množstvím tváří. Tato práce může posloužit jako doporučený a důkladně popsany postup pro tvorbu jakýchkoli objektů smýšlených pro následnou animaci.

2. POUŽITÉ TECHNOLOGIE A TECHNIKY

Základním použitým softwarem, na kterém stojí celá práce, je Autodesk Maya 2015. Aby bylo vůbec možné vytvořit samotný model v co nejlepší kvalitě a v přijatelném časovém rozmezí, je nutné znát některé užitečné techniky, které se v současných modelovacích softwarech nacházejí. A jelikož se o nich budu zmiňovat i dále ve své práci, uvedu o nich několik základních informací.

2.1. AUTODESK MAYA 2015

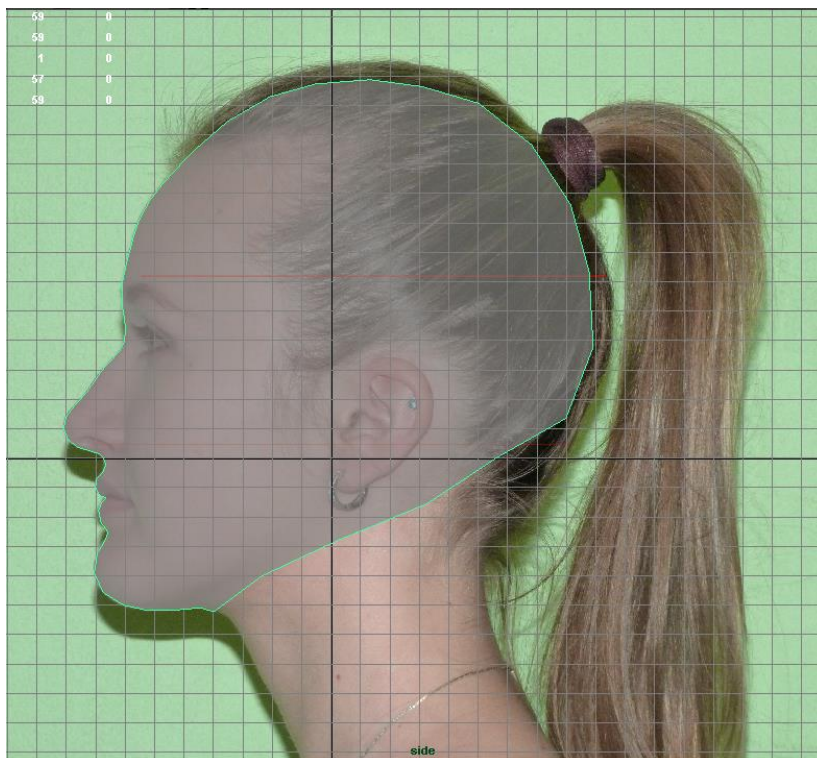
Autodesk Maya (zkráceně Maya), je profesionální program pro tvorbu 3D grafiky, originálně vyvíjený společností Alias Systems a momentálně vlastněný a vyvíjený společností Autodesk. Nejčastěji bývá používán ve filmu a televizním průmyslu pro vytváření 3D efektů, využívá se však i k tvorbě počítačových her. [5]

2.2. ZÁKLADNÍ TECHNIKY A NÁSTROJE

Následující modelovací techniky a nástroje jsem využil nesčetněkrát. Pro modelování je nutné je znát, jelikož pomáhají dosáhnout nejenom kvalitnějších výsledků, ale také šetří modelářům spoustu důležitého času.

2.2.1. CREATE POLYGON TOOL

Umožňuje vytvářet jednotlivé polygony umístěním vrcholů do naší scény. Pro tento nástroj existují užitečná nastavení, jako je počet divizí pro právě vytvářenou hranu mezi dvěma vrcholy, či limit počtu bodů pro právě vytvářený polygon. Tento nástroj jsem použil hned v úvodu projektu, kdy jsem si vytvořil základní obrys obličejů z profilu. Tento polygon sloužil jako základní tvar modelu, z kterého jsem vycházel.



Obrázek 1: Základní obrys obličeje (zdroj: Vlastní)

2.2.2. EXTRUDE

Tato technika je vůbec nejdůležitější ze všech. Dává nám možnost přidávat plochy, hrany a vrcholy polygonu k již existující síti. Konkrétně při extrudování plochy získáme novou plochu, která bude propojena hranami s původně vybranou plochou. Nejčastěji se nastavuje počet divizí a vyvážení vzhledem ke sklonu původního polygonu.

2.2.3. BRIDGE TOOL

Sestavuje jakousi přemostňující polygonální síť mezi vybranými párovými krajními hranami existující polygonální sítě. Nově vytvořená síť je spojena s tou původní a krajní hrany jsou sloučeny. Dále můžeme nastavit lineární nebo hladký typ přemostění, počet divizí či zkroucení.

2.2.4. SLIDE EDGE TOOL

Slouží k přesouvání vybraných hran či hranových smyček po polygonální síti. Můžeme nastavit, zda se hrany budou přesouvat relativně nebo absolutně. K tvorbě modelu bylo používáno zejména relativní přemísťování, které zachovává zakřivení okolní sítě, čímž předchází jejímu možnému rozbití. [4] Tento nástroj je velmi užitečný v situacích, kdy potřebujeme zahustit či změnit naši jinak dokonalou síť, bez větší změny tvaru modelu.

2.2.5. SCULPT GEOMETRY TOOL – SMOOTH

Obsáhlý nástroj, který jsem použil zejména pro vyhlazování. Vyhlazování pomocí tohoto nástroje je velmi prosté, nicméně je zapotřebí, aby síť, kterou chceme vyhladit, byla poměrně hustá (měla dostatečný počet ploch). Nejdříve nastavujeme šířku a sílu vyhlazovacího štětce a poté už jen vyhlazujeme síť. Sculpt geometry tool jsem použil po dokončení modelování každé z obličejových zón, abych síť co nejvíce zdokonalil a sjednotil.

2.2.6. NORMALS – SOFTEN EDGES

Jednoduchá pomůcka, která změní směr hranových normál vybrané polygonální sítě ve scéně takovým způsobem, aby se hrany jevíly jako hladké. V modelu bylo nutné toto použít téměř po každém slučováním vrcholů/hran s nově vytvořenými.

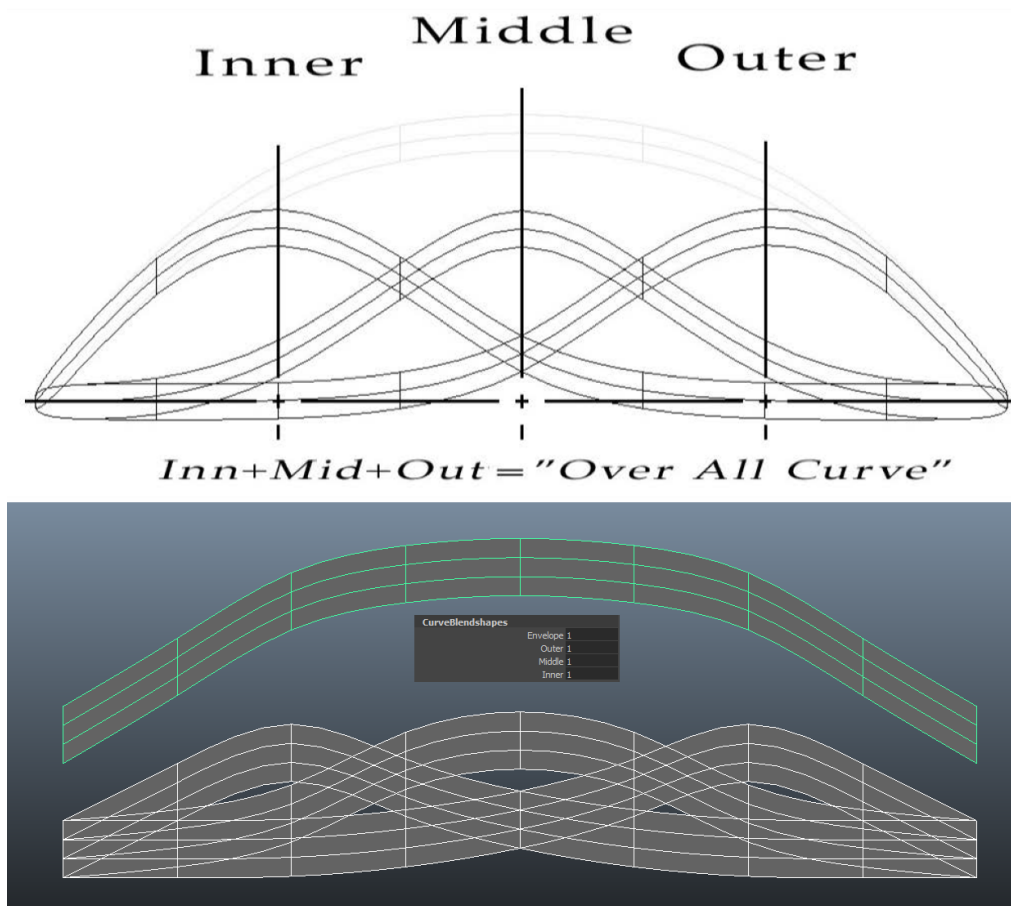
3. NAVRHOVÁNÍ MODELU

Hned při navrhování modelu je nutné si uvědomit, že pro náš model budou vytvářeny ovladače a následně bude artikulován (animován). Proto je důležité se držet některých zásad a principů, které se při modelování pro artikulaci používají. Všechny vrcholy a hrany musejí mít logický důvod pro existenci. Musíme si být vědomi, kde se body nacházejí a proč se zde nacházejí. Body totiž mohou sloužit nejenom k udržení tvaru modelu, k jehož porušení nesmí dojít ani během pohybu. Někdy nám také pomáhají k zajištění požadované hustoty sítě, či naopak k její redukci v oblastech, které se nebudou animovat, či není potřeba, aby byly zpracované příliš detailně. Sít' se totiž musí řídit balančními zákony, a proto si musíme pozice všech vrcholů dobře uvědomovat.

3.1. PRINCIP TŘECH KŘIVEK

V rámci obličejových zón, které se budou artikulovat, jsem použil **princip třech křivek**. Tato artikulační teorie nestaví na obličejových svalech, ale na jeho význačných bodech. Princip třech křivek je založen na tom, že k vytváření požadovaného tvaru či emoce je zapotřebí spolupráce těchto křivek, které v součtu tvoří jednu **hlavní křivku**. Tyto křivky se nazývají Inner, Middle a Outer. Každá z nich prochází význačnými body dané obličejové zóny. U každé křivky je zapotřebí nejméně třech bodů k jejímu vytvoření. Čím více bodů máme, tím větší máme kontrolu nad celou křivkou. Potřebné množství bodů záleží na tvaru, který chceme, aby naše křivky vytvořily, když je spojíme dohromady v hlavní křivku. [1]

Pod křivkami si v rámci modelu lze jednoduše představit **smýčky hran**. Těmito hranami následně pohybujeme, abychom získali tvar, který později slouží k definici pohybu sítě. Při součtu několika takových spolu souvisejících tvarů dosáhneme finální požadované podoby modelu. Podobně je tomu i u výše uvedeného principu v případě třech křivek. Každá artikulační zóna má pak různé množství hran nutné k udržení tvaru a jeho zachování během pohybu.



Obrázek 2: Princip třech křivek (zdroj: [1])

3.2. HRANY SÍTĚ

Stejně jako u vrcholů, tak i u každé hrany platí, že musí mít smysl, proč a kde se nachází. K dosažení křivkového principu je zapotřebí **třech typů hran** [1]:

- **Centrální hrany** (angl. *center spans*)
- **Udržovací hrany** (angl. *holding spans*)
- **Podpůrné hrany** (angl. *supporting spans*)

Pro každou křivku je centrální hrana jejím vrcholem a udržovací hrany pomáhají zachovat křivku pohromadě. Podpůrné hrany reprezentují objemovou část artikulace a většinou jsou kolmé na hrany centrální a udržovací. Ty si mohou občas prohodit role, podle toho, v jaké zóně se zrovna nachází. V rámci sítě se mohou podpůrnými hranami stát dokonce i středové hrany jiné obličejové zóny. Jednotlivé hrany v rámci modelu ohraničují části sítě, jejichž pozici je nutné měnit, pokud je daná část modelu určena pro artikulaci.

3.3. SMYČKY HRAN A JEJICH ZMĚNY SMĚRU

Smyčka hran je série propojených hran, které tvoří unikátní symetrickou cestu. Dvě sousedící rovnoběžné smyčky hran tvoří smyčku ploch. Smyčky hran nám pomáhají definovat jednotlivé zóny a mohou také fungovat jako podpůrné hrany pro centrální hrany zón. [1] Když se pět hran sbíhá do jednoho bodu, mluvíme o tzv. **pětibodové pólové změně směru** (neboli bodovém pólu). Jedná se o změnu směru smyček, kdy nám jedna smyčka přejde do několika jiných (nejčastěji dvou). Těchto pólových změn je v mé síti poměrně hodně, jelikož jsou klíčové nejen pro redukci počtu polygonů, ale také k zachování konzistence sítě modelu. Pólové změny směru můžeme nejčastěji vidět v oblasti očních víček a úst.



Obrázek 3: Pětibodová pólová změna směru (zdroj: Vlastní)

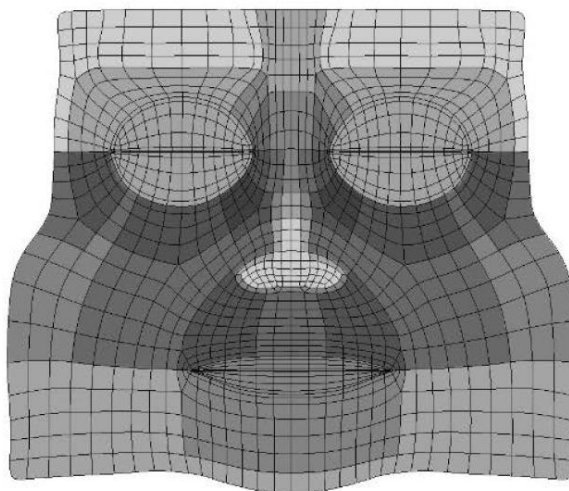
3.4. N-GON

Polygon je definovaný n počtem vertexů, za n -gon považujeme každý polygon s více jak čtyřmi body. Pro použití n -gonů je nejlepší místo někde v záhybu k ukončení smyčky, či v místě, kde neprobíhá artikulace. Pomocí n -gonů zmenšujeme počet polygonů v síti. Konkrétně na mém modelu mám pouze dva n -gony v horní části čela.

4. OBLIČEJOVÉ ZÓNY

V rámci artikulace obličeje je naším cílem omezit pohyb ovládacích prvků uvnitř jedné zóny, protože chceme, aby finální pózy či emoce charakteru vznikaly spoluprací více ovladačů napříč jednotlivými zónami. Tím, že rozdělíme obličej do zón, získáme možnost vytvořit ovladače, které mohou zahrnovat velké množství kombinací jedné zóny s jakoukoli jinou. Tímto způsobem lze vytvořit více reprezentací každé emoce. Celý obličej lze rozdělit do 7 obličejových zón, rozdělení jsem si upravil podle vlastního uvážení na **6 obličejových zón** [1]:

- Zóna očních víček
- Zóna obočí
- Zóna lícních kostí a tváří
- Zóna nosu
- Zóna rtů
- Čelistní zóna



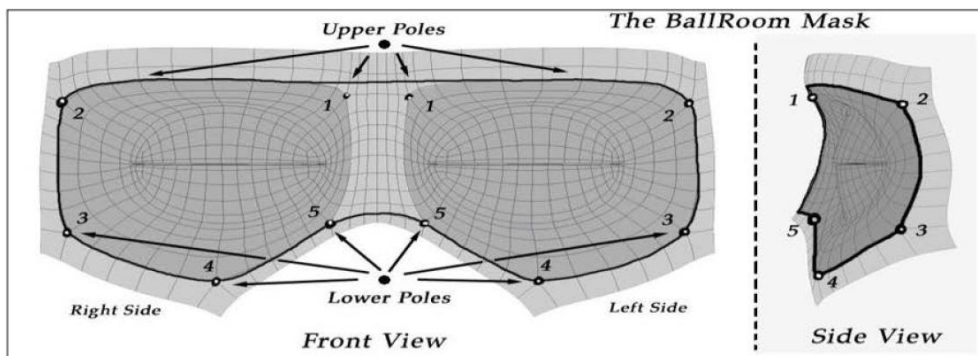
Obrázek 4: Zóny obličeje (zdroj: [1])

4.1. ZÓNA OČNÍCH VÍČEK

Oční víčka jsou centrálním bodem obličeje. Všechny sousedící zóny se balancují právě podle zóny očních víček. V obličejové artikulaci charakteru jsou oči považovány za most, který umožňuje vzájemnou komunikaci mezi horním a spodním obličejem. Jelikož je tato zóna nejdůležitější, samotné modelování jsem začal právě zde.

4.1.1. MASKA

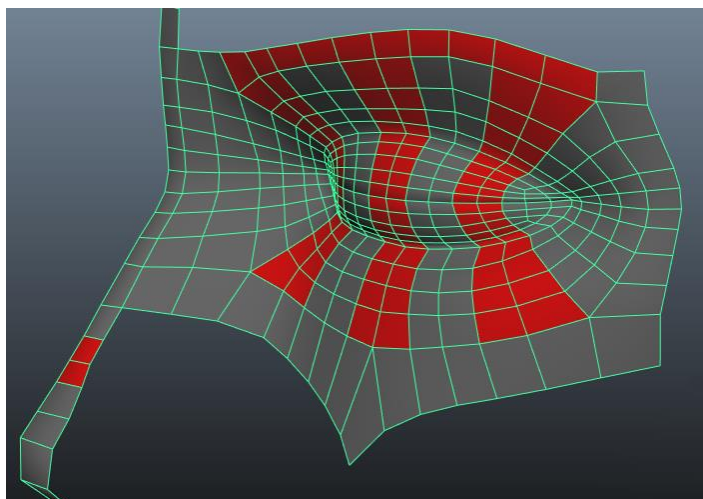
Tato zóna je vymezena oblastí známou jako Ball-Room Mask. Maska má smyčkovou hranovou linii, která symetricky pro obě strany tváře vede od spodní části obočí přes spánky a střed lícní zóny až k nosnímu můstku. Oblast masky pomáhá zajistit pohyb očí a očních víček jejich kotvením k pólům, které definují tuto oblast. Maska prochází 10 bodovými póly (5 pro každé oko). K vymezení spodku masky a středu lícních ovladačů slouží 6 spodních pólů, 4 vnitřní póly tvoří most nosu a 4 vnější póly pomáhají vymezit líčka a spánky. [1]



Obrázek 5: Maska zóny očních víček (zdroj: [1])

4.1.2. MODELOVÁNÍ OČNÍCH VÍČEK

Artikulace očního víčka je založená na principu třech křivek, a proto je nutné tento princip hned při modelování dodržovat. Abychom mohli kvalitně artikulovat oblast očí, je potřeba dodržovat **pravidlo minimálně 13 hran**, protože každá křivka použije právě jednu centrální hranu. Ke každé centrální hraně pak existují dvě udržovací hrany, každá udržovací hrana je obklopena podpůrnými hranami. Dále je nutné přidat dvě rohové hrany, čímž dohromady získáme 15 hran. [1] Stále je nutné si uvědomovat, že k ovládnutí vrcholu dané křivky jsou zapotřebí tři hrany. Více hran znamená více kontroly. Jedním z užitečných triků při vytváření očních víček je mít středovou hranu každé křivky použitou také jako středovou hranu křivek obočí a líček.

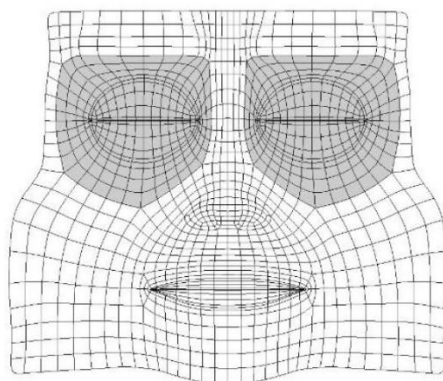


Obrázek 6: Vymodelovaná zóna očních víček (zdroj: Vlastní)

Jelikož jsem oční víčka modeloval hned po vytvoření základního obrysu obličeje z profilu, vycházel jsem téměř od nuly. Nejprve jsem pomocí extrudování získal část nosu, až jsem se dostal k vnitřním pólům. Dále jsem extrudováním jedné hrany vytvořil vnější smyčku plošek a z této smyčky jsem směrem dovnitř postupně získal zbylé smyčky. Samotné oční víčko jsem získal kombinací extrudování, Bridge tool a vyhlazování, které hrálo důležitou roli.

4.1.3. ZÓNY OČNÍCH VÍČEK

Zóny očních víček se rozdělují na pravou a levou stranu, kdy každá strana je dále rozčleněna na horní a spodní oblast. Horní část přechází ze zóny obočí k okraji horního víčka. Spodní část přechází z okraje spodního víčka přibližně do středové osy líček. Při modelování očních víček je nutné se snažit navrhnout rozvržení sítě tak, abychom měli pět bodových pólových změn. Středová linie procházející šesti spodními pětibodovými póly tvoří totiž přechodovou linii mezi horními a spodními obličejovými zónami.



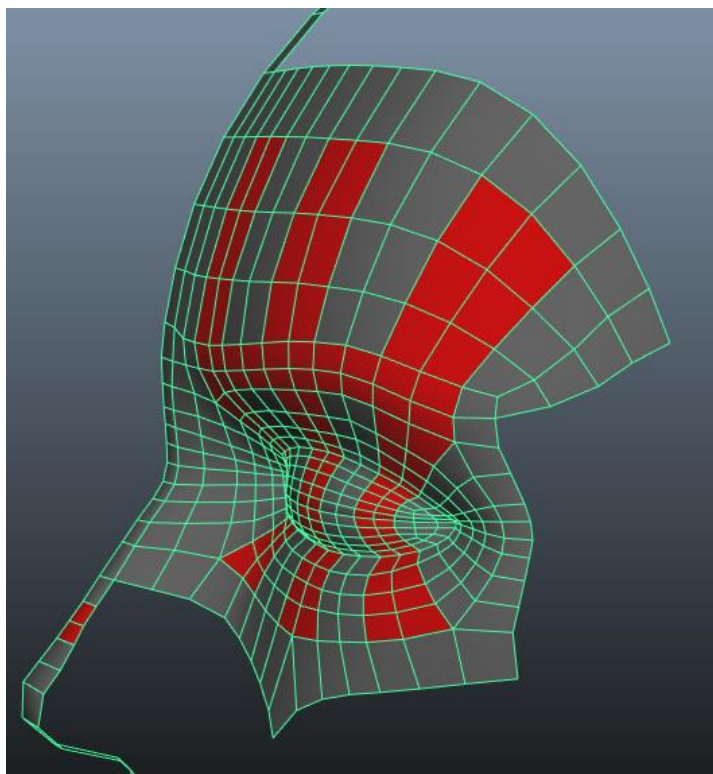
Obrázek 7: Zóna očních víček (zdroj: [1])

4.2. ZÓNA OBOČÍ

Zóna obočí, často zaměňována za oblast čela je principiálně podobná zóně očních víček. Pohyb této zóny se děje na relativně malé oblasti, tudíž směrem do čela ubývá počet polygonů. Nejdůležitější částí je níže vyznačená oblast, která značí hlavní křivku obočí. Ta zajišťuje z velké části veškerý pohyb obočí.

4.2.1. MODELOVÁNÍ OBOČÍ

Při modelování obočí je užitečné **přenést centrální hrany** Inner, Middle a Outer křivek ze zóny očních víček vzhůru do čela. Tato metoda nám okamžitě zaručí vytvoření kompletního principu třech křivek, který je pro zónu obočí stejně důležitý. Sestavení centrálních hran je možné pozměnit v závislosti na vzhledu postavy, děje se to zejména u postav, které mají veliké obočí. Přechodová část mezi levou a pravou Inner křivkou obočí potřebuje několik hran navíc, které pomáhají udržet objem, když se obočí pohne dolů a vytvoří záhyb k zformování vertikální vrásky na čele. Pokud chceme být kreativní a přesní, tak pro horizontální vrásky na čele je nutné přidat několik hran. Pro vytvoření vrásky je totiž potřeba nejméně třech hran, pro užší vrásky ještě více. Obočí by mělo být v zásadě co nejvíce ploché v neutrální pozici.

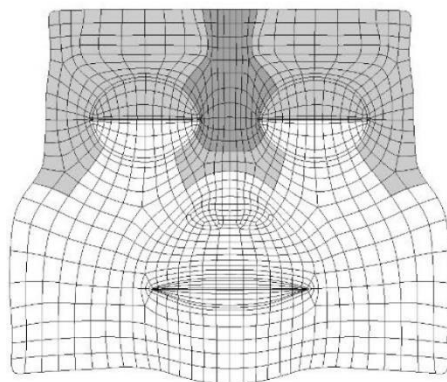


Obrázek 8: Vymodelované obočí a čela (zdroj: Vlastní)

Po modelování očních víček přišla řada na obočí a čelo. Postupoval jsem přesně takovým způsobem, jaký je zmíněný výše. Pomocí extrudování jsem vytahoval potřebný počet hran, abych získal požadovaný tvar. Jelikož je detailní část obočí poměrně malá, tato část šla vytvořit snadno, bylo však potřeba mít stále na vědomí sklon hlavy, a tudíž i zakřivení smyček hran, které hrálo významnou roli na čele vedoucí k vrcholu hlavy. Čelo jsem musel velmi často balancovat ručním přesouváním bodů, pomocí Slide edge tool, či finálním vyhlazováním, jelikož jsem až postupem času dodělával oblast spánku, boční a horní část hlavy.

4.2.2. ZÓNY OBOČÍ

Zóny levého a pravého obočí jsou rozděleny do třech zón (Inner, Middle, Outer) stejně jako každá část zóny očních víček. Jedna strana obočí končí na krajní udržovací hraně Inner křivky druhé strany. Outer zóny mohou přesahovat až do oblastí uší. Pro artikulaci je následně největší výzvou část, kde se překrývá levá a pravá Inner zóna. Chceme, aby se každá strana artikulovala pomocí svých ovladačů, a také je potřebná jejich vzájemná spolupráce. [1]



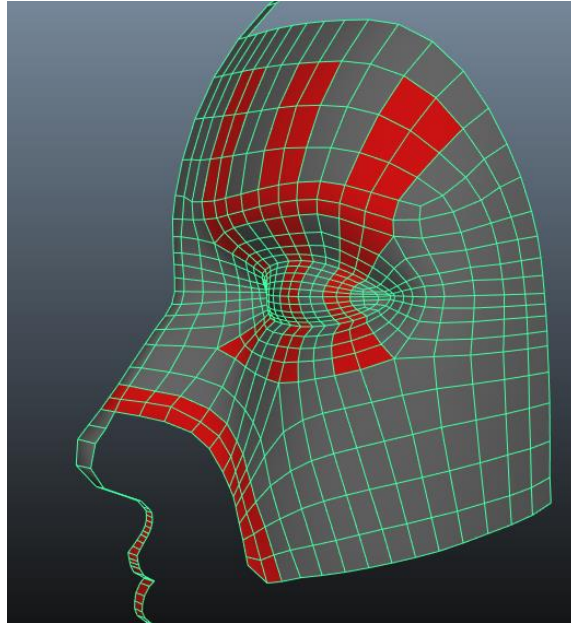
Obrázek 9: Zóna obočí (zdroj: [1])

4.3. ZÓNA LÍČEK A TVÁŘÍ

Z pohledu zásad a pravidel je tato zóna velmi podobná dvěma předchozím zónám. Jedná se však o velmi rozsáhlou oblast, do které přesahují všechny ostatní obličejové zóny. Proto je jakýmsi balančním mezníkem obličeje, který dokončuje přechod z horní části obličeje do spodní. Zóna líček také staví na principu třech křivek a je rozdělena na pravou a levou stranu již tradičně s třemi křivkami, které navazují na zónu očních víček. Ovladače líček mají pracovat jak v negativním, tak i v pozitivním směru a bývají namakrovány do mnoha spodních obličejových ovladačů. Navíc kontrolují tlak pod okem, a proto je nutné, aby horní část líček byla velmi dobře vybalancovaná se spodní částí očních víček. [1]

4.3.1. MODELOVÁNÍ LÍČEK A TVÁŘÍ

Jelikož je již vytvořená maska očních víček, máme k dispozici všechny pětibodové póly. Spojení třech spodních bodových pólů tvoří **středovou linii**, která je později využívána pro pozitivní a negativní směr lícních ovladačů. Tato středová linie poskytuje dobrou kompresní a roztažnou zónu, která polygonům umožňuje hýbat se ve všech směrech bez závažných odklonů. U líček je potřeba, abychom byli schopni později vyvinout tlak pod očima, uvolnit čelist či koutky úst, k tomu nám pomohou zmíněné bodové póly. Velmi kritickým pro tuto zónu je prostřední pětibodový pól. Polygony se zde mohou silně odklánět a dosahovat velkých rozměrů vzhledem k okolním polygonům, proto je potřeba tento pól několikrát přemísťovat a udržet ho konzistentním vzhledem k okolí.

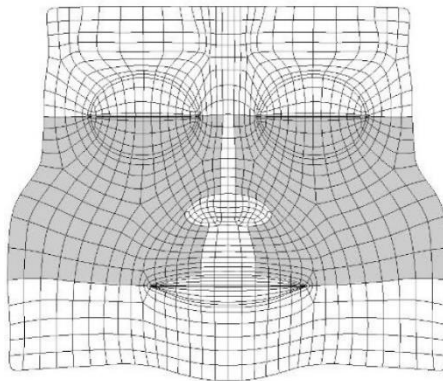


Obrázek 10: Vymodelovaná zóna líček (zdroj: Vlastní)

Modelování líček a tváří je složitější kvůli určení sklonů jednotlivých smyček hran. Po extrudování potřebných částí jsem nejdříve řešil prohnutí tváře směrem dolů, k tomu jsem použil opět oblíbený Sculpt geometry tool, který mi z větší části zajistil požadovaný tvar, nicméně špatně pracuje pro krajní hrany a okolí, které bylo nutné přemístit ručně. Tento proces jsem musel částečně opakovat při modelování nosu a úst, jelikož obličej postavy je celkově velmi protáhlý a sklon neseseděl úplně přesně.

4.3.2. LÍCNÍ ZÓNY

Lícní zóny jsou opět rozdělené na pravou a levou stranu, které tvoří Inner, Middle a Outer zóna. Lícní zóna je velmi rozsáhlá, jelikož však nechceme, aby ovlivňovala ovladače Middle křivky úst, končí těsně před její zónou, zatímco se levá a pravá strana potkávají přímo ve středu nosu.



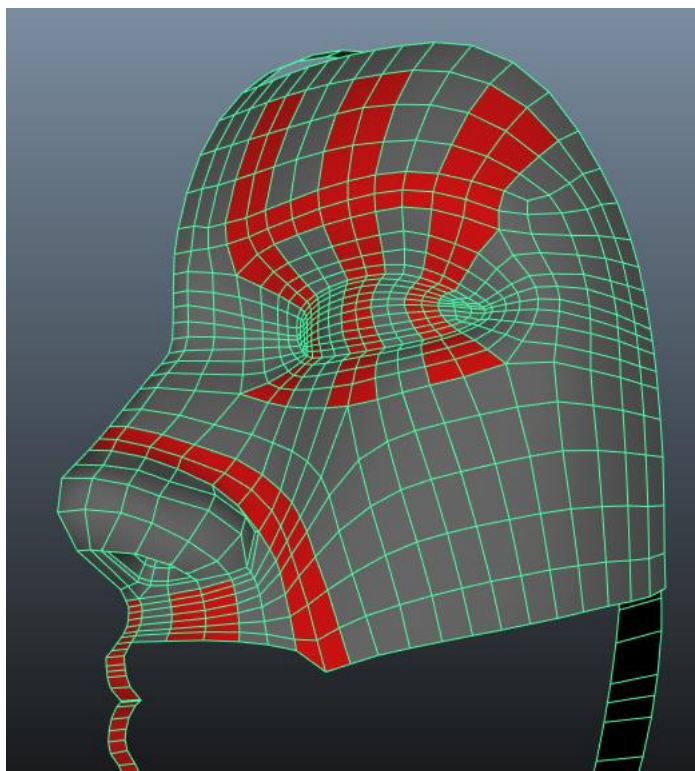
Obrázek 11: Zóna lícních kostí a tváří (zdroj: [1])

4.4. ZÓNA NOSU

Nos člověka je bránou mezi levou a pravou stranou obličejových zón. Je zahrnutý ve většině ovladačů spodní části obličeje, protože uvolňuje tvář a dává ji detailnější pohyby, kvůli kterým postava nabude skvělých hereckých výkonů. Nos obsahuje mnoho kompresních zón, pohybuje se vertikálně, horizontálně a pod úhlem. Nosní dírky jsou vůči sobě zrcadleny, nemají příliš velký vliv na artikulaci, později však poskytují dva pohyby, které skvěle doplňují artikulaci celého obličeje a mění vzhled vrásek vedoucích od nosu k puse.

4.4.1. MODELOVÁNÍ NOSU

Vnitřní pětibodové póly nám tvoří kompresní zóny kolem nosu a poskytují hrany k upevnění pohybu nosu v obličejové struktuře. [1] Jelikož se nos hodně pohybuje po obličeji, je dobré mít velký počet hran, abychom získali co nejlepší kompresní oblasti mezi zónami. Pokud bychom modelovali asymetrický nos, je potřeba několik hran navíc. Neustále se však snažme mít symetrický obličej, abychom později mohli zrcadlit ovladače jedné strany na druhou.



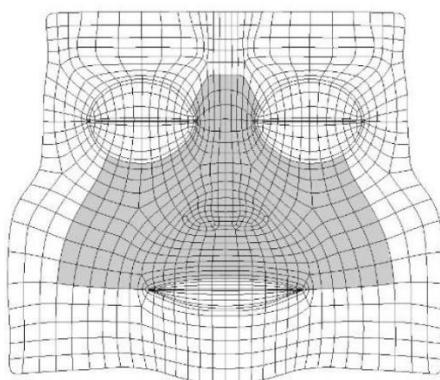
Obrázek 12: Vymodelovaná zóna nosu (zdroj: Vlastní)

Modelování nosu bylo velmi pracné, jelikož je zapotřebí brát zřetel na okolní vymodelované zóny. Kvůli tomu jsem musel u několika hranových smyček měnit sklon, abych dosáhl požadovaného tvaru. Nos se také velmi špatně představuje, když modelujeme pouze polovinu obličeje, abychom mohli

druhou stranu zrcadlit. Všechny plochy jsem získal extrudováním hran, spojováním vrcholů, či pomocí Bridge tool. Nejdříve jsem se posunul směrem dolů, poté jsem vytvořil jednu z vnějších smyček ploch kolem nosu a následně pokračoval směrem do středu a balancoval jednotlivé vrcholy.

4.4.2. ZÓNY NOSU

Nos má obličejovou zónu, která pokrývá zhruba třetinu obličeje. Je to proto, abychom byli schopni nosem pohybovat do extrémních pozic, kdykoli je potřeba. Zóna je rozvržena přes celou šířku obličeje od dolní části spodního víčka až po horní ret, dokud se nedotkne ústních koutků.



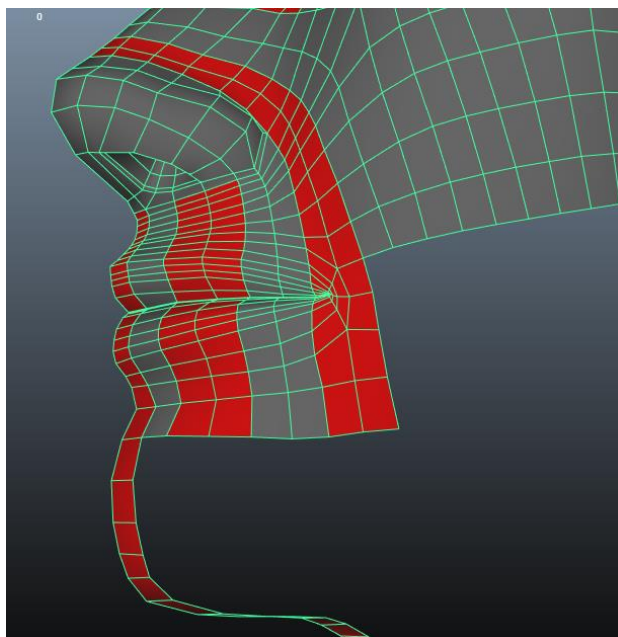
Obrázek 13: Zóna nosu (zdroj: [1])

4.5. ZÓNA RTŮ

Rty jsou založené na principu třech křivek a tvaru **připomínající míč na americký fotbal** (angl. *football shape*). Tento tvar křivky vytvoří, když se sečtou dohromady. [1] Rty jsou považovány za počáteční bod artikulace spodní části obličeje, tudíž vytvářejí řetězovou reakci s ostatními zónami. Zóna rtů je totiž silně obsažena ve všech sousedních zónách, a tak i jejich sebemenší pohyb dokáže ovlivnit výraz obličeje.

4.5.1. MODELOVÁNÍ ÚST

Pro tvorbu sítě úst jednoduchého charakteru stačí 9 nebo 13 hran. [1] Pro svůj model jsem zvolil číslo 17, které mi dovolilo vytvořit mezi hranami hezké a logické rozestupy, díky kterým vznikl naprosto dokonalý tvar úst. Kolem rtů jsou 4 pólové změny, z nichž vychází hrany, které udržují koutek. Bodové póly pomáhají hranám tvořit smyčku kolem rtů. I přes velký počet ploch by měl model úst zůstat jednoduchým, aby se s ním později dobře pracovalo. Kvůli hezky navazujícím akcím v obličeji je také potřeba, aby se hrany směrem k uším rozšiřovaly. Použití pólové směrové změny pod středem očních víček umožňuje hranám paralelně pokračovat pod nosem, což při animaci pomáhá zajistit harmonii mezi nosem a ústy.

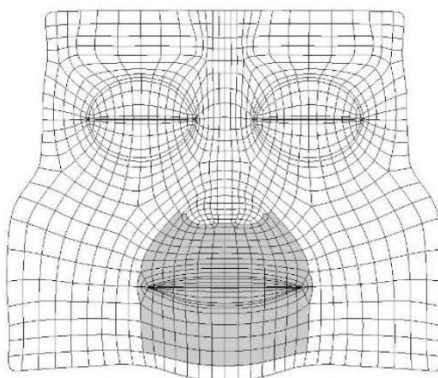


Obrázek 14: Vymodelovaná ústa (zdroj: Vlastní)

Ústa jednoznačně patřila k částem obličeje, na kterých bylo potřeba si dát velmi záležet. Hlavní bylo vybalancování zóny líček, která poskytuje hrany používající se později při modelování úst. Jakmile se to povedlo, vytvořil jsem pětibodové póly a i jimi procházející vnější smyčku úst. Poté jsem pokračoval extrudováním směrem do středu úst, než se hrany potkaly přímo ve středu, kde se nacházejí hrany dvě. Následovalo velmi pracné, ruční přesouvání bodů.

4.5.2. ZÓNY RTŮ

Zóna úst obsahuje horní a spodní část, stejně jako oční víčka. Tyto části jsou dále rozděleny na pravou, střední a levou část. Horní část zóny rtů končí na spodku nosu, a proto jakýkoli pohyb nosu bývá zaznamenán do ovladačů rtů. Druhá část končí někde v polovině spodní části brady pod obličejem. Zóna rtů navíc obsahuje také vrásky vedoucí od nosu k puse, které při artikulaci pomáhají vytvářet věrohodný tvar obličejové struktury.



Obrázek 15: Zóna rtů (zdroj: [1])

4.5.3. KOUTKY ÚST

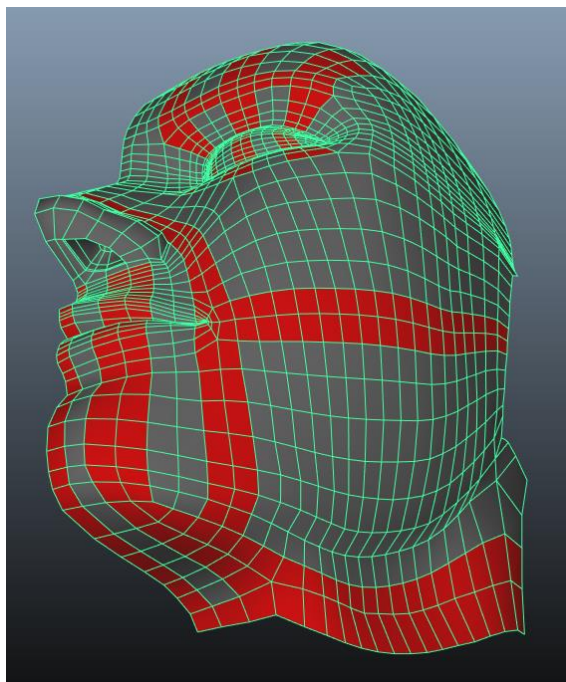
V knize [1] byly koutky úst ustanoveny jako samostatná obličejová zóna, já však tuto část obličeje považuji pouze za jakousi část samotné zóny rtů, stejně jako je tomu u očních koutků. Koutky úst nemají co do činění se svaly obličeje, pro artikulaci jsou však důležitou součástí nositelů informací po obličeji, jelikož se mohou velmi značně odchylovat od svého počátečního bodu. Stále je však potřebné mít na obličeji spoustu pevných bodů a zón odolnosti, které realita připouští.

4.6. ČELISTNÍ ZÓNA

Čelist tvoří největší obličejovou zónu, konkrétně dvě třetiny obličeje. Je považována za jednu z nejsložitějších částí obličeje k artikulaci, jelikož je potřeba ji vyrovnávat nejen vzhledem ke všem obličejovým zónám, ale také k ovladačům krku a hlavy.

4.6.1. MODELOVÁNÍ ČELISTI

Čelist se modeluje s ohledem na již vymodelované obličejové zóny. Může se tedy stát, že se bude čelist částečně odlišovat od reality, nicméně pro správnou topologii je to přípustné. Velmi důležitá je linie, která nám určuje **čelistní kost**. Vede od spodku ucha kolem tváří až k bradě. Navíc je tato linie paralelní k linii ústních koutků a krku. Při modelování čelisti, brady a krku je nutno vytvořit několik bodových pólů. Vně tváří a pod uchem jsou potřeba pětibodové póly, které vytváří paralelní linie ke krku a bradě. Na spodku brady se doporučuje vytvořit tříbodový pól, a jeden pětibodový pól, které poslouží k redukci polygonů a určení správného směru nových smyček.

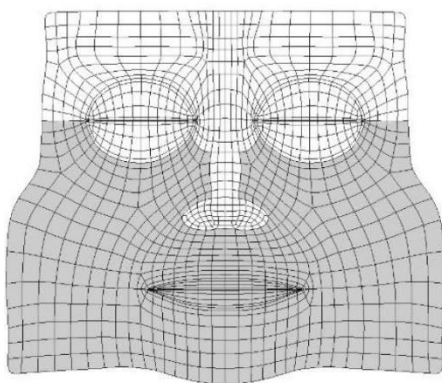


Obrázek 16: Vymodelovaná zóna čelisti (zdroj: Vlastní)

Čelist, bradu a část krku jsem modeloval těsně před závěrem modelovací části. Stačilo si správně uvědomit veškeré bodové póly, a pomocí extrudování, Slide edge tool a ručním přesouváním vrcholů jsem vytvořil celou zbývající oblast. Vytahoval jsem hrany vodorovné části obličeje k vytvoření celé brady a postupnému získávání tvaru krku. Abych se co nejvíce přiblížil tvaru lícní kosti, celou vytvořenou oblast bylo nutné důkladně vyhladit pomocí Sculpt geometry tool.

4.6.2. ČELISTNÍ ZÓNY

Čelistní zóna je největší ze všech. Je důležité, aby veškeré ovladače byly později používány jemně, protože mohou ovlivnit všechny ostatní obličejové zóny.



Obrázek 17: Čelistní zóna (zdroj: [\[1\]](#))

4.7. DOKONČOVÁNÍ MODELU

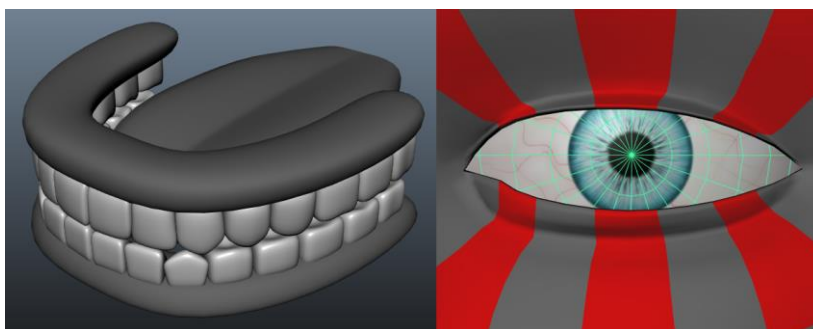
Po vyhotovení čelistní zóny zbývalo dokončit celý model. Přišlo na řadu vytvoření ucha, které jsem vymodeloval mimo hlavní objekt a následně ho k němu připojil. Bylo důležité si ohlídat počet ploch, aby seděl s místem pro ucho určené na hlavě postavy. Poté jsem vytahováním hran a postupným zahlazováním ploch dodělal celý tvar hlavy až k týlu. Velmi podobným způsobem se mi podařilo udělat i krk, který měl částečně daný tvar spodní smyčkou hran čelistní zóny, tudíž jeho vytvoření spočívalo v extrudování několika smyček. Pro správné deformace rtů a očních víček ještě chyběla ústní dutina společně s oční jamkou. Tvorba těchto dvou částí byla obdobná, proto jsem využil **izolované selekce**, která umožňuje pracovat pouze s částí geometrie, a tím se dostat i do jinak obtížných míst. Vytahováním hran jsem získal potřebný počet bodů a základní tvar, který jsem finálně upravoval různými štětci nástroje Sculpt geometry tool. V závěru jsem hlavní objekt „*Head_base*“ už jenom zrcadlil přes plochu YZ, čímž byl dokončen.



Obrázek 18: Dokončený model hlavy (zdroj: Vlastní)

4.7.1. EXTERNÍ OBJEKTY

Pro realistický vzhled lidské hlavy bylo nutno vyrobit některé objekty, které nejsou součástí „*Head_base*“. Mezi ně patří oční bulvy, zuby, dásně a jazyk. Oční bulvy jsou pouhé správně zasazené polygonální koule potažené texturou zornice. Dásně vycházejí z tvaru prstence a jazyk z tvaru kvádrů. Zuby jsou velmi detailně upravené krychle. Všechny 16 zubů jedné strany je rozdílných, ty byly následně zrcadleny přes plochu YZ, čímž jsem získal kompletní zubní aparát.



Obrázek 19: Externí objekty (zdroj: Vlastní)

4.7.2. PŘÍPRAVA MODELU

Před samotným rigováním nastává **čistící fáze**, kdy se kontroluje celistvost a neporušitelnost modelu. Nejdříve se kontroluje správná velikost, zda odpovídá celkový rozměr modelu se zamýšlenou velikostí. Model by měl být také ve správné pozici a směřovat do kladné části osy Z. Dále je nutné vymazat historii objektu, včetně vynulování transformačních hodnot, aby neobsahoval nadbytečné uzly a zároveň se pivot nacházel v přesném středu sítě. Finálně se doporučuje důkladné prohlédnutí objektu s přiřazeným lesklým materiálem, který odhalí například špatně nasměrované normály.

5. RIGGING – OŽIVENÍ MODELU

Rigging je termín používaný k popsání procesu naplnění neživého 3D modelu artikulací, která je potřebná k oklamání diváka, aby si myslel, že je model skutečně živý. Rigging tvorů je unikátní, proto zodpovědně osoby za jejich tvorbu musejí rozumět tomu, jak přesně přeměnit statickou 3D síť na pohybující se živou bytost. Hotový rig bytosti lze jednoduše považovat za rozsáhlou kolekci pečlivě organizovaných a propojených uzlů, o které se za nás částečně stará Maya. [2] Tyto uzly následně tvoří rozhraní, s kterým mohou animátoři ovlivňovat síť. V této kapitole popíšeme několik technik a tipů, jak takový věrohodný obličejový rig vytvořit.

Existují dvě základní techniky používané pro vytváření digitálních obličejových loutek, **klouby a blendshapes**. Nejlepšího výsledku se dosahuje kombinací obou způsobů. Deformace pomocí funkcí blendshapes jsou lineárně interpolovány, což vede k velmi mechanicky vypadajícím obličejům. Zatímco klouby deformují vertexy okolo centrálního pívota, čímž výsledek připomíná naturální vzhled.

5.1. ÚVOD DO NASTAVENÍ A ANIMACE OBLIČEJE

Pro vytváření správného rigu je zapotřebí určitého povědomí o samotné animaci. Animace obličejů je považována za jednu z nejdůležitějších částí animace postav a bytostí. Seběmenší výraz, oslnění či škuhnutí může vyslat propagující deformační účinek přes celý obličej až ke krku. Na obličej se totiž nachází 53 různých svalů, které mohou **smršťovat a natahovat** (*squash and stretch*) kůži na obličej. [2] Když budeme brát v úvahu například i nesčetné množství vrásek, oční bulvy, víčka, zuby a jazyk, tak je obličej vůbec nejkompexnějším systémem komunikace.

5.2. PRVKY ZDAŘILÉHO OBLIČEJOVÉHO RIGU

K vytvoření dobrého obličejového rigu (pozn. nastavení) vede spojení několika složek [2]:

a) Rozmanitost

Správné nastavení umožňuje animátorovi dosáhnout jakýchkoli možných fonémů a výrazů, zatímco ty méně rozsáhlé by měly být schopny ukázat alespoň základní výrazy a synchronizaci rtů.

b) Jednoduchost použití

Nastavení by mělo být intuitivní, logické. Pro ty komplexnější se doporučuje zařadit částečný stupeň automatizace.

c) Kvalita

Při tvorbě podob věrohodného chování je klíčová důslednost. Tvary musejí být stabilní, věrohodné a detailně zpracované.

d) Styl

Výše zmíněné vlastnosti jsou pro jakýkoli typ obličejového rigu stěžejní. Styl postavy určí přesný směr všech dříve zmíněných rozhodnutí o návrhu. Při konstrukci obličejového rigu je právě styl postavy první věc, která se musí určit. Má postava byla vytvořena ve fotorealistickém stylu, kdy je výsledná animace zamýšlená tak, aby se co nejvíce podobala fotografií.

5.3. DEFINICE TVAROVÉ MNOŽINY

Jedná se o poslední přípravnou část před samotným rigováním. **Tvarová množina** je potřebná k přesnému definování toho, co bude obličejový rig postavy schopen zobrazit. Je důležité si určit, do jakého detailu bude postava animována. Tvarová množina by totiž měla odrážet tyto specifické potřeby bez toho, aniž by zacházela zbytečně moc do detailu. Sestavování jednoduchého seznamu potřebných výrazů je první krok v definování tvarové množiny postavy.

Jakmile jsou stanoveny požadavky pro postavu, je možné přiřadit potřebné výrazy k individuálním tvarům. Je nutné si připomenout, že vytváříme obličejový systém založený na **pohybech svalů**. Při rozdělení obličeje do ovladatelných, samostatných svalových pohybů lze vycházet z ucelené kolekce možných obličejových pohybů **Paula Ekmana - FACS** (*Facial Action Coding System*). [2] Tato kolekce ukazuje, čeho možného je lidský obličej schopný. Pro naše účely potřebujeme z této knihy pouze seznam možných svalových pohybů v lidském obličejí – tzv. **Akční jednotky** (*Action Units*). Akční jednotky popisují přesný pohyb každé jednotlivé rozpoznatelné skupiny svalů v lidském obličejí. Ty lze následně použít a zúžit pro konkrétní tvarovou množinu k získání kompletního seznamu jednotlivých tvarů a pohybů postavy. Kolekce uvádí přesně 44 různých akčních jednotek, jejich kombinací (součtem) lze popsat rozdílné výrazy jako radost, smutek, vztek, aj. Některé akční jednotky jsou vzájemně konfliktní, to znamená, že je nelze plně kombinovat.



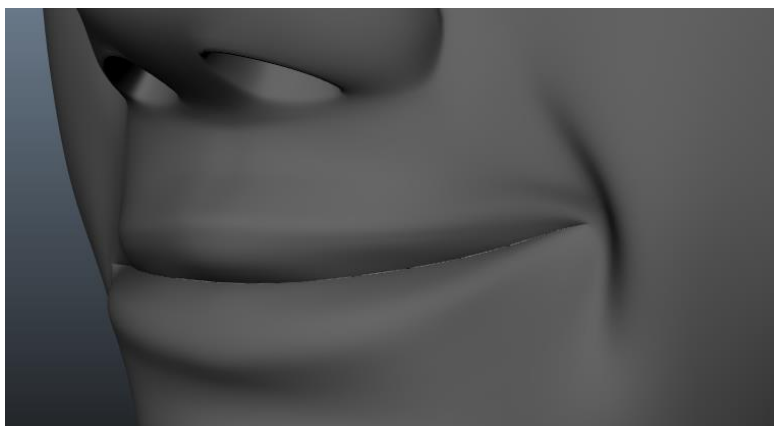
Obrázek 20: Příklady některých akčních jednotek (zdroj: [2])

5.3.1. INTERPRETOVÁNÍ AKČNÍCH JEDNOTEK

Akční jednotky poskytují ucelenou kolekci všech možných pohybů lidského obličeje. Úkolem interpretování akčních jednotek pro konkrétní postavu je zjednodušit obličejový rig a vyřadit **irelevantní jednotky**, které by mohly odvádět pozornost od použitelnosti rigu. Některé totiž představují velmi podobný pohyb, či se jedná pouze o různé intenzity toho samého pohybu. [2] Případně se tyto méně odlišné jednotky dají simulovat kombinací jednotek jiných.

5.3.2. SEKUNDÁRNÍ AKCE

Detailní pohyby typu mačkání, protahování kůže či **tvorba vrásek** nejsou pokryty v rámci akčních jednotek. Jedná se totiž o velmi individuálně rozdílné deformace. Všechny se však musejí vzít v úvahu pro každou tvarovou množinu. Největším fundamentálním problémem s digitálními deformacemi je ztráta objemu. [2] Každá sekundární akce je vedlejším účinkem kůže, svaloviny či tukové tkáně v obličeji, které se snaží zachovat objem v obličeji, zatímco jsou deformovány. Výhodou sekundárních akcí je, že jsou méně striktní a velmi unikátní pro každou postavu. Přidáním těchto detailů lze získat značné vylepšení věrohodnosti obličeje postavy.



Obrázek 21: Vráska vyrovnávající objem (zdroj: Vlastní)

6. TEORIE BLENDSHAPES

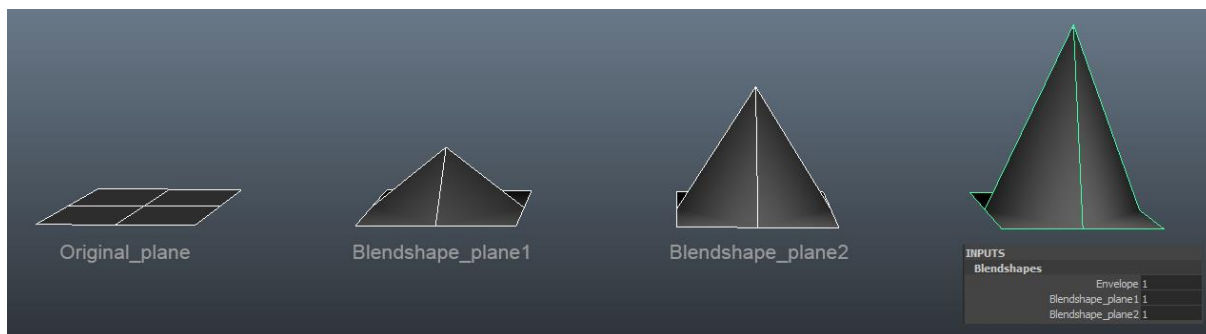
Jak již bylo zmíněno, funkce blendshape využívají při deformacích **lineární interpolace**. Jedná se tedy o jednoduchý **posun série vrcholů** v 3D prostoru. Tento posun vzniká v závislosti na rozdílu translačních hodnot vrcholů mezi základním objektem a objektem morf target. [2] Morf target je objekt zamýšlený pro použití k deformacím pomocí funkce blendshape, který vzniká duplikací geometrie základu. Na kopii se upraví pozice vrcholů, aby vznikl nový požadovaný tvar. Mezi těmito objekty se následně aplikuje vztah typu blendshape, jenž umožňuje upravovat tvar základu podle daného objektu morf target. Veškeré změny probíhají lineárně, proto pro jakékoli deformace, které musejí nastat v obloukovém pohybu, je nutné použití kloubů. Tento obyčejný koncept umožňuje vytvářet obličejové rigy, které napodobují způsob, jakým spolupracují svaly v obličeji.

K efektivnímu vytváření funkcí blendshape je potřeba vědět, co všechno dělá Maya na pozadí, když je použit blendshape deformer. Polygonální síť je velké pole vrcholů, funkce blendshape ovlivňují jejich pozici podle váhy, která je přiřazena jednotlivým morf targets. Při váze 0, morf target neovlivňuje původní síť, zatímco při váze 1 jsou vrcholy základního objektu na stejném místě jako vrcholy objektu morf target. V tomto rozsahu se pozice vrcholů interpolují. Hodnoty vah lze přesáhnout přímým vepsáním větší hodnoty do příslušného pole. Velké odvrácení však může vést k ošklivému uždění sítě.

6.1. SČÍTÁNÍ VE FUNKCÍCH BLENDSHAPES

Mayovské blendshapes jsou **součtové**, kombinace více funkcí blendshapes se tedy neprovádí jejich průměrováním, ale skutečným součtem. Pro úplné porozumění uvádím následující příklad.

Představme si jednoduchý čtverec s 9 vrcholy, z nichž budeme pohybovat pouze prostředním bodem, u kterého uvažujeme jeho translační hodnoty ve vektorovém zápisu (x, y, z) . K základnímu čtverci vytvoříme 2 jeho kopie a připojíme je k němu vztahem blendshape. Na čtverci A posuneme prostřední bod po ose Y o hodnotu 4 $(0, 4, 0)$, zatímco na čtverci B o hodnotu 8 $(0, 8, 0)$. U funkce blendshape nastavíme váhu obou morf targets na 1, čímž se prostřední vrchol na základním čtverci posune do pozice $(0, 12, 0)$. Jedná se o jednoduchý součet dvou translačních hodnot. [2]



Obrázek 22: Názorná ukázka uvedeného příkladu (zdroj: Vlastní)

6.2. KONSTRUKCE TVAROVÉ MNOŽINY

Před samotným začátkem tvorby požadovaných tvarů je dobré se naposledy ujistit, že síť základního objektu je **hotová**. Jakékoli pozdější změny v síti mohou způsobit, že blendshapes ani klouby nebudou fungovat správně.

Pro většinu objektů morf targets stačí jednoduše zkopírovat základní model a začít s přemísťováním vrcholů. Chceme manipulovat pouze s vrcholy, kterých se požadovaný tvar týká. Nechceme žádným způsobem měnit topologii objektu (např. změna počtu vrcholů) či pohybovat s pivotem.

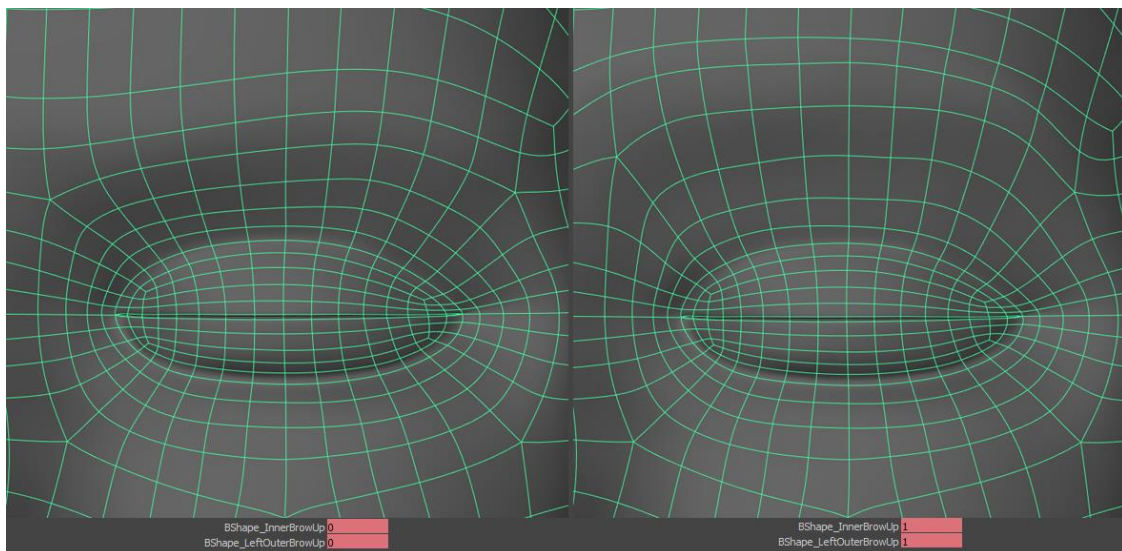
6.2.1. HROMADNÉ PŘESOUVÁNÍ BODŮ - SOFT MODIFICATION TOOL

Pomocí translace lze vytvořit jakýkoli možný tvar. Přemísťovat každý vrchol by však nebylo efektivní, proto se hojně využívá **soft selekce**. Ta nám umožňuje, že modifikací jednoho bodu, ovlivníme nějakou procentuální vahou celkové transformace i body okolní. Vliv na okolní body je plně přizpůsobitelný, což nám zajišťuje úplnou kontrolu nad jakoukoli modifikací. Při vytváření objektů morf targets můžeme využít kombinace i několika jiných nástrojů jako jsou mřížky, clusters či Sculpt geometry tool. Blendshapes lze zkrátka vytvářet téměř jakýmkoli způsobem.

6.2.2. MORF TARGETS A JEJICH VYTVÁŘENÍ

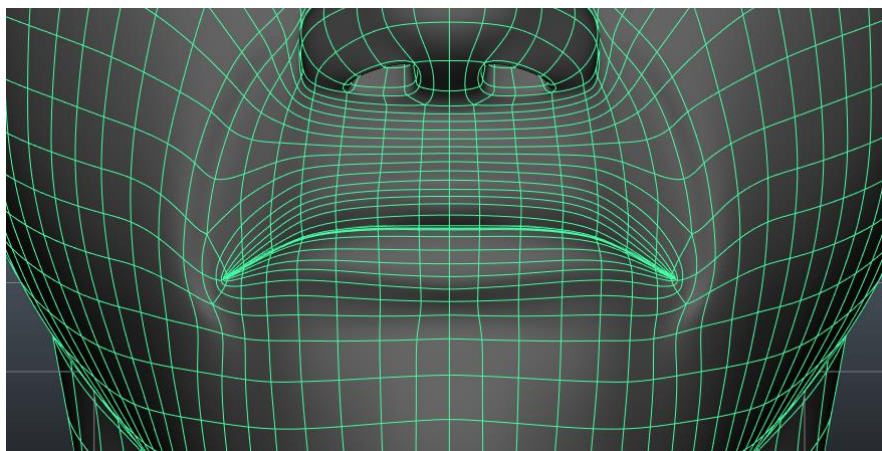
Pro mé funkce blendshapes jsem si zvolil 12 různých tvarů (včetně zrcadlených). Při kopírování sítě originálu se nenulují transformační hodnoty. Začal jsem s modelováním v oblasti obočí. Tato zóna velmi úzce souvisí s dříve uvedenou Teorií třech křivek. Finální křivka se ale skládá pouze z částí Outer a Inner, mezi něž jsou vyrovnaně rozděleny hodnoty části Middle. To znamená, že například tvar zcela zvednutého obočí lze získat nastavením váhy 1 pro oba morf targets – Inner_Brows_Up a Outer_Brows_Up, tudíž součtem dvou tvarů, nikoli třech.

Nejdříve jsem vytvořil pohyby vnitřního obočí. K nim jsem následně dodělával pohyby obočí vnějšího. Při tvorbě takovýchto tvarů se velmi osvědčilo pracovat ve dvou oknech, v jednom okně jsem měl originální model s již aplikovanými blendshapes, ve druhém právě upravovaný morf target. Tím jsem mohl upravovat a vyrovnaně rozdělovat středovou část společného tvaru mezi oba úseky.



**Obrázek 23: Síť v neutrálním stavu (vlevo) a síť ve stavu plného působení tvarů BrowsUp (vpravo)
(zdroj: Vlastní)**

Pohyby úst jsou spojené s velkým množstvím vrásek. K jejich vytvarování jsem používal vytahování a zahlazování sítě pomocí štětce nástroje Sculpt geometry tool. Při práci v zóně úst je obzvlášť důležité kontrolovat směr smyček hran, který jsem musel několikrát značně měnit.



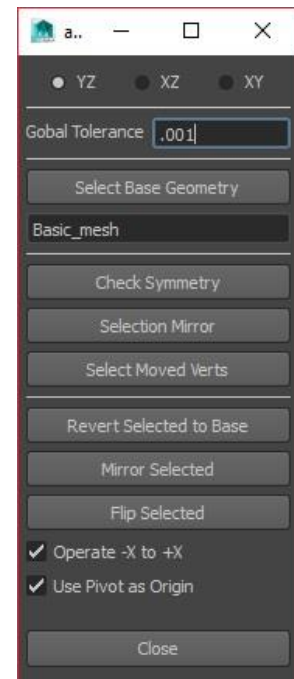
Obrázek 24: Zachování směru smyček hran při deformaci (zdroj: Vlastní)

6.2.3. SYMETRIE A ZRCADLENÍ

Pokud je to možné, náš model by měl být dokonale symetrický. To nám umožňuje zrcadlit morf target jedné strany na druhou. Toto téma však není prosté, jak se může na první pohled zdát. Blendshapes nebudou fungovat správně, pokud se snažíme vytvořený tvar zrcadlit pouhým zadáním hodnoty -1 do pole Scale X.

Polygonální síť si lze představit jako pole vektorů, které reprezentují pozice vrcholů v síti. Tudíž musí platit, že každý vrchol odpovídá indexovému číslu v poli. Kdykoli dojde ke změně topologie sítě, změní se pořadí vrcholů, a tím i jejich čísla. Proto je důležité, aby byl model zcela hotový před samotnou tvorbou rigu. Vrcholy v síti mají tedy **svá vlastní čísla** a blendshape funguje takovým způsobem, že přemísťuje vrcholy podle přiděleného indexu. [2] Změna měřítka v ose X sice vizuálně změní objekt do požadované podoby, nicméně pořadí vrcholů zůstává stejné, a proto tento způsob vede k nesmyslným výsledkům.

Pokud je naše síť dokonale symetrická, každý vrchol na levé straně má odpovídající vrchol na straně pravé. K zrcadlení vytvořených tvarů jsem použil MEL skript – abSymMesh.mel. [Příloha B - 1] Tento skript kopíruje hodnoty pozic odpovídajících vrcholů přes linii symetrie, čímž zanechá indexy vrcholů nezměněné. Také je velmi jednoduchý k použití, pouze se načte originální síť a následně lze požadovaný tvar zrcadlit, popřípadě převrátit podle příslušné osy.



Obrázek 25:
UI abSymMesh.mel
(zdroj: Vlastní)

6.2.4. POŘADÍ DEFORMACÍ

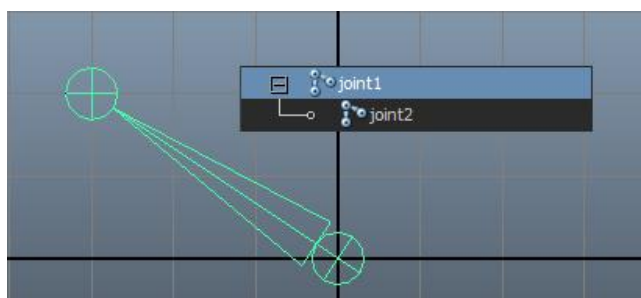
V případě, že je stejná síť ovlivňována více soupeřícími deformery (např. kombinace *blendshapes* a *smooth skinning*). Maya defaultně používá pořadí, ve kterém byly deformery vytvořeny. Pokud byl tedy model nejdříve připojen ke kloubní hierarchii a následně ovlivňován funkcemi blendshapes, tak jsou právě ony na vrcholku deformačního pořadí. Toto pořadí je však špatné, vždy je nutné nejdříve aplikovat deformace způsobené klouby a následně změny vyvolané funkcemi blendshapes. Změnu pořadí lze upravit manuálně v přehledu vstupních hodnot.

7. KLOUBNÍ SKELETON

Jednou z možností oživení modelu jsou klouby, které se používají k napodobení funkce kostry. Kloubní skeleton tvoří **hierarchii kloubů**, můžeme s nimi rotovat, ale také s nimi pohybovat. Pro jakýkoli kloubní skeleton platí, že vždy končí kloubem, pokud je tento poslední kloub odstraněn, zmizí i kost, jež k němu vedla. Tento kloub má jednoznačně určit konec našeho kloubního řetězce.

Kloubní skeleton se skládá z dvou různých částí, kloubů a kostí. Samotný **kloub** je jednoduchý bod ve scéně, okolo kterého se mohou věci otáčet. **Kost** nemá žádnou funkcionalitu a nemůžeme s ní manipulovat, jde pouze o grafickou reprezentaci spojení dvou kloubů, kdy jeden je rodič toho druhého.

Klouby v Maye představují unikátní typ transformačního uzlu, mají totiž schopnost být otáčeny ve směru, který je odlišný od jejich orientace. Jejich lokální rotační osa může být orientována do libovolného směru, zatímco kost směřuje zcela jiným směrem. Zarovnání lokální rotační osy kloubů je známé jako orientování kloubů. Deformace založené na kloubech jsou úspornější oproti využití funkcí blendshapes. [2]



Obrázek 26: Příklad dvou kloubů spojených kostí (zdroj: Vlastní)

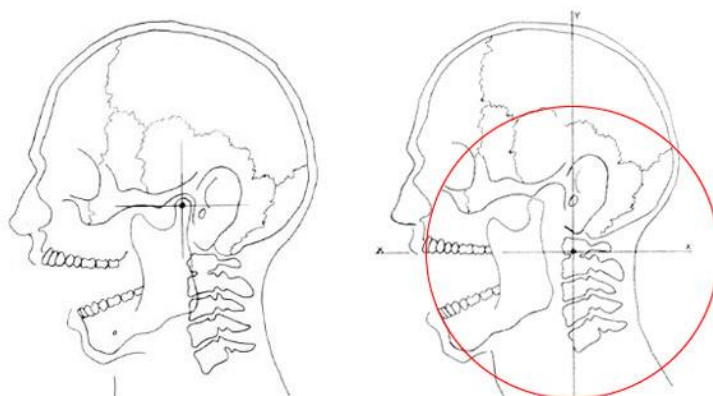
7.1. PRAVIDLA PRO UMÍSTĚOVÁNÍ KLOUBŮ

Při vytváření řetězce kloubů, se Maya automaticky pokouší orientovat klouby tak, že lokální rotační osa je zarovnána s kloubními potomky. **Defaultní chování kloubů** je takové, že v ose X probíhá převrácení, v ose Z rotace nahoru a dolů, v ose Y rotace ze strany na stranu. Vždy se doporučuje orientaci všech kloubů ručně zkontrolovat a případně upravit. Dále je možnost nepotřebné osy uzamknout.

Při umístování kloubů je zřejmě nejčastější otázkou, kolik kloubů je ideální použít, a kde přesně mají být umístěni. Jelikož by bylo napodobení skutečné kostry zbytečně obtížné a lidská lebka obsahuje pouze jediný kloub, snažíme se simulovat tzv. **rozsahy pohybu** (*range of motion*). [2] Proto je hlava rozdělena do jasně definovaných oblastí vlivu, kde má využití kloubů význam. Je důležité si uvědomit, že hlavní účel jakéhokoli rigu je ovlivňovat síť v uvěřitelném měřítku.

7.2. TVORBA KLOUBNÍHO ŘETĚZCE

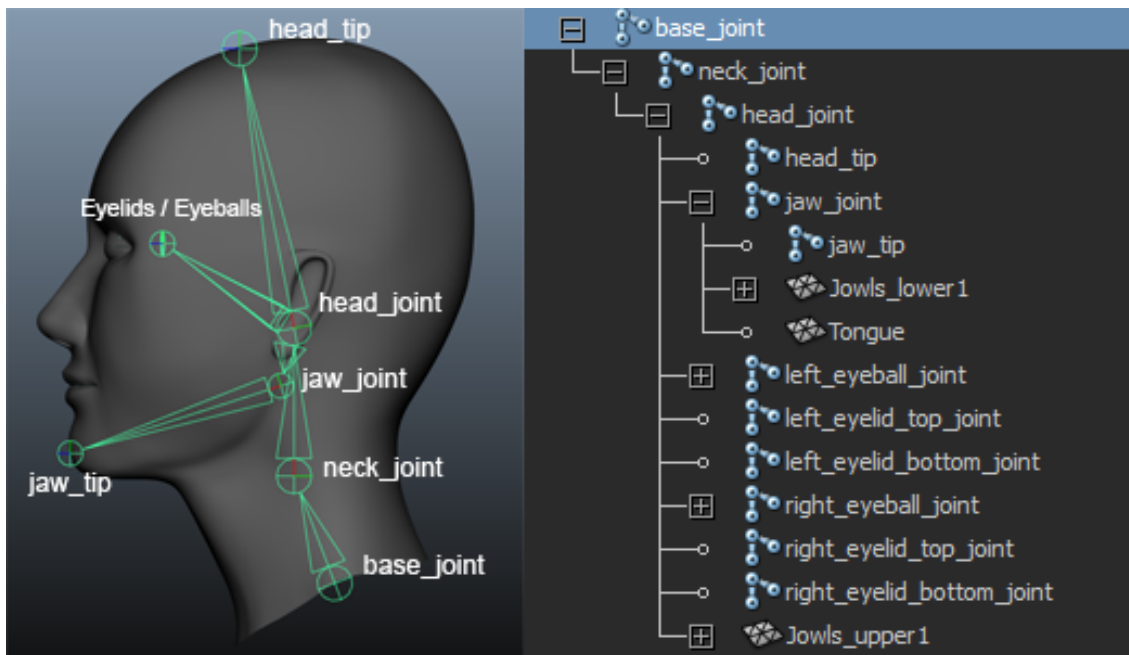
Pro tvorbu skeletonu je nejlepší použít ortografický pohled, který nám zaručí správné zarovnání a směr kloubů, v mém případě jsem zvolil boční pohled. K umístění kloubů v Maye slouží Joint tool. Nejdříve jsem vytvořil 4 základní klouby – *base*, *neck*, *head*, *head tip*. S jediným krčním kloubem se bude z těchto čtyř pohybovat. Koncové klouby slouží pouze pro orientaci rodičů. Následně jsem umístil klouby *jaw* a *jaw tip*, které jsem rodičovským vztahem připojil ke kloubu *head*. Při položení čelistního kloubu je obzvlášť důležité dbát na detail a **ignorovat skutečnou anatomii lebky** (viz Obrázek 27 vlevo). Pro správné deformace sítě je nutné umístit tento kloub pod ušní boltec (viz Obrázek 27 vpravo).



Obrázek 27: Špatné (vlevo) a správné (vpravo) umístění čelistního kloubu (zdroj: [6])

Jako poslední jsem vytvářel tři klouby pro každé oko, jeden z nich pro oční bulvu, dva pro spodní a horní oční víčko. Tyto klouby musejí být umístěny v přesném středu příslušné oční bulvy, včetně shodné orientace. Všechny taktéž je nutno připojit ke kloubu *head*.

Po ukončení práce s nástrojem Joint tool je většinou potřeba kostru vylepšit. Abychom pozice kloubů mohli upravit bez ovlivnění jejich potomků, je vhodné se přepnout do pivotového módu a v něm pohnout kloubem, což neovlivní potomky, ale pouze pozici kloubu. Před připojením skeletonu na naši 3D síť je ještě důležité **vynulovat transformace** (zaškrtnutá možnost *Joint Orient*) pro vybrané klouby, což nám vrátí všechny transformační hodnoty na 0 (rotace) a 1 (scale). Výjimkou je translace, která neodpovídá žádné specifické hodnotě.



Obrázek 28: Konkrétní rozvržení kloubů (zdroj: Vlastní)

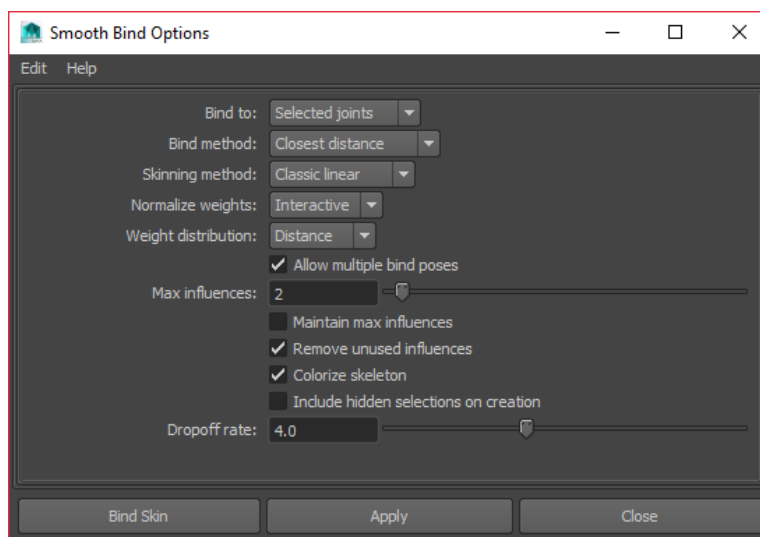
7.3. SMOOTH SKINNING

Smooth skinning je název metody, kterou Maya používá k připojení sítě k hierarchii kloubů. Pokud se plánuje použít smooth skinning ve spojení s funkcemi blendshapes na obličejovém rigu, je potřeba vědět, jak budou vzájemně interagovat, aby bylo možné získat předvídatelné a věrohodné výsledky. Dále je důležité velmi dobře rozumět tomu, jak skinning funguje. Jedná se o přímočarou techniku, nicméně k jejímu pochopení je nutné si uvědomovat normalizaci hodnot. Problémy mohou nastat při upravování rozdělení vah kloubu v určité části sítě, kdy je Maya nucena zachovat normalizované váhy, a tím přiřazuje vlivy některým kloubům bez vědomí uživatele.

Maya distribuuje ovlivnění pro každý vertex napříč několika různými klouby. To znamená, že jeden vertex může být ovlivňován transformacemi **jednoho a více kloubů**. Pro příklad uvažujme vertex P, který je ovlivněn 70% čelistním kloubem a 30% krčním kloubem, součtem vah získáme 100%. Pokud by váhování nebylo normalizované, vertex P by mohl být ovlivněn např. pouze na 30%. Pokud bychom následně posunuli kořenovým kloubem, vertex P by byl o 70% zpožděn, což není žádoucí. Další možností zbavení se ovlivnění 70% čelistního kloubu by bylo odejmutí jeho vlivu z vertexu P, tím by však Maya rozdělila těchto 70% mezi všechny ostatní klouby (klidně i nesmyslně). [2] Proto je nutné, aby Maya nikdy nerozhodovala o rozdělení vah. To znamená, že jedinou operací přiřazení, která je vhodná k použití je operace **přidání váhy** (angl. *add weight*). V tom případě bude Maya pouze odebírat váhy z ostatních kloubů.

7.3.1. NASTAVENÍ SMOOTH BIND

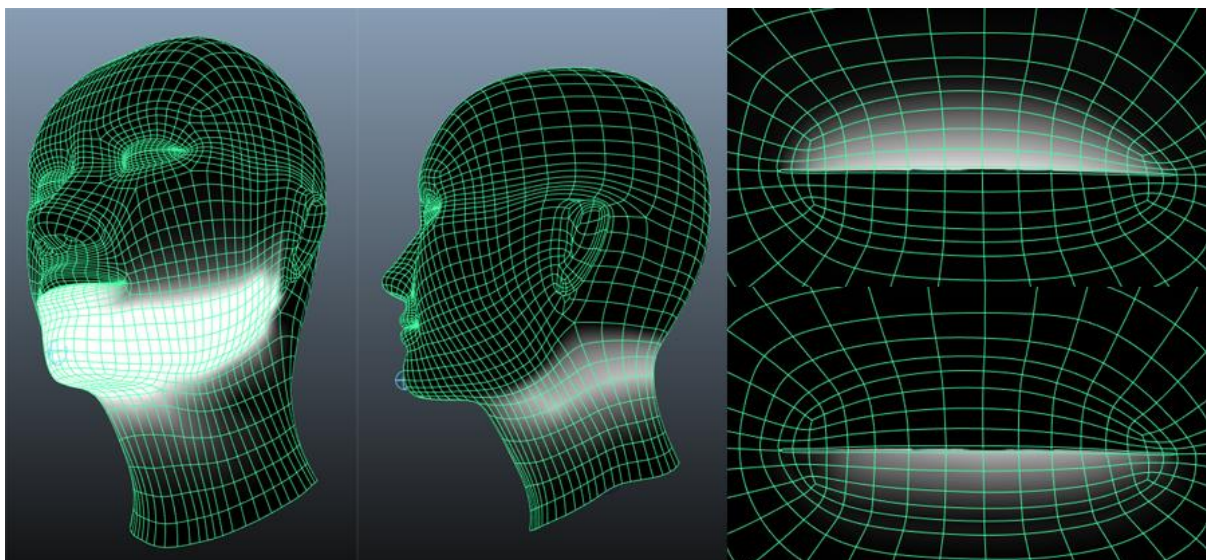
Přiřazovací funkci, která připojuje kloubní hierarchii k síti, lze nastavit několika způsoby. Pro mou síť jsem zvolil následující nastavení (viz Obrázek 29). Síť byla připojena pouze k vybraným kloubům v závislosti na hodnotě dropoff rate. Čím blíže se vertex k danému kloubu vyskytuje, tím víc jej kloub ovlivňuje. Maximální počet prvotně přiřazených kloubů k jednomu vertexu nemůže přesáhnout dva klouby. Tato hodnota se většinou určuje podle rozmanitosti hierarchie kloubů.



Obrázek 29: Konkrétní nastavení Smooth Bind (zdroj: Vlastní)

7.3.2. PROCES KRESLENÍ VAH

Defaultní rozvržení vah bývá většinou špatné, zejména v detailních místech jako jsou ústa, či oční víčka. Proto jsem veškerým vrcholům vyskytujícím se za vlivem krčního kloubu nastavil plný vliv kloubu *head*. Tím jsem zaručil, že jakékoli přidání váhy kloubů očí a čelisti bude s jistotou pocházet z mé iniciativy. Váhy jsem přiřazoval v pořadí od kořenového kloubu směrem k potomkům. Nejprve jsem si vytvořil pomocný blendshape, který mírně otvírá ústa a oční víčka, abych měl přístup k okrajům a koutkům. Následně jsem pokrýval síť většími vlivy pomocí štětce a postupně se dostával k vlivům menším. Velkou výhodou nástroje pro kreslení vah je, že umožňuje přiřazování v rámci selekcí. To je velmi užitečné při dodělávání detailních posunů vrcholů, či kreslení vlivů v malých nepřístupných místech. K zakomponování těchto vlivů do sítě se mi velmi osvědčila **funkce Flood**, s níž jsem všem vybraným vrcholům jedním kliknutím přiřadil mnou zvolenou váhu. S touto metodou sice velmi souvisí častá úprava selekce, nicméně použití kreslicího štětce v těchto místech je téměř nemožné a zároveň tento způsob vede k očekávaným výsledkům. Po každém dokončení práce nad daným kloubem jsem váhy zrcadlil pomocí funkce Mirror Skin Weights přes plochu YZ. Na závěr se doporučuje uzamčení vah kloubů, čímž lze zabránit nechtěným změnám.



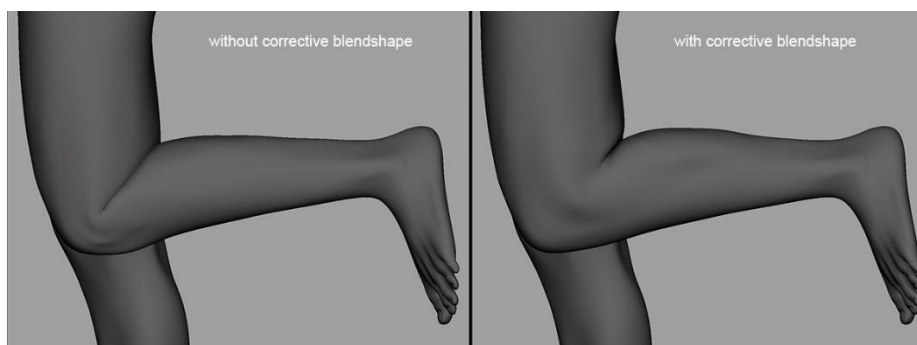
Obrázek 30: Jednotlivé klouby a jejich přiřazené vlivy vůči síti (Zdroj: Vlastní)

7.4. CORRECTIVE BLENDSHAPES

Jedná se o speciální typ blendshape, který slouží k opravování již hotových deformací. Ovlivňování sítě pomocí kloubů má své limity, kdy skinning již nelze udělat lépe, nicméně při následné deformaci sítě dochází k jistým problémům. Mohou to být například ostré **záhyby do sítě**, při rotaci kloubu. V tu chvíli je nutné tuto deformaci zdokonalit pomocí corrective blendshapes.

Nejdříve se zkopíruje síť v již deformované póze, kterou chceme vylepšit. Tento tvar se následně vyhledá do požadovaného výsledku. K samotnému objektu morf target se většinou využívá nějakého externího plug-inu, který je schopen morf target vytvořit z našeho vyhlazeného tvaru. Tím získáme třetí objekt, který aplikujeme na originál jako blendshape deformer. V závěru už pouze stačí naklíčovat váhu funkce blendshape s rotací kloubu.

V mém projektu nebylo potřeba žádných nutných oprav, jelikož vznikají zejména u větších kloubů, jako jsou kolena, lokty, či boky.



Obrázek 31: Ukázka použití corrective blendshapes (zdroj: [7])

8. UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ - OVLADAČE

Na rozdíl od návrhu věrohodných deformací, **dobrý rig musí být jednoduchý na použití**. U komplexních kloubních hierarchií to může být velmi složité, jelikož se hodně kloubů překrývá. Pro vybrání daného kloubu by pak animátor musel neustále přepínat mezi wireframe/shaded zobrazeními, či přímo vybírat jednotlivé klouby v outlineru. Proto se doporučuje mnohem lepší přístup, a tou je **symbolická reprezentace**.

8.1. MOŽNOSTI OVLADAČŮ

Aby se animátor mohl vyvarovat dotýkání jakéhokoli kloubu, vytváří se **rozhraní tvořené z ovladačů** (angl. *Controller Objects*). Většinou se jedná o NURBS křivky či polygonální objekty, s nimiž lze ovládat rig. Při tvorbě rozhraní je obzvlášť důležité, aby správně ovlivňovaly příslušné deformery. Dále musejí být jasně viditelné a selektovatelné. Existují čtyři základní rozlišné způsoby, jak mohou ovladače ovlivňovat rig. [2]

a) Orientace kloubů

Ovladač může být použit přímo k manipulaci orientace příslušného kloubu. Toho lze dosáhnout několika způsoby, mezi něž patří aim constraint, orient constraint či set driven key.

b) Změna pozice kloubu

Dále je možnost ovládat pozici kloubu pomocí point constraint nebo rodičovským vztahem.

c) Ovlivňování hodnot deformerů

Váhy jednotlivých funkcí blendshapes je možné propojit pomocí set driven key s různými transformačními hodnotami ovladačů.

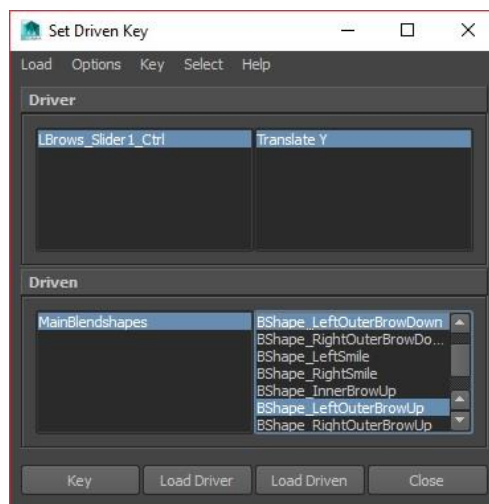
d) Vlastní atributy

Mnoho funkcí ovládacího rigu může být sloučeno v jeden vlastní atribut. Přidáním vlastního atributu ke křivce ovladače můžeme ovládat i složitější chování pouze jednou hodnotou v channel boxu.

8.1.1. SET DRIVEN KEY

Nastavení driven keys je technika pro řízení animace jednoho objektu či atributu použitím jiného atributu. Vytváří se spojení mezi dvěma a více atributy. Jakákoli změna v **driver** attributech vede ke změně **driven** atributů. To velmi ulehčuje některé typy animací, jako může být například otevření dveří ve chvíli, kdy nimi prochází postava. Je však důležité vědět, že driven keys ve skutečnosti neanimují řízený objekt, pouze asociují atributy obou stran. Proto je pro samotnou animaci nutné driver objekt naklíčovat v čase, jako jiné objekty. [4]

Této techniky lze při práci s ovladači využít nesčetněkrát, například když chceme, aby se váha funkce blendshape měnila v závislosti na pozici posuvníku ovladače. Popřípadě řídit jakýkoli atribut požadovaného objektu hodnotami ovladače.



Obrázek 32: Nastavování ovladače vnější části levého obočí (zdroj: Vlastní)

8.1.2. CONSTRAINTS

Constraints jsou pravidla, která nějakým způsobem **omezují pozici či orientaci** jednoho objektu vůči jiným objektům. Maya zahrnuje několik možností omezení, některé nyní popíši. [4]

a) Point constraint

Jednoduché omezení, které nutí ovládaný objekt se přichytit a následovat pozici jiného objektu, či průměrnou hodnotu pozicí několika objektů. Velmi užitečné je to v případě, kdy chceme, aby pozice jednoho objektu byla spojena s pohybem více objektů.

b) Orient constraint

Pravidlo využívající se ke spojení orientace jednoho objektu k jinému, či více jiným objektům. Hodně používané v situacích, kdy je potřeba, aby se několik objektů otáčelo současně.

c) Aim constraint

Jak již název napovídá, toto omezení ovlivňuje orientaci objektu, takovým způsobem, že ukazuje na jiný objekt popřípadě objekty. Typicky se používá pro zakomponování automatického sledování objektů kamerou. Rig obličejů lze nastavit, aby oči pozorovaly pohyb ovladače, čehož využívám i ve své práci.

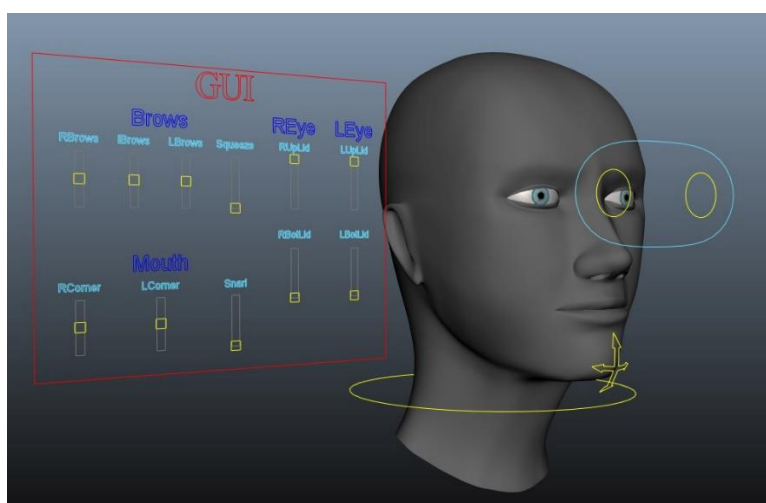
8.2. ZAMEZENÍ KONFLIKTŮ

Při představě možných výrazů k animování si lze všimnout několika takových, které mohou v rámci ovlivňování modelu **působit proti sobě**. Těmto konfliktům je naprosto nutné se vyvarovat, protože reprezentují pohyb stejného svalu. Proto nastavujeme ovladače takovým způsobem, abychom předcházeli sčítání mnohonásobných protikladných tvarů ve stejnou chvíli. Animátorovi tedy zamezujeme možnost kombinování těchto tvarů tím, že jeden ovladač zodpovídá za váhy dvou konfliktních morf targets. Jako dobrý příklad může posloužit pohyb koutků úst, kdy je potřeba nastavit současné ovládání pohybu dolů a nahoru. Jednoduše nelze být zároveň šťastný a smutný.

8.3. OVLADAČE A GUI

Zkonstruování rozhraní pro obličejový rig je naprosto klíčové. Na rozdíl od tvarové množiny, zde neexistují žádná pevná pravidla při tvorbě rozhraní. [2] Většinou mají rozhraní v Maye formu **NURBS křivek**, poměrně lehce se totiž vytváří a nevykreslují se. S několika křivkami reprezentující různé funkce blendshapes a klouby v obličejí může animátor jednoduše pohnout danou křivkou, aby ovlivnil obličejový rig. **Klíčové snímky** jsou pak nastavené na těchto ovládacích prvcích.

Vytváření ovladačů je po menším promyšlení celkem přímočaré. Určil jsem si, kolik ovládacích prvků budu potřebovat, jakým způsobem budou ovlivňovat rig, a jak budou vypadat. Nejprve jsem si všechny prvky vytvořil a usadil na správné místo. Následně jsem jednotlivé ovladače postupně propojoval různými vztahy s příslušnými částmi rigu. Blendshapes jsou napojeny pomocí set driven keys, pro oční bulvy jsem použil aim constraint a pro zbylé klouby jsem zvolil taktéž driven keys, které by šly nahradit omezením orient constraint. Na závěr je vhodné uzamknout nepotřebné transformační hodnoty ovladačů, aby bylo jasné určeno jejich správné použití.



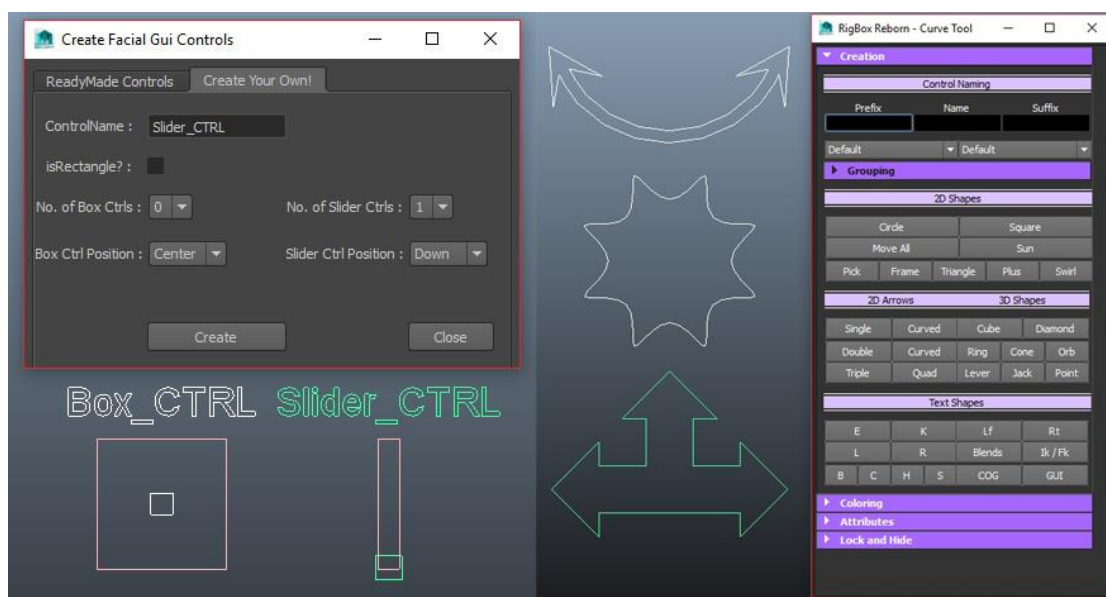
Obrázek 33: Kompletní rozhraní ovladačů mého modelu (zdroj: Vlastní)

8.3.1. POUŽITÍ SKRIPTŮ

Pro zjednodušení práce při tvorbě ovladačů jsem využil hned dvou skriptů určených pro vytváření NURBS křivek.

Rigbox Reborn – Curve Tool nabízí několik předpřipravených druhů křivek, velmi tak rozšiřuje základní možnosti Mayi. Navíc umí velmi pohodlně křivky obarvovat, měnit v šablony či zamykat jejich atributy. [\[Příloha B - 2\]](#)

FacialGUI.mel je nástroj sloužící hlavně k automatickému vytváření GUI pro obličejové rigy. Kvůli této funkci jsem si ho však nezvolil. Je totiž schopen také generovat vlastní posuvníky, čtvercové ovladače či text, což se velmi hodí k popisování uživatelského rozhraní. [\[Příloha B – 3\]](#)



Obrázek 34: FacialGUI.mel (vlevo) a RR Curve Tool (vpravo) (zdroj: Vlastní)

9. ANIMACE

Animovat v podstatě znamená vdechnout život do neživého předmětu, obrázku nebo kresby (pozn. *anima* v latině znamená duše). [3] Animace je umění vyjadřující **pohyb pomocí obrázků**, které nepocházejí přímo z reálného světa. Iluze pohybu je při ní vytvářena na základě velmi rychlého zobrazování sekvence velkého počtu statických obrázků nebo snímků. Metoda, která se používá k definování animované sekvence na základě jejich klíčových okamžiků, se nazývá **klíčování**. Mezi klíčovými snímky se doplňují mezifáze pomocí interpolace. Pro běžné filmy odpovídá 1 sekunda 24 snímkům. Počet snímků animace za sekundu se nazývá také **rychlost zobrazení** nebo rychlost projekce a bývá označován písmeny **fps** (*frames per second*).

9.1. TECHNIKY POUŽÍVANÉ V POČÍTAČOVÉ ANIMACI

Mezi základní techniky používané pro animaci změny umístění, orientace, tvaru a dalších parametrů trojrozměrných objektů patří bezesporu používání klíčových snímků a kinematiky vpřed. Navíc nasazením parametrických křivek na animaci představuje naprosto bezkonkurenční nástroj pro přesné doladění animace objektu. [3]

9.1.1. INTERPOLACE MEZI KLÍČOVÝMI SNÍMKY

Charakteristickým znakem animace je definování klíčových snímků pomocí umístování klíče a tvorba mezifází. Pozice objektů mezi klíčovými snímky se vytváří díky **interpolaci mezi klíčovými snímky**. Tato interpolace počítá **mezifáze** zprůměrováním údajů uvedených v klíčových snímcích. K vytváření klíčových snímků se většinou používá interaktivní časová osa, která ukládá transformační hodnoty objektů a dobu trvání různých okamžiků či operací, jež se mají animovat. Interpolace se obvykle interpretuje prostřednictvím **grafu**, v němž zobrazuje závislost animovaného parametru (svislá osa) na čase (vodorovná osa). Mezi nejběžnější typy interpolace se řadí **lineární a křivková**. [3]

Lineární interpolace počítá průměrné hodnoty parametrů v klíčových snímcích a vytváří rovnoměrně rozložené přechodové snímky. Využívá konstantní rychlost mezi klíčovými snímky, v nichž díky tomu obvykle vznikají prudké změny rychlosti.

Interpolace křivkou provádí také zprůměrování parametrů v klíčových snímcích, bere však v úvahu i změnu rychlosti s časem, jež lze označovat jako **zrychlení**. Rozložení mezifází na časové ose tedy závisí na zvyšování či snižování rychlosti změny.

9.1.2. DOPŘEDNÁ KINEMATIKA

Dopředná kinematika (angl. *forward kinematics* – *FK*) představuje užitečnou techniku pro určení pohybu postav pomocí umístění klíče. Jedná se o poměrně náročnou techniku, nicméně nabízí prakticky absolutní kontrolu nad pohyby a postoji postav. Interaktivní klíčování snímků se při použití kinematiky vpřed **skládá z definování pohybu a konečné pozice modelu**. [4] To znamená, že pro pózování postavy je nutné individuálně rotovat každý kloub, jenž se pózy týká, dokud nezískáme požadovaný výsledek. Při animaci následně Maya interpoluje rotace kloubů, přičemž začíná v kořenu a pokračuje směrem k potomkům v kloubní hierarchii. Tento druh kinematiky je vhodný pro jednoduché obloukové pohyby, zároveň je však téměř nepoužitelný pro animaci složitých koster.

9.1.3. INVERZNÍ KINEMATIKA

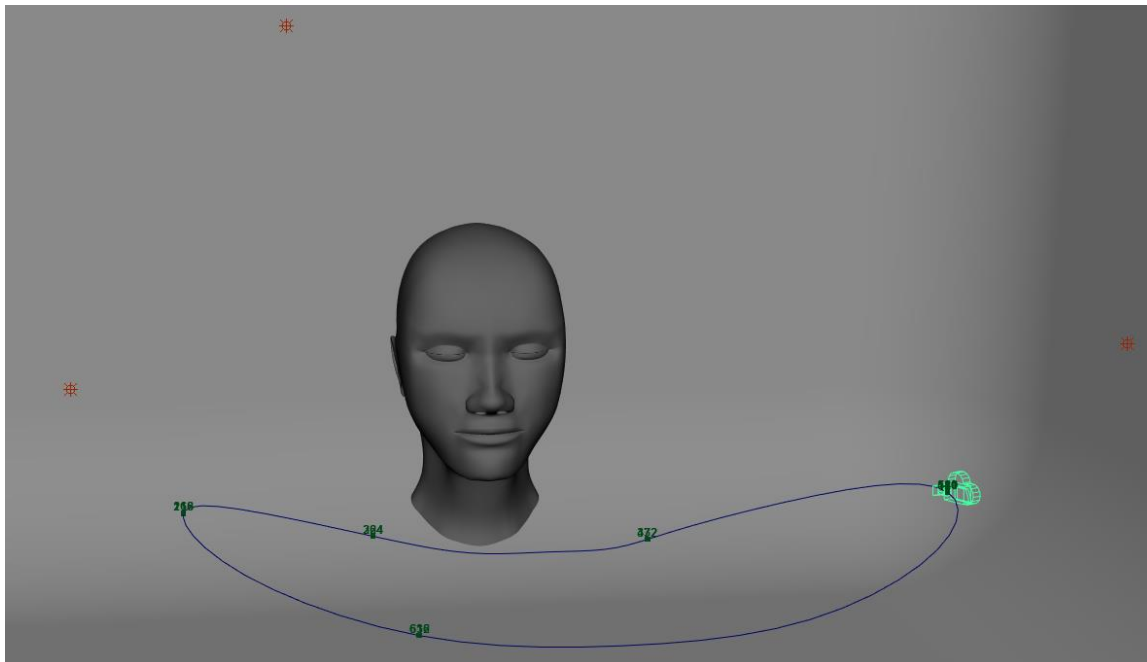
Pro animaci složitých modelů či pohyb rigů s velkým počtem kloubů se využívá inverzní kinematiky (angl. *inverse kinematics* - *IK*). S využitím inverzní kinematiky ovládáme tzv. **efektor** (angl. *IK handle*), který pohybuje s celými řetězci kloubů (několik hierarchicky spojených kloubů). [4] Při vytváření animace pohybujeme právě těmito efektory, přičemž Maya vypočítává rotace všech kloubů obsažených v řetězcích, které efektory ovlivňují. Tato technika je mnohem více intuitivní pro pohyby, kde nás zajímá zejména finální pozice končetiny bez nutnosti určení potřebné rotace každého kloubu v řetězci.

9.2. ANIMACE OBLIČEJE

Jako zcela poslední částí mé práce bylo vytvoření ukázkové animace. V rámci animace jsem se rozhodl ukázat některé možné výrazy modelu pomocí pohyblivé kamery. Nejdřív jsem si určil čtyři možné pohledy kamery, jimiž jsem protáhl křivku použitím EP Curve Tool. Tuto křivku jsem uzavřel, aby byla cyklická. Vybral jsem si první pohledovou kameru, které jsem nastavil omezení aim constraint vůči hlavnímu modelu. Tím jsem zaručil, že při jakémkoli pohybu kamery, bude neustále sledovat objekt hlavy. Následovalo připojení kamery k nadefinované křivce. K tomu jsem využil funkci Attach to Motion Path s tím nejzákladnějším nastavením, jelikož by možnost sledování křivky rozbila dříve uplatněné omezení. V této fázi byla kamera připevněna na křivce a zároveň sledovala obličej.

Nyní už pouze stačilo naklíčovat hodnotu kamery *U Value*, která označuje pozici kamery na křivce, a změny transformačních hodnot ovladačů. U ovladačů jsem využil vlastní selekce, pomocí níž jsem mohl klíčovat všechny ovladače naráz. Postupoval jsem po jednotlivých výrazech a po určitých úsecích si kontroloval výslednou animaci.

Kvůli lepšímu vykreslování jsem do scény zasadil tři bodová světla podle studiového rozložení. Bylo potřeba upravit jejich intenzity a zapnout raytrace stíny. Následně jsem nastavil render a jednotlivé snímky vykresloval nástrojem Batch Renderer. Tento nástroj vykresluje sekvence snímků, které jsem na závěr spojil dohromady ve výslednou animaci.



Obrázek 35: Nastavená scéna pro animaci (zdroj: Vlastní)

10. ZÁVĚR

Podle ukázkové animace lze usoudit, že vyhotovený 3D model hlavy je zcela funkční a vede ke stanoveným výsledkům. Hlava byla přesně vymodelována podle všech uvedených zásad. Zejména bych zdůraznil užitečnost pětibodových pólů, které jsou klíčové nejen pro redukcí počtu polygonů, ale také k zachování konzistence sítě modelu. Obecně síť bylo nutno několikrát balancovat podle sousedních částí, aby nedocházelo k odchylce od požadovaného vzhledu. Po určení tvarové množiny jsem začal s modelováním objektů morf targets, které s ní korespondují. Jejich tvorba byla poměrně přímočará, později však plní významnou roli při rozpořbování objektu pomocí funkcí blendshapes. U těchto funkcí je velmi důležité vědět, že jsou součtové, s čímž bylo potřeba počítat při vytváření souvisejících pohybů. Na ně jsem navázal konstrukcí kloubní hierarchie. Umístění kloubů částečně určuje následné deformace sítě, proto je nebylo možné posazovat na libovolná místa. Jakmile je totiž následný skinning dokončen, deformace je určena a pozici již nelze měnit. K pohodlnému ovládní hotového rigu bylo ještě nutné vytvořit rozhraní ovladačů, které ho ovlivňují. Pro ovladače jsem zvolil nejvhodnější řešení v podobě křivek, jelikož se nevykreslují a lehce se s nimi manipuluje. V závěru jsem při tvorbě animace použil ke klíčování právě těchto ovladačů, čímž jsem dokázal využít jejich nedůležitější funkce.

Proces vytváření takovýchto modelů se může zdát poměrně zdlouhavý a pracný. Skutečně tomu tak je, nicméně v reálné animované produkci jsou jednotlivé části tvorby rozděleny mezi několik specializovaných týmů. Každý tým má na starosti jinou část produkce, mezi které může patřit například modelování, rigging, tvorba rozhraní či animace. Tudíž se nestává, že by byl jeden člověk zodpovědný za všechny fáze celého procesu, tak jako to bylo v případě této práce. Tato bakalářská práce tedy může posloužit jako detailní přehled kompletního postupu animované produkce.

11. ZDROJE

[1] TINDALL, Brian. The Art Of Moving Points [online]. Hillsboro: Hippydrome Publishing, 2013 [cit. 2017-01-06]. ISBN 978-0-9889372-0-8. Dostupné z: <https://itunes.apple.com/us/book/the-art-of-moving-points/id639498241?mt=11>

[2] RITCHIE, Kiaran, Jake CALLERY a Karim BIRI. The Art of Rigging Volume 1. CG Toolkit, 2005. ISBN 978-0976800309.

[3] KERLOW, Isaac Victor. Mistrovství 3D animace: [ovládněte techniky profesionálních filmových tvůrců!]. Brno: Computer Press, 2011. Mistrovství. ISBN 978-80-251-2717-9.

[4] Autodesk Knowledge Network [online]. Autodesk Inc., 2014 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <https://knowledge.autodesk.com/>

[5] Autodesk Maya. Wikipedia [online]. [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Maya

[6] The Jaw. Stumbling toward 'Awesomeness': A technical art blog [online]. 2016 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: http://www.chrisevans3d.com/pub_blog/the-jaw/

[7] Maya Rigging - Corrective Blendshapes. 3Dtotal [online]. 2014 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://www.3dtotal.com/tutorial/1883-maya-rigging-corrective-blendshapes-by-jahirul-amin-animation-blend-shapes?page=4>

A. PŘÍLOHA – SEZNAM POUŽITÝCH TERMÍNŮ

Níže uvedená cizí slova se v mé bakalářské práci vyskytují více než jednou. Proto je nyní uvádím s krátkým popisem jejich významu.

- **Blendshape**

Lineárně interpolovaná funkce sloužící k deformaci objektu v závislosti na rozdílu translačních hodnot vrcholů mezi základním objektem a objektem morf target.

- **Morf target**

Konkrétní objekt sloužící k určení deformace pomocí funkce blendshape.

- **Smooth skinning**

- Název metody, kterou Maya používá k připojení sítě k hierarchii kloubů.

- **Constraints**

Pravidla, která nějakým způsobem omezují pozici, či orientaci jednoho objektu vůči jiným objektům.

Za slova přejatá považuji z důvodu nenarušení příjemné čitelnosti textu následující slova.

- **Rig (rigging)**

Souhrnná kolekce prvků, která slouží k ovládání 3D modelu (např. klouby, funkce blendshapes, ovladače).

- **Deformer**

Funkce, objekt sloužící k deformaci sítě.

B. PŘÍLOHA – POUŽITÉ SKRIPTY A JEJICH SEZNAM

1) SKRIPT PRO VYTVÁŘENÍ SYMETRICKÝCH TVARŮ

Název: abSymMesh

Autor: Brendan Ross

Dostupné z: <https://www.highend3d.com/maya/script/absymmesh-for-maya>

2) SKRIPT PRO PRÁCI S KŘIVKAMI

Název: Rigbox Reborn – Curve Tool

Autor: Jennifer Conley

Dostupné z: https://www.highend3d.com/maya/script/rigbox_reborn-curves-tool-for-maya

3) SKRIPT PRO GENEROVÁNÍ GUI

Název: Facial GUI

Autor: Vijay Lakshmanan

Dostupné z: <https://vijaylakshmanan.wordpress.com/2011/07/19/facial-gui-mel-script/>

