

Animation



Gustav Taxén, Ph. D.

Associate Professor

School of Computing Science and Communication

Royal Institute of Technology, Stockholm

gustavt@csc.kth.se

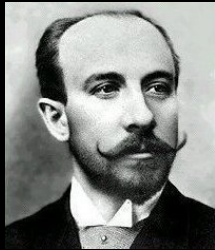
(Bilder från Wikipedia om inte annat sägs.)

Egyptisk gravristning, c:a 4000 år gammal. Men redan gamla grottmålningar från stenåldern visar olika försök att beskriva rörelse i bild.

Animation – att ingjuta liv. Animation är att ge intrycket av rörelse genom att visa ett antal stillbilder efter varandra i följd.



Zoetrope. Uppfanns i Kina c:a 180 f.kr. Det fanns många varianter på samma maskin, men mycket mer än detta hände inte förrän filmmediet upptäcktes.



Georges Méliès (1861-1938)

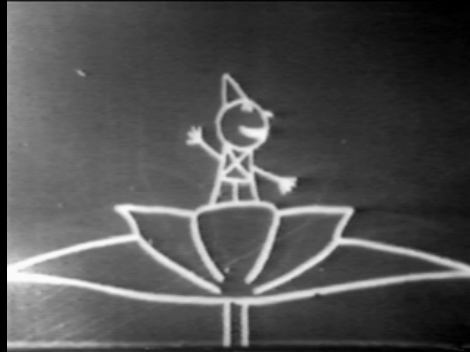


Le voyage dans la Lune (1902)

Georges Méliès – Resan på månen. Var aktiv i slutet av 1800-talet och upptäckte en rad filmtrick. En av de första som använde sig av *stop motion*, dvs. att stanna kameran, ändra något i scenen och sedan fortsätta filma.



Emile Cohl (1857-1938)



Fantasmagorie (1908)

Räknas som den första kända animerade kortfilmen. 700 bildrutor. Filmade svart färg på vitt papper och vände negativet så det ser ut som krita på svart tavla. Stream-of-consciousness-typ av film.



Winsor McCay (1867-1934)

*Winsor McCay and his
Animated Pictures (1911)*

Välkänd serietecknare, aktiv i början av 1900-talet, inspirerat många moderna serietecknare. Skapade också flera tecknade filmer som satte standarden för bl.a. Disney.

Steamboat Willie (Disney, 1928)

- Squash and stretch
- Anticipation
- Staging
- Straight ahead action vs. pose-to-pose
- Follow through and overlapping action
- Slow in and slow out
- Arcs
- Secondary action
- Timing
- Exaggeration
- Solid drawing
- Appeal

Cartoons – blev ett fenomen i början av 1900-talet.

Denna film är den första ljudfilmen med Musse Pigg och den första av Disneys filmer med *synkroniserat ljud*.

På 30-talet var en industri etablerad. Filmerna visades som förfilmer till "riktiga" filmer, på samma sätt som Pixar alltid visar en kortfilm före "the main feature" idag.

Squash and stretch

The most important principle is "squash and stretch",^[13] the purpose of which is to give a sense of weight and flexibility to drawn objects. It can be applied to simple objects, like a bouncing ball, or more complex constructions, like the musculature of a human face.^{[15][16]} Taken to an extreme point, a figure stretched or squashed to an exaggerated degree can have a comical effect.^[17] In realistic animation, however, the most important aspect of this principle is the fact that an object's volume *does not* change when squashed or stretched. If the length of a ball is stretched vertically, its width (in three dimensions, also its depth) needs to contract correspondingly horizontally.^[18]

Anticipation

Anticipation is used to prepare the audience for an action, and to make the action appear more realistic.^[19] A dancer jumping off the floor has to bend his knees first; a golfer making a swing has to swing the club back first. The technique can also be used for less physical actions, such as a character looking off-screen to anticipate someone's arrival, or attention focusing on an object that a character is about to pick up.^[20] For special effect, anticipation can also be omitted in cases where it is expected. The resulting sense of anticlimax will produce a feeling of surprise in the



Chuck Jones (1912-2002)



Warner Bros., 1950-tal

Började karriären som assistent på Warner 1933. Sattes att arbeta med Tex Avery 1937. Bröt med traditionen 1942 med "The Dover Boys" med avsikten att komma bort från den "söta", realistiska stilen som dominerades av Disney. Ville också arbeta med humor som primärt redskap – att göra genuint roliga filmer. Hade storhetsperiod som regissör på sent 40-tal till tidigt 50-tal då han t.ex. skapade Road Runner & Coyote och gav Daffy Duck en ny personlighet.

Startade eget i början av 60-talet, arbetade mycket med *Tom & Jerry*. Köptes sedermera upp av MGM. Vann en Oscar 1965 för *The Dot And The Line*.

När MGM lade ner i slutet av 60-talet startade han eget igen och gjorde barnprogram under 70-talet.

På 80-talet arbetade han mycket med föreläsningsverksamhet och inspirerade många av dagens aktiva animatörer.

Fick en Honorary Academy Award 1996.

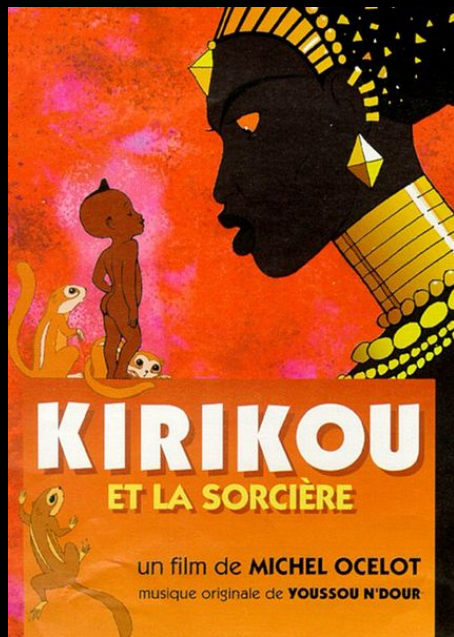


Walt Disney (1901-1966)



Snow White and the Seven Dwarfs (1937)

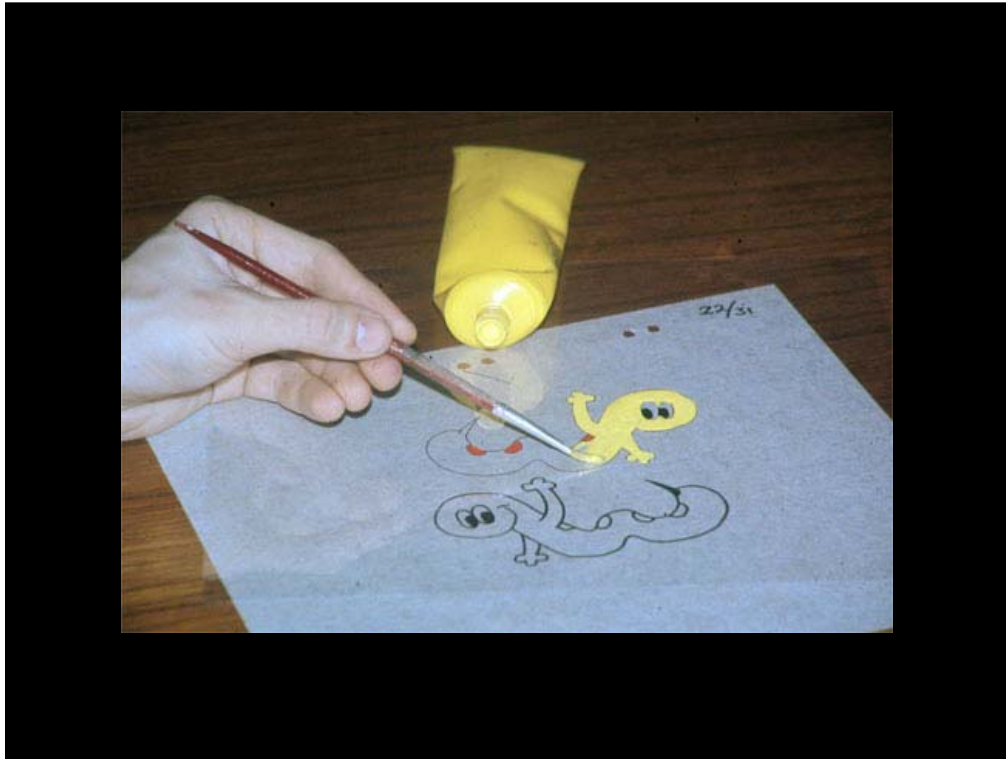
Snövit var den första tecknade långfilmen. Arbetet påbörjades 1934 och hade en planerad budget på \$250.000 ~10 ggr av en normal kortfilm. Disney blev motarbetad av många av sina medarbetare och rådgivare som tyckte det var en usel idé. Den slutliga kostnaden för filmen blev \$1.500.000 – sex gånger så dyr! Den spelade dock in 8 miljoner dollar på bio och blev en global megasuccé. Den fick en Honorary Oscar 1939. Idag har Disney tjänat över 180 miljoner dollar på filmen.



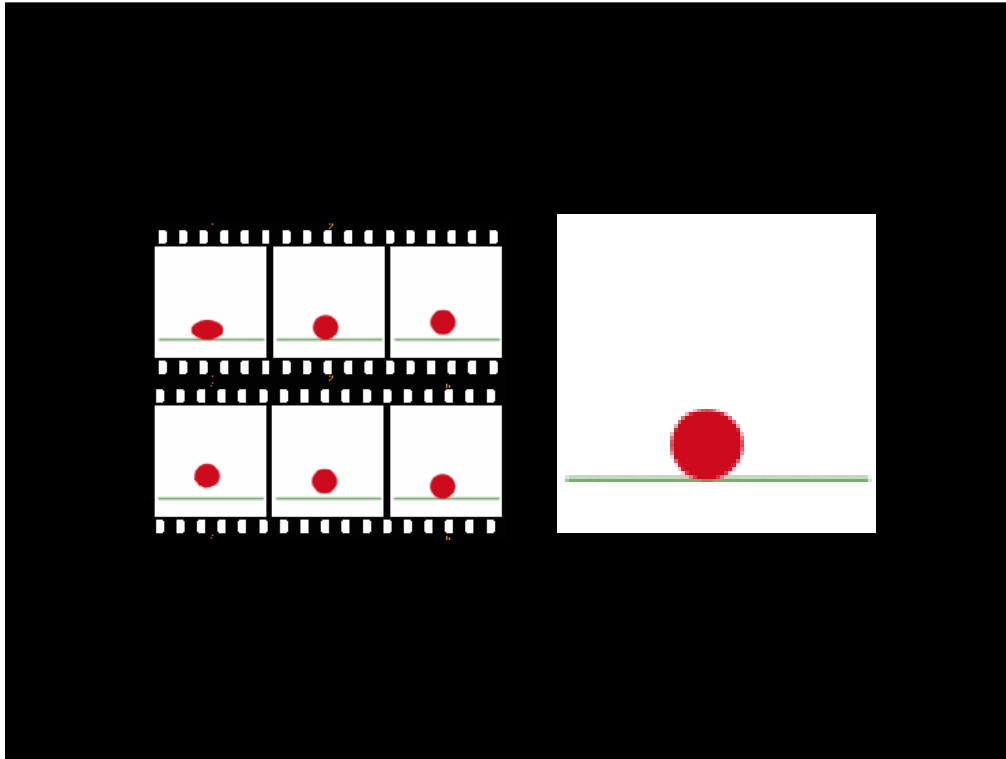
France/Belgium (1998)



Japan (2001)



Cel animation – eller ”traditionell” animation. Teckningarna ritas av med tusch på en genomskinlig cellulosa-film. Sedan färgläggs de med akrylfärg på andra sidan. Därefter vänds de rätt och fotograferas ovanpå en bakgrund, ofta i flera lager. Idag görs de flesta ”tecknade” filmerna i dator.



Det krävs att man kan visa c:a 10 bilder per sekund för att animationen inte ska uppfattas som "hackig". I film används normalt 24. I datorspel brukar man vilja ha minst 30.



King Kong (1933)
Willis O'Brien (1886-1962)



Jason and the Argonauts (1963)
Ray Harryhausen (1922-)

O'Brien startade som serietecknare och skulptör innan han började i filmindustrin, han anställdes av The Edison Company för att göra ett antal kortfilmer med förhistoriska teman. I början av sin karriär använde han sig mycket av modellera, men gick senare över till dockor med gummiskinn över metallskelett.

En av O'Briens studenter, Ray Harryhausen, var så imponerad av O'Briens studenter att han i princip ensam höll stop-motion-kunnandet igång under flera decennier. Till skillnad från O'Brien, som hade en i stort misslyckad karriär, blev Harryhausen mycket framgångsrik. Hans huvudmålsättning har alltid varit att låta animerade karaktärer interagera med verkliga människor. Hans sista film är (hittills) *Clash of the Titans* (1981). *Jason and the Argonauts* innehåller ett par av hans mest kända scener, som den då soldater slåss med skelett. Denna scen tog fyra månader att färdigställa. Idag arbetar Harryhausen som författare och filmrestaurerare. *Jason* är bl.a. Steven Spielberg's favoritfilm.



The Nightmare Before Christmas
Touchstone/Disney (1993)



Henry Selick & Tim Burton

Återintroducerade stop-motion till långfilmsvärlden. Tim Burton skrev en text som senare blev storyn när han arbetade som animatör på Disney. I början av 90-talet kom Burton och Disney överens om att göra en film. Henry Selick som också var disneyanimatör blev filmens regissör. 200 personer arbetade med att färdigställa filmen, som fick premiär 1993. Den har nominerats till flera Oscar. Disney har tjänat c:a 75 miljoner dollar på projektet.



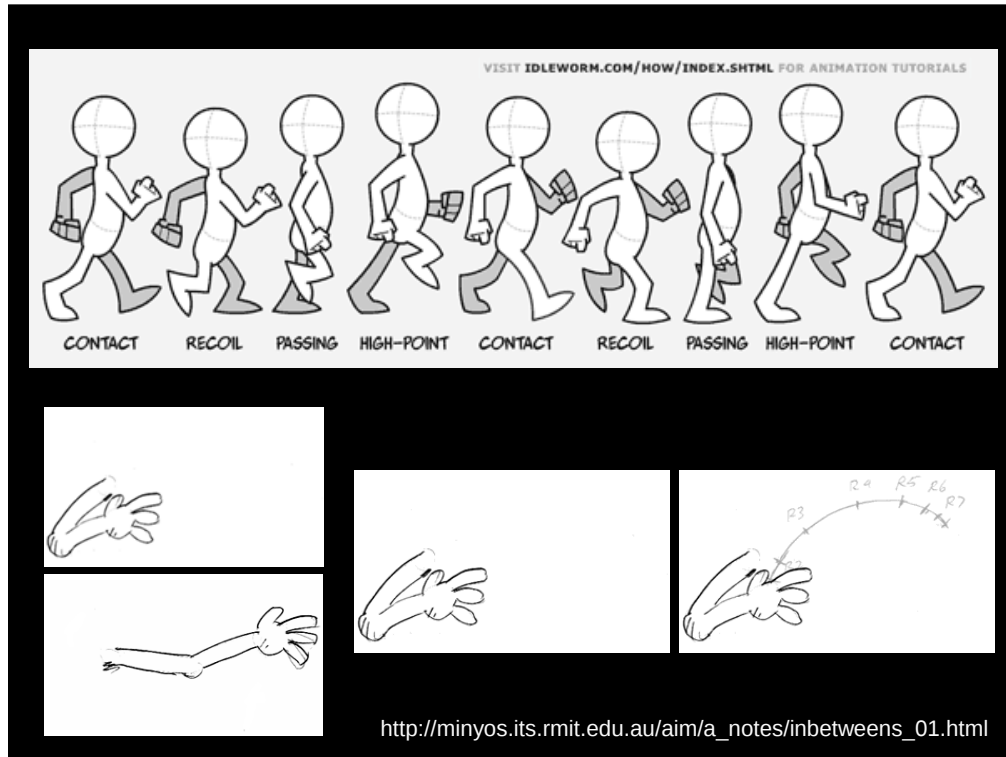
Nick Park (1958-)

Wallace & Gromit (Aardman, 1989-)

Stop-motion fortsätter att leva vid sidan av datoranimation, särskilt inom barn- och kortfilm. Nick Park's karaktärer är idag välkända bland både barn och vuxna.

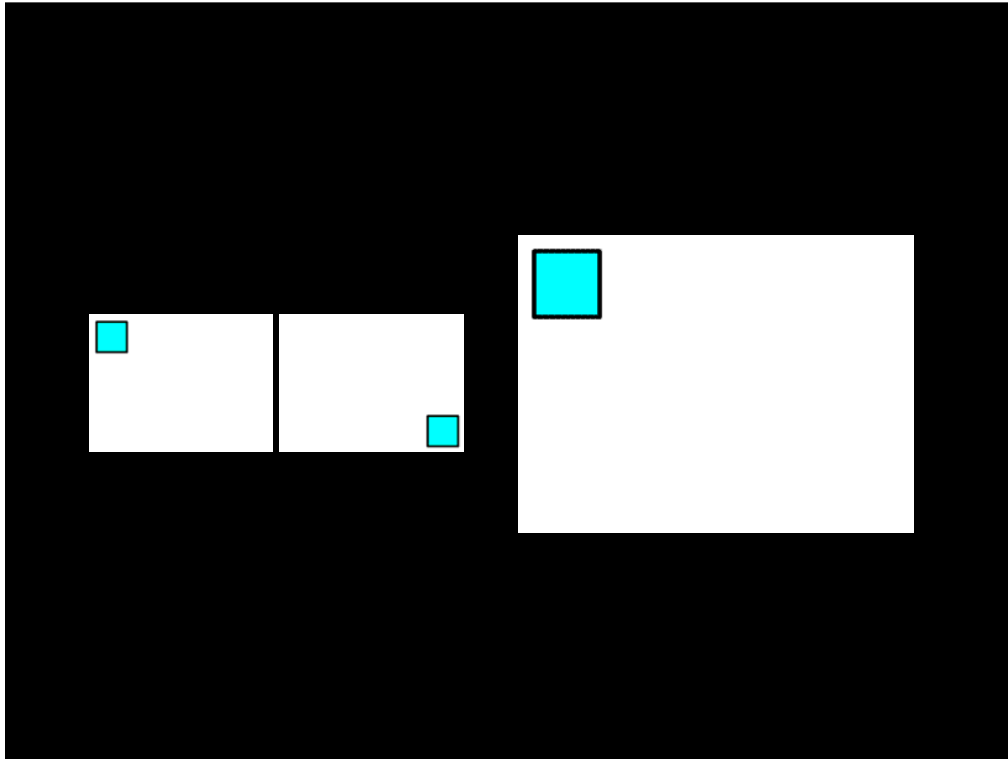
Coraline, baserad på en bok av Neil Gaiman har premiär senare i år.

En mycket intressant intervju med Nick Park (och många fantastiska bilder) finns på www.animationartconservation.com/wallace_gromit.html.

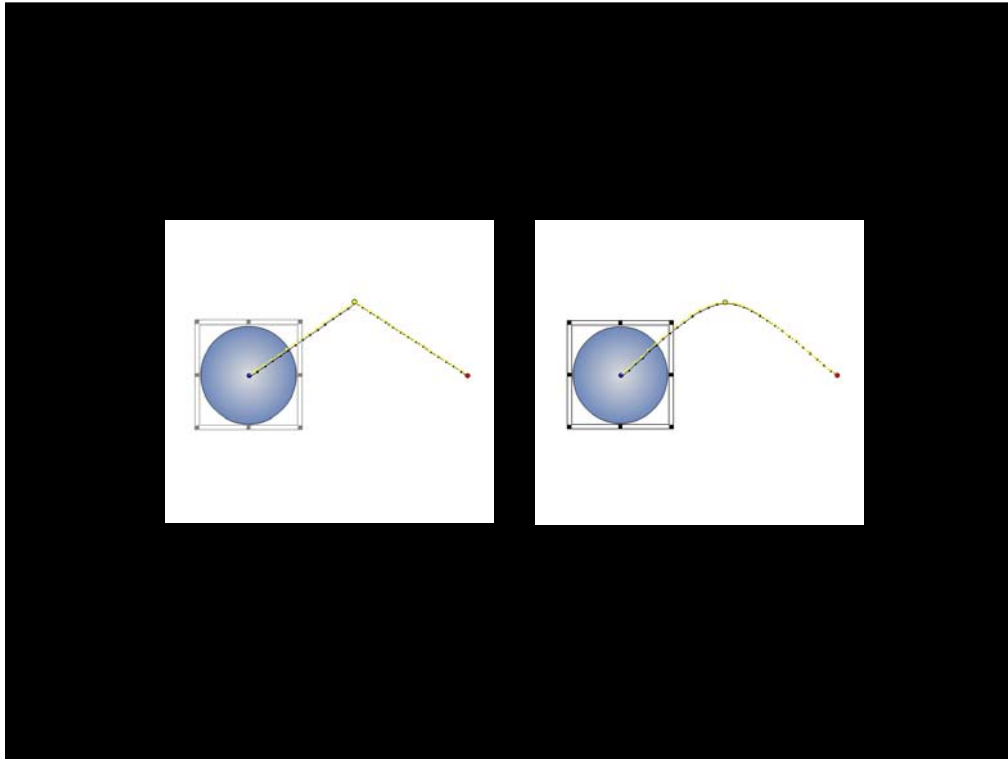


Inom animation utgår man normalt från storyboards (en teknik som lånats från film). Dessa beskriver handling och kamerarörelser, m.m. Utgående från dessa ritas *key frames* av huvudanimatören (pose-to-pose). Ofta har man en huvudanimatör per karaktär och (minst) en person ansvarig för specialeffekter. Bilderna mellan key frames tecknas sedan av assistenter.

Animatörer brukar säga att keyframes beskriver vad som händer, men inte *hur* det händer.



Om man har en datorrepresentation av det som ska animeras kan man låta datorn interpolera mellan key frames.

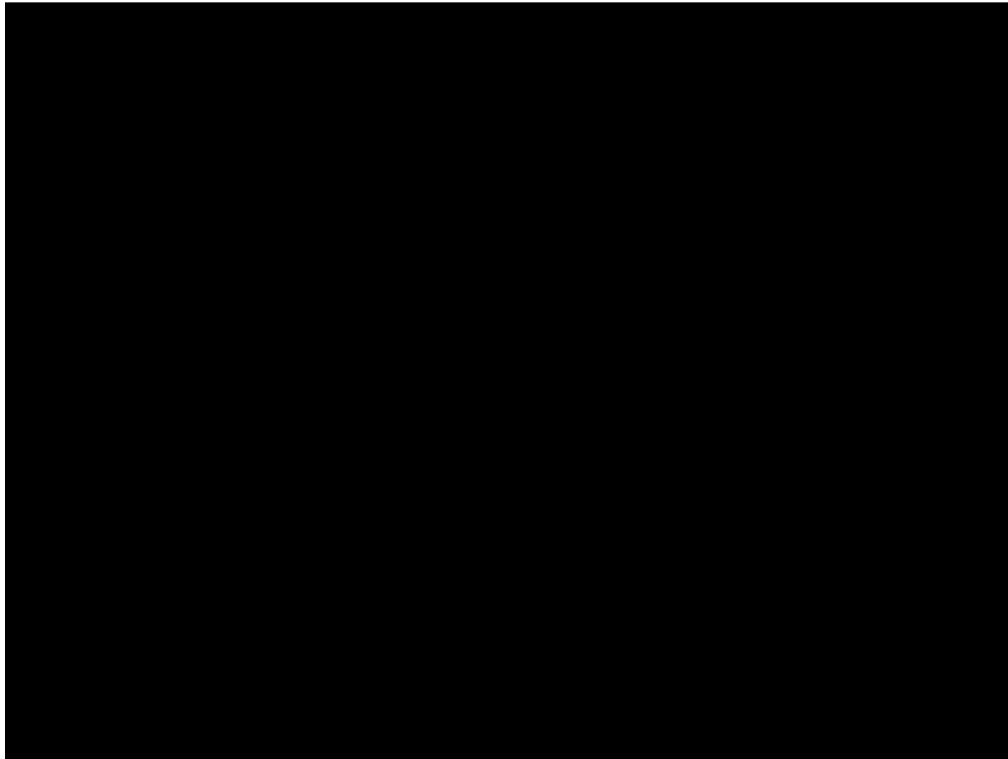


Man måste givetvis inte interpolera linjärt. Mycket av färdigheten inom animation idag ligger i hur man kan arbeta med interpolation mellan key frames.

I datorn kan det krävas många fler keyframes än jämfört med traditionell animation.

Tänk exemplet med armen – datorn vet inte HUR interpolationen ska se ut.

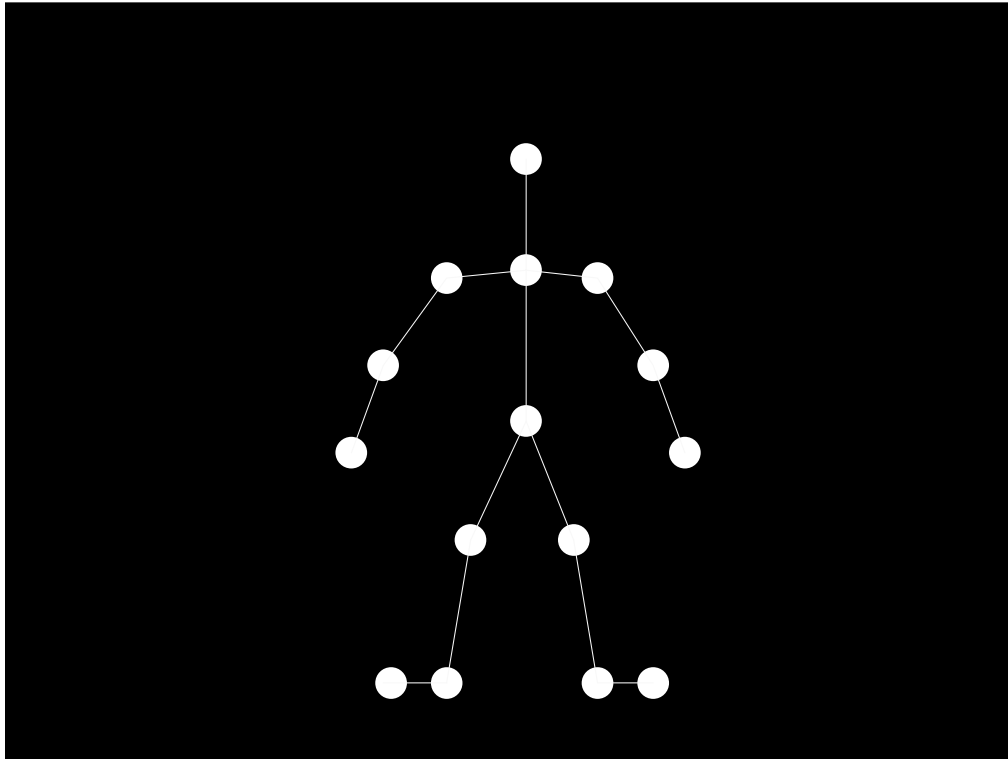
Den kan behöva ”guidas” med ”sekundära” keyframes.



Datorgrafikmodeller består av polygoner (eller andra ytrepresentationer). Hur animerar man dem?

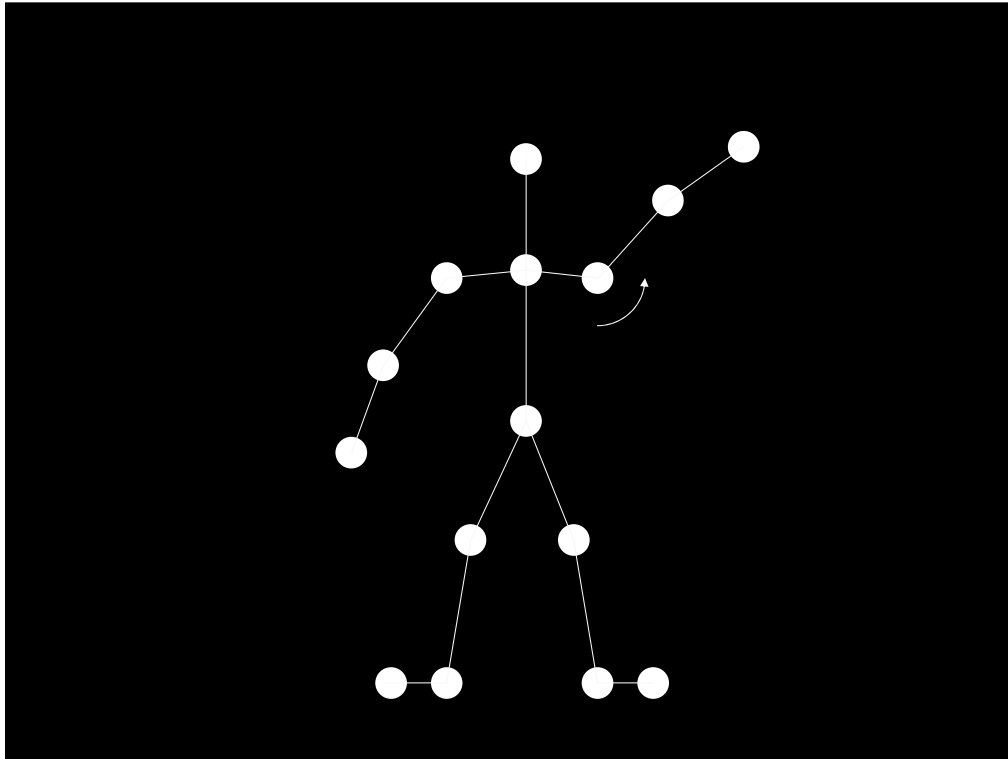
Det finns två huvudapproacher: *Morph target animation* och *skeletal/IK animation*.

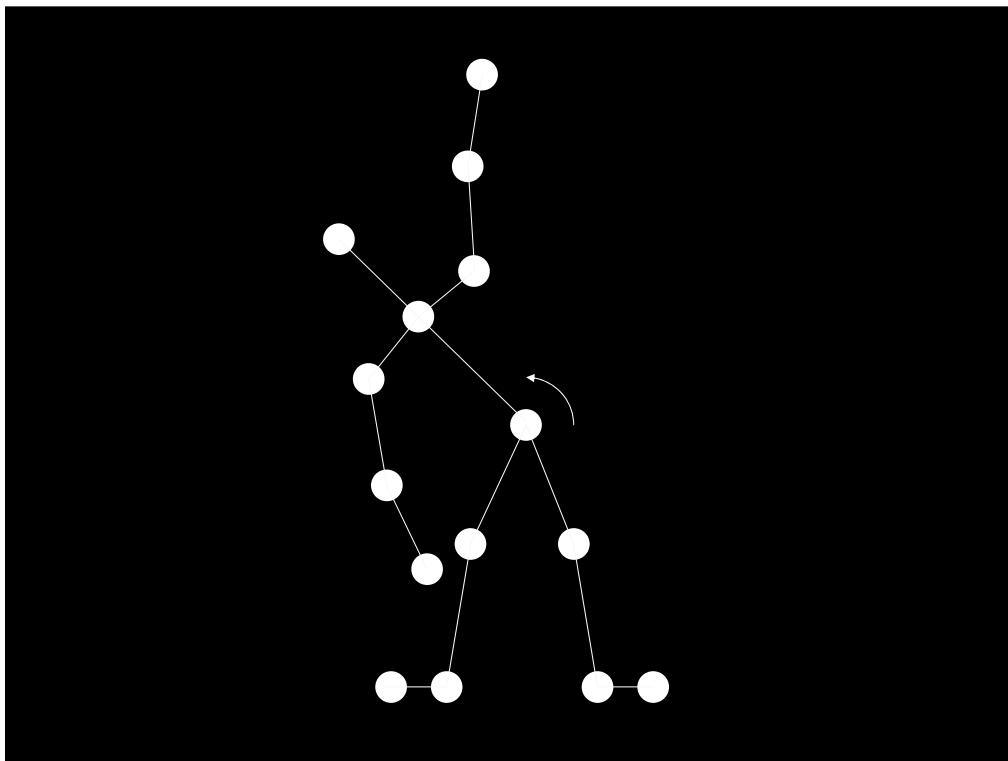
Morph target animation innebär att man flyttar hörnen för sig och interpolerar direkt mellan de två positionerna. Detta är användbart för t.ex. ansiktsanimation och animation där det är ett komplext (synligt) samspel mellan muskler.

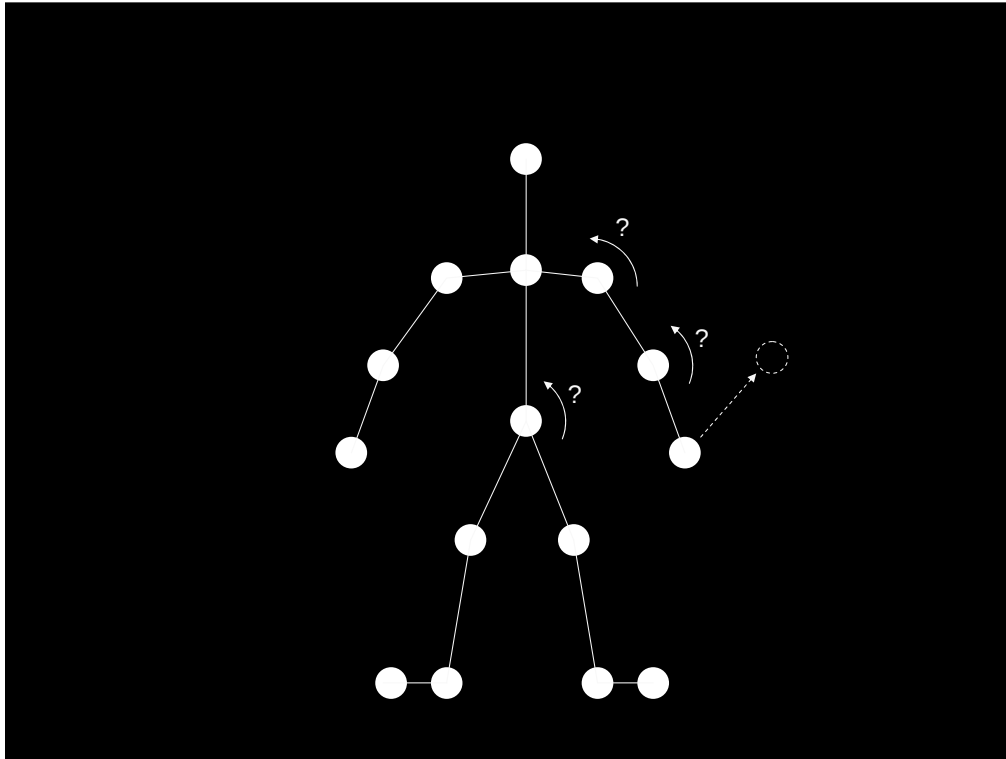


Skeletal animation förutsätter att rörelse kan beskrivas med ett antal *pivotpunkter* (eller leder, *joints*) som är kopplade till varandra med ickeböjliga "pinnar" av konstant längd.

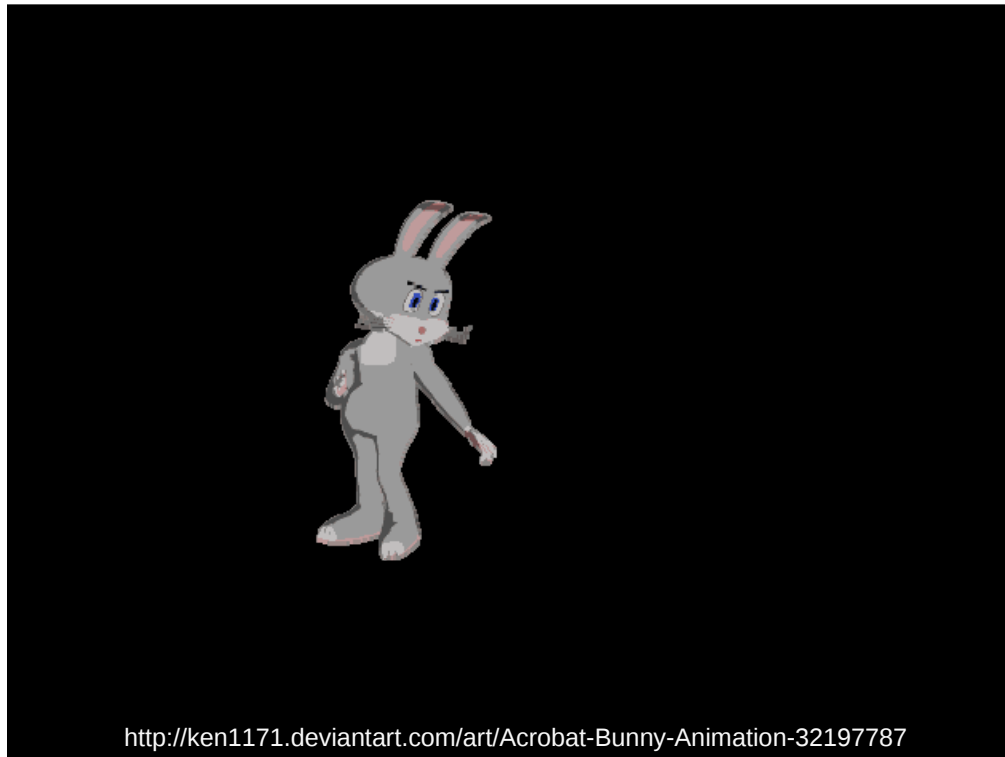
Man animerar genom att flytta pivotpunkterna eller rotera delar av figuren runt dessa. Varför? För att det är naturligare att tänka kroppens rörelse i termer av rotation i leder än att flytta alla delarna oberoende av varandra. När man har två *poser*, eller två uppsättningar rotationsvinklar/positioner kan man låta dessa vara keyframes och låta datorn interpolera mellan dem för att skapa rörelse. Att beskriva rotationsvinklarna som funktion av tiden brukar kallas *forward kinematics*.



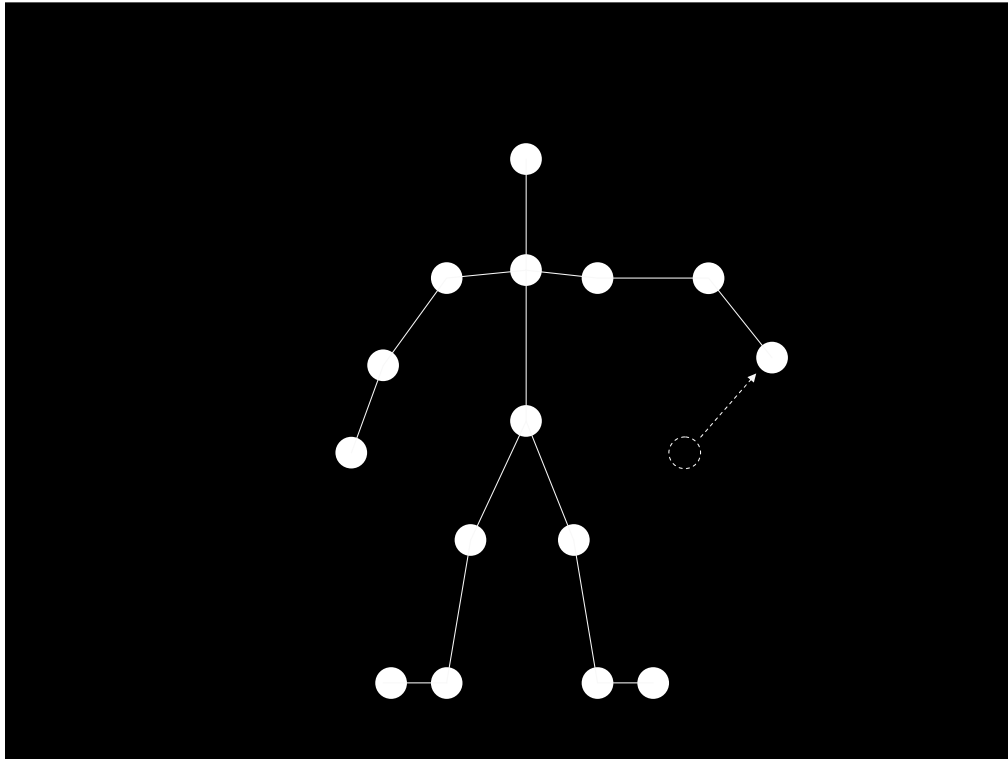




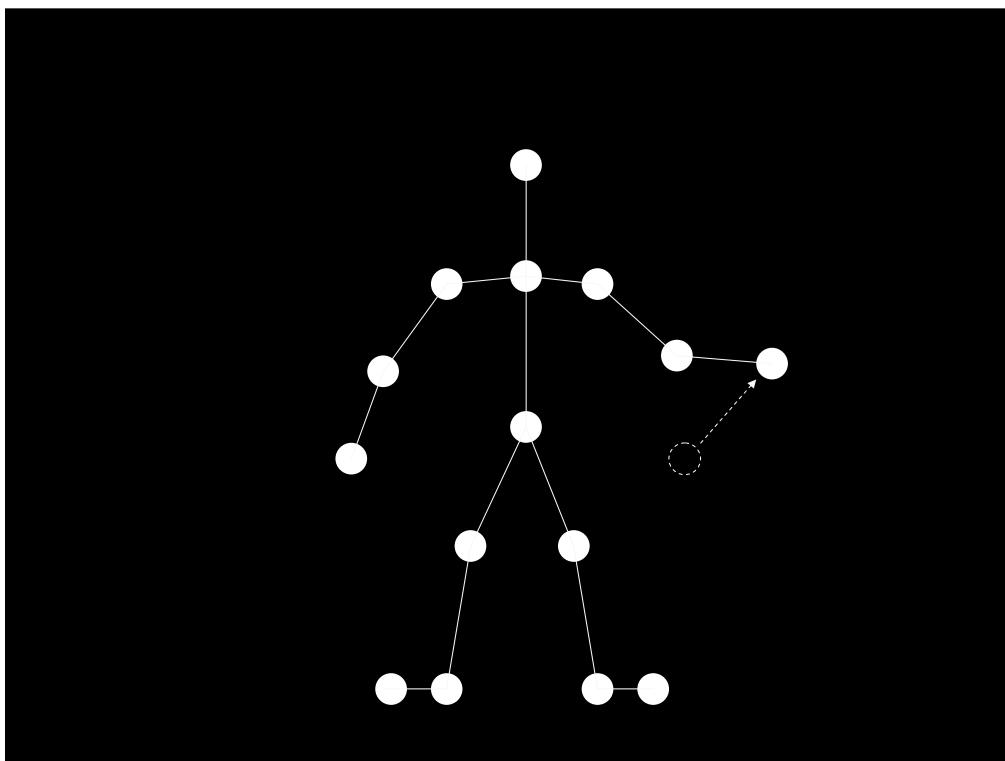
Att låta kroppens rörelse beskrivas genom att låta rotationsvinklarna vara en funktion av tiden kan vara komplicerat ibland. Vilka rotationer ska man t.ex. ha för att handen ska nå den här punkten? Att låta beskriva *positionen på en nod* i hierarkin som funktion av tiden och låta datorn räkna ut vinklarna brukar kallas *inverse kinematics*.

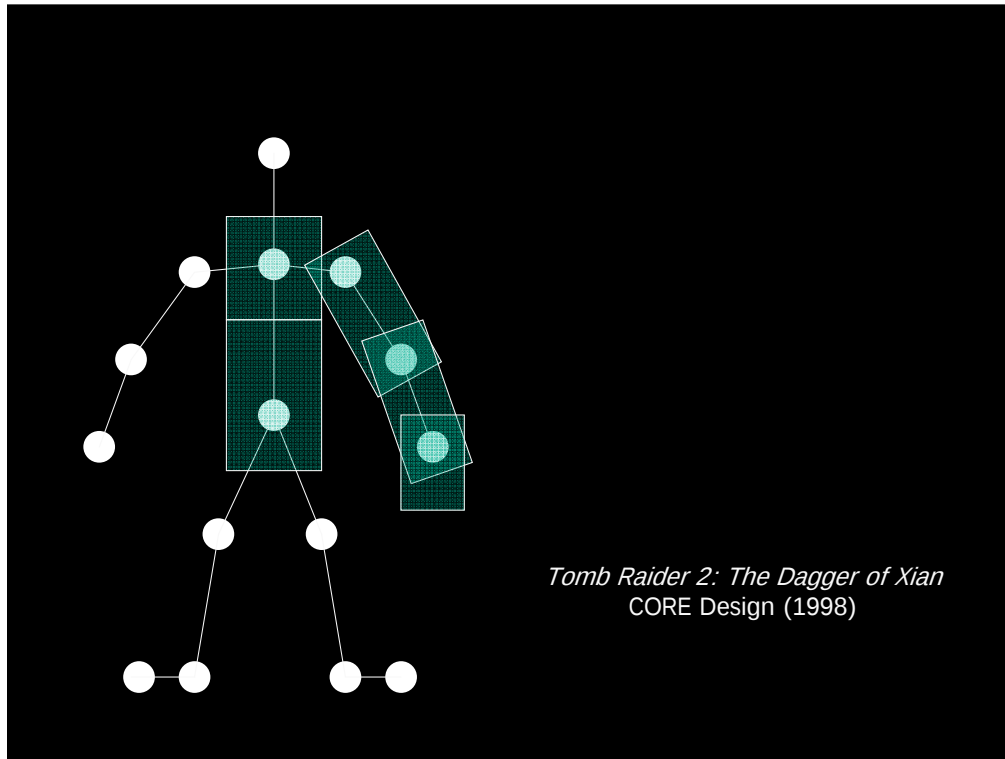


Ett mycket, mycket vanligt problem inom keyframeanimation är *foot sliding*. Det kommer av att när man flyttar kroppen är det svårt att animera vinklarna i ben och fötter så att fötterna "sitter fast" i marken. Detta kan man (delvis) lösa med hjälp av IK. Nästan all modern datoranimation är en kombination av forward och inverse kinematics.



IK är ett *överbestämt optimeringsproblem*. Det innebär att det ofta finns mer än en lösning som ger ett "korrekt" svar. Hur man väljer lösningsmetod påverkar rörelsen jättemycket. Ofta arbetar man med metoder som minimerar arbetet som åtgår i förflyttningen, det visar sig att det ofta leder till "naturliga" rörelser. Men det är ju inte säkert att det är det man vill ha!



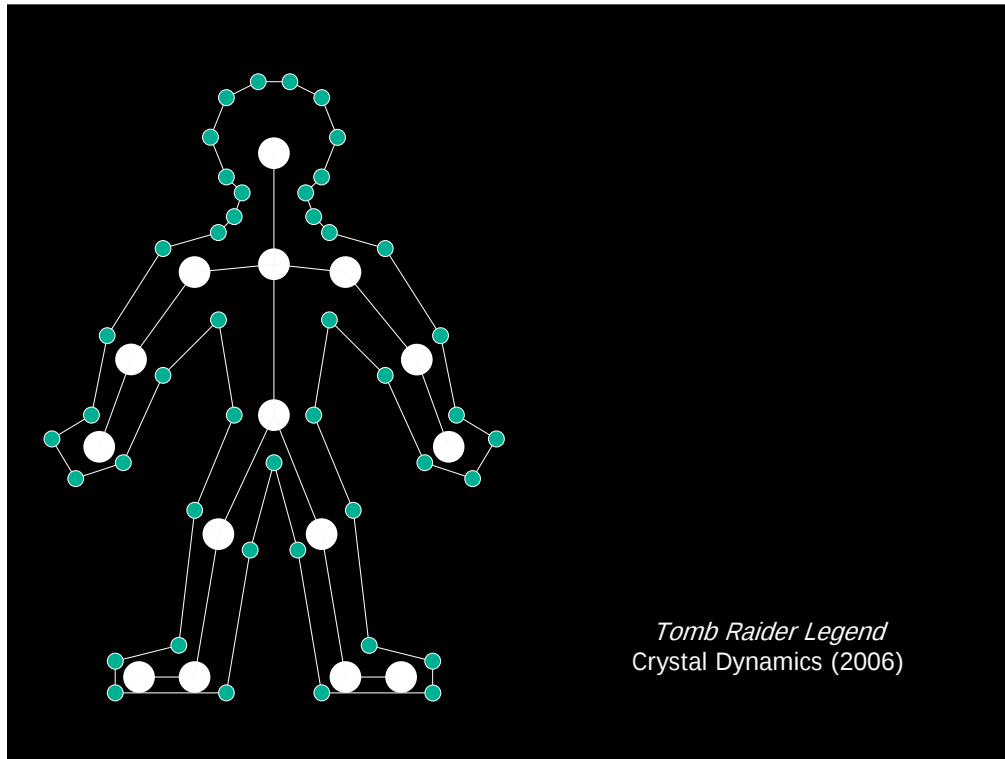


Nu har vi pratat om animation av hierarkin, men hur får man en datoranimerad karaktär att röra sig?

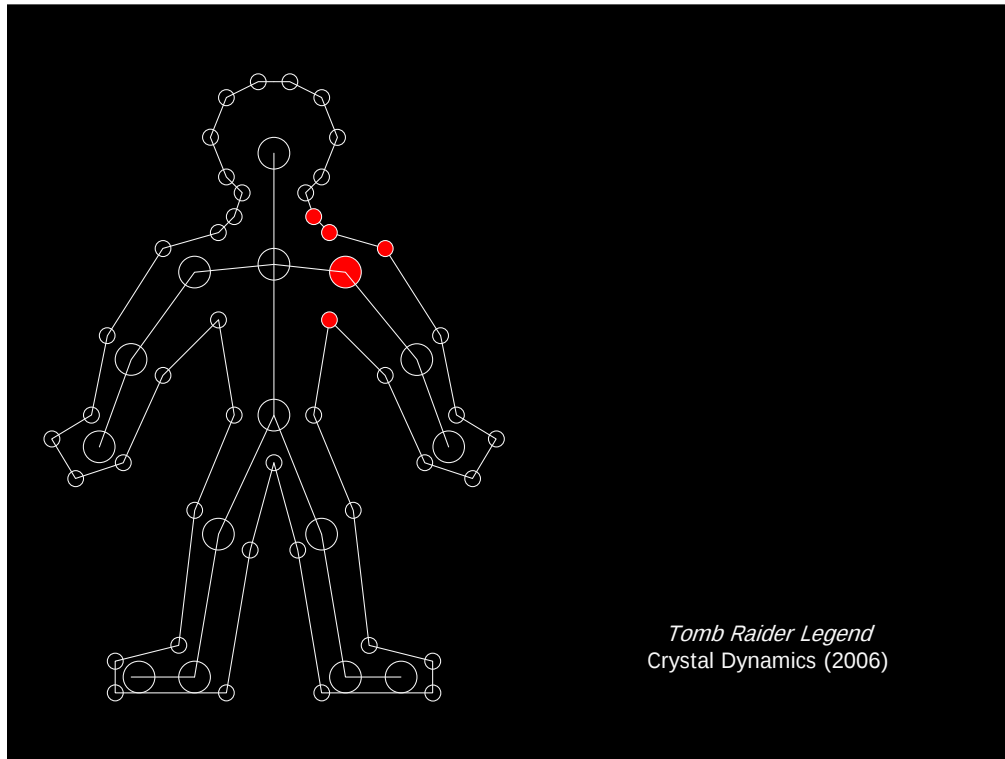
Hierarkin är ju egentligen en samling rotations- och translationstransformationer.

Ett sätt är att helt enkelt traversera hierarkin och rita geometri i de lokala koordinatsystemen allteftersom.

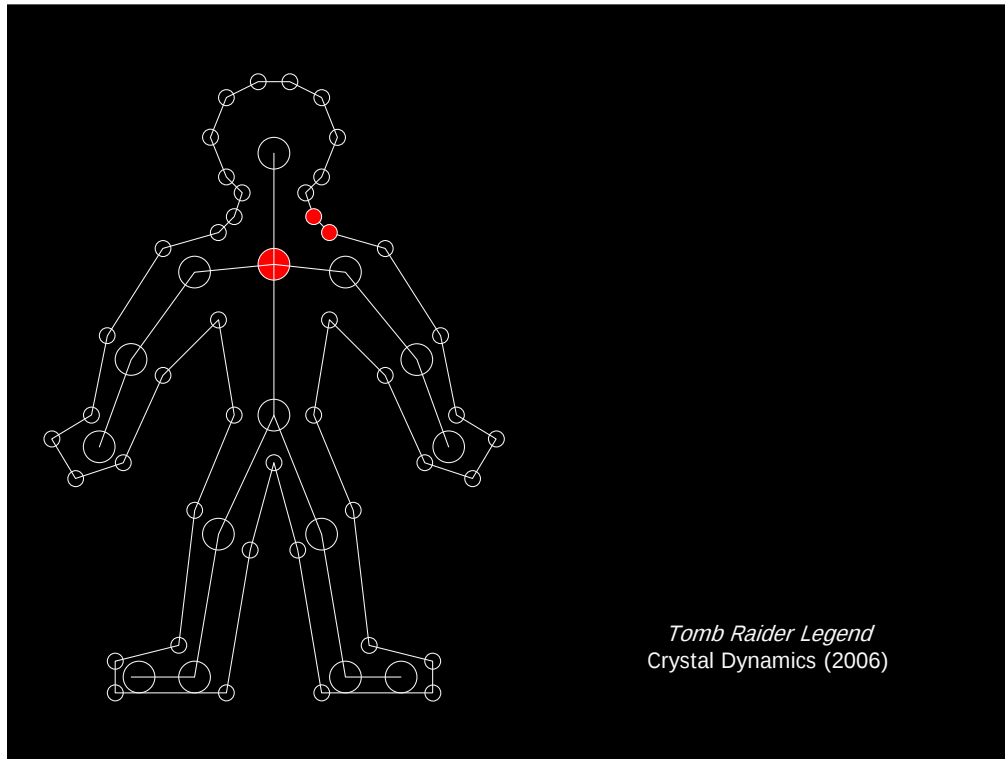
Detta var vanligt i tidiga 3D-spel, t.ex.



Ett bättre sätt är att beskriva modellen som en samling polygoner och beskriva hur respektive hörn påverkas av hierarkin. Detta kallas *skinning* eller *rigging*.

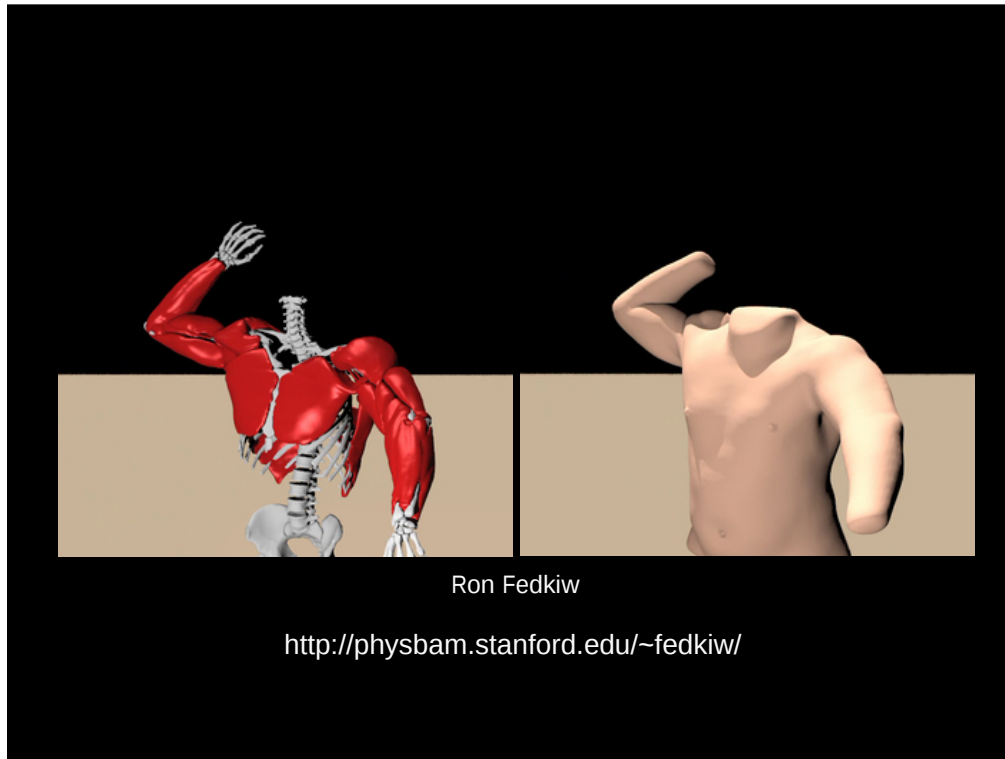


Den här noden i hierarkin ska kanske t.ex. påverka de här tre hörnen. Men varje hörn tillåts påverkas av mer än en nod...

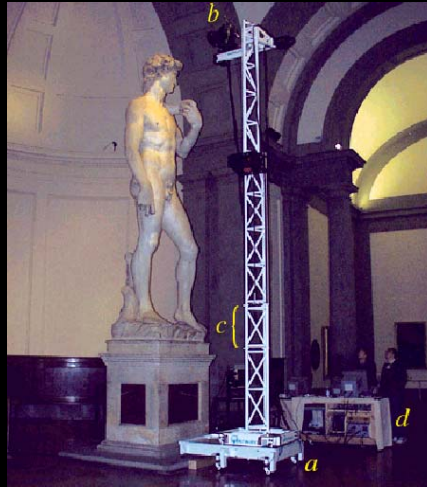


...så de här hörnen påverkas t.ex. också av denna nod!

Hur mycket noderna påverkar ett hörn brukar skrivas som en linjärkombination av de positioner man får om man applicerar resp. nods transformation på hörnet. Hur mycket som ska viktas in av varje transformation är lite av en svart magi och kräver erfarenhet för att bli bra.

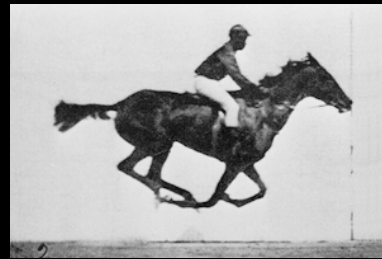
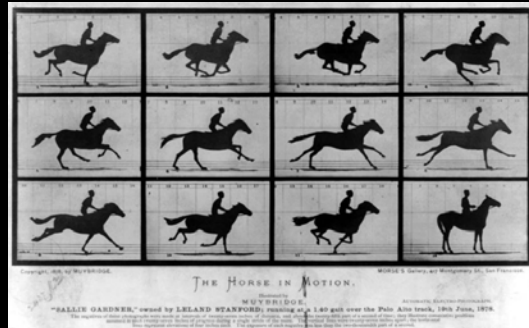


Man kan utöka hierarkin med särskilda noder som påverkar t.ex. muskler. Idag bygger man ibland hela muskelsystem som ändrar storlek och form baserat på hur "benen" i transformationshierarkin ligger. Dessa former påverkar sedan "skinnet" ovanpå.



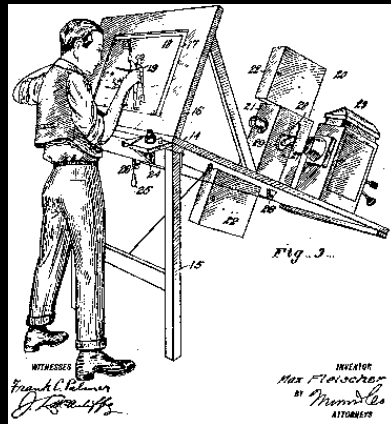
The Digital Michelangelo Project
Stanford University (2000)

Vi kan använda 3D-scanners för att fånga form. Kan vi använda teknik för att också fånga rörelse?

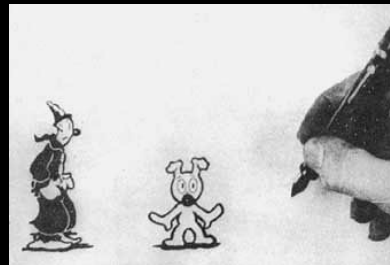


The Horse In Motion
Eadweard Muybridge (~1878)

Att fånga rörelse genom att filma och sedan använda filmrutorna är en gammal idé. Ett av de tidigaste exemplen var resultatet av ett vad: huruvida hästens samtliga fyra hovar någon gång under galopp lämnar marken samtidigt. För att bevisa detta satte han upp ett antal stillbildskameror i rad och spände snören från kamerorna tvärs över vägen. Då hästen sprang förbi och kom i kontakt med ett kamerasnöre togs bilden. Muybridge vann vadet, men sägs ha spenderat mer pengar på experimentet än vinstsumman!



Max Fleisher's patent (1914)



Koko Chops Suey (1927)

Då man fångat rörelse på film kan man naturligtvis rita ovanpå bildrutorna, eller kalkera av dem. Max Fleischer fick patent på en variant som kallades *rotoscope*. Idén går ut på att man projicerar en bild på en yta och sedan ritar ovanpå projektionen. Han använde sin uppfinning för att producera en rad animationer under namnet *Out of the inkwell* mellan 1919 och 1929.

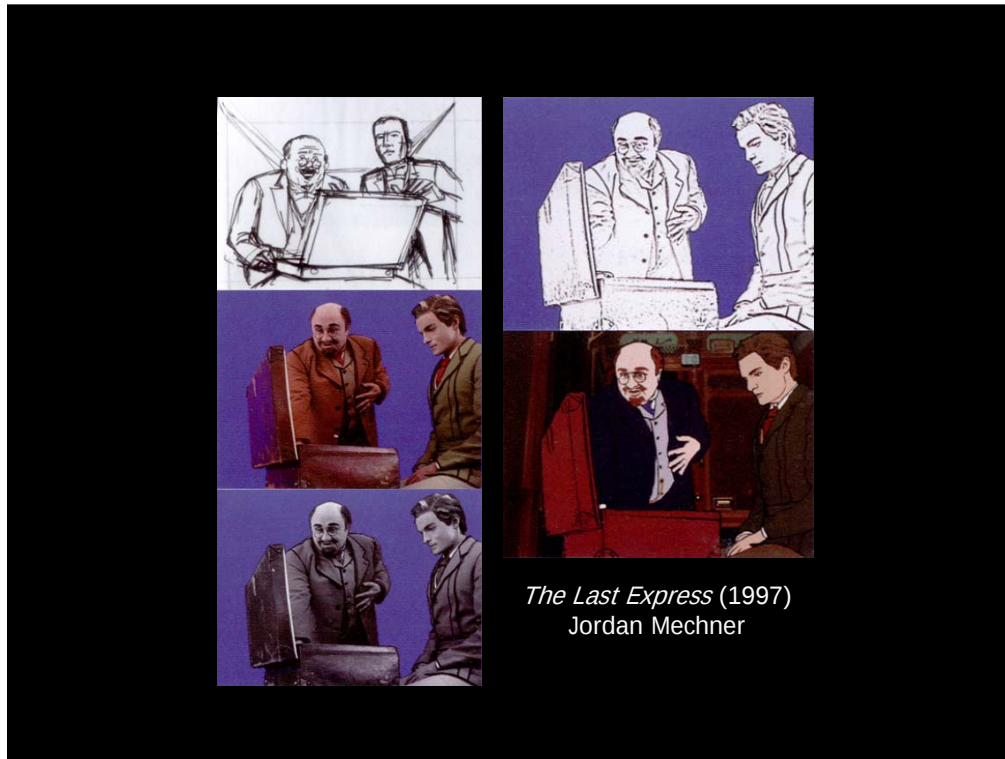
Att ta hjälp av film för att fånga rörelse kallas idag fortfarande för *rotoscoping*. Tekniken användes flitigt av Walt Disney Studios under dess storhetsår. I *Snövit* och *Askungen* finns mycket material som är direkt rotoscope, medan man i senare filmer snarare använde tekniken för att studera rörelse.



The Lord of the Rings (1978)
Ralph Bakshi

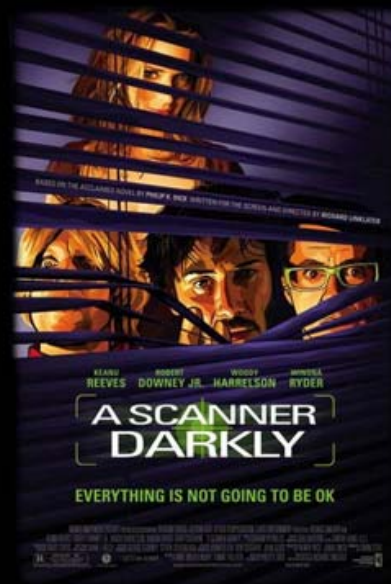


En av de mest kända (och omtalade) rotoscoping-filmerna är Ralph Bakshi's *Sagan om Ringen*. För att dra ner på produktionskostnaden använde man mycket rotoscoping. Filmen spelade in godkänt med pengar, men blev aldrig någon kritikersuccé. Den planerade uppföljaren spelades aldrig in (filmen slutar efter slaget om Helms klyfta).

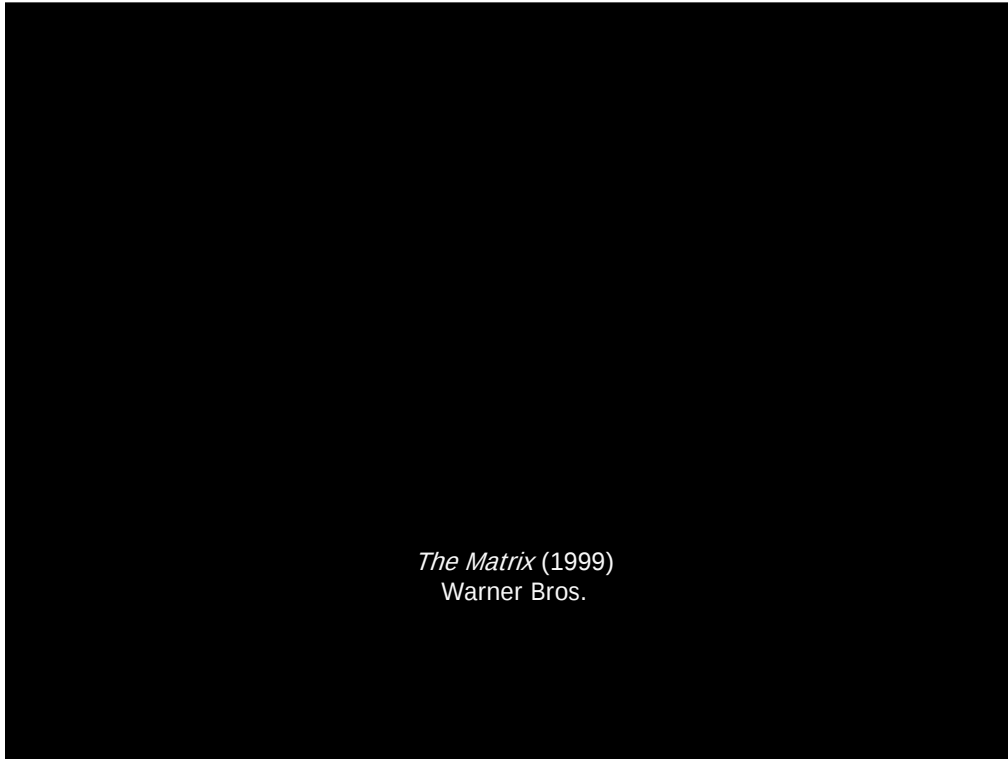


Metoden har bl.a. använts i datorspel, här *The Last Express* från '97. Man använde sig av riktiga skådespelare som filmades mot bluescreen. Efter att filmen spelats in skickades konverterades varje bildruta till gråskala ock skickades genom ett edge-detection-filter. Därefter kunde animatörer gå in och fylla i linjer, ta bort brus och färglägga. Notera hur skådespelarnas smink och kläder är markerade för att konturerna ska synas extra tydligt.

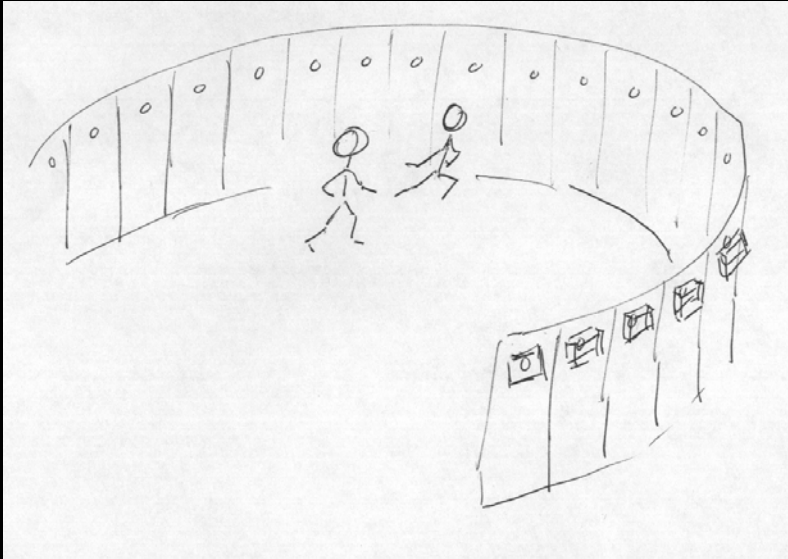
A Scanner Darkly (2006)
Warner Independent



Effekten används fortfarande ibland i film för att åstadkomma en speciell design. Här är ett exempel från 2006.



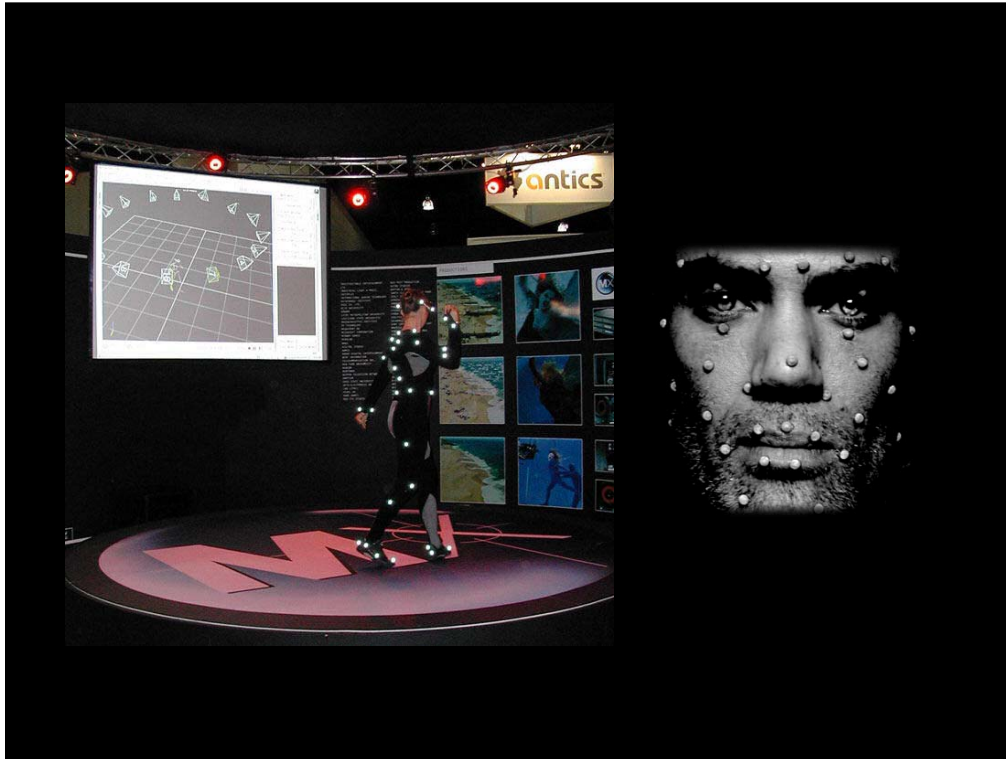
Eadweard Muybridge's och Max Fleisher's upptäckter fortsätter att inspirera. I filmen *Matrix* från 1999 finns t.ex. en effekt som fått namnet *bullet time*.



Runt karaktärerna finns ett stort antal digitalkameror. Om alla tar en bild samtidigt har vi fångat karaktärerna från olika håll vid en punkt i tiden.

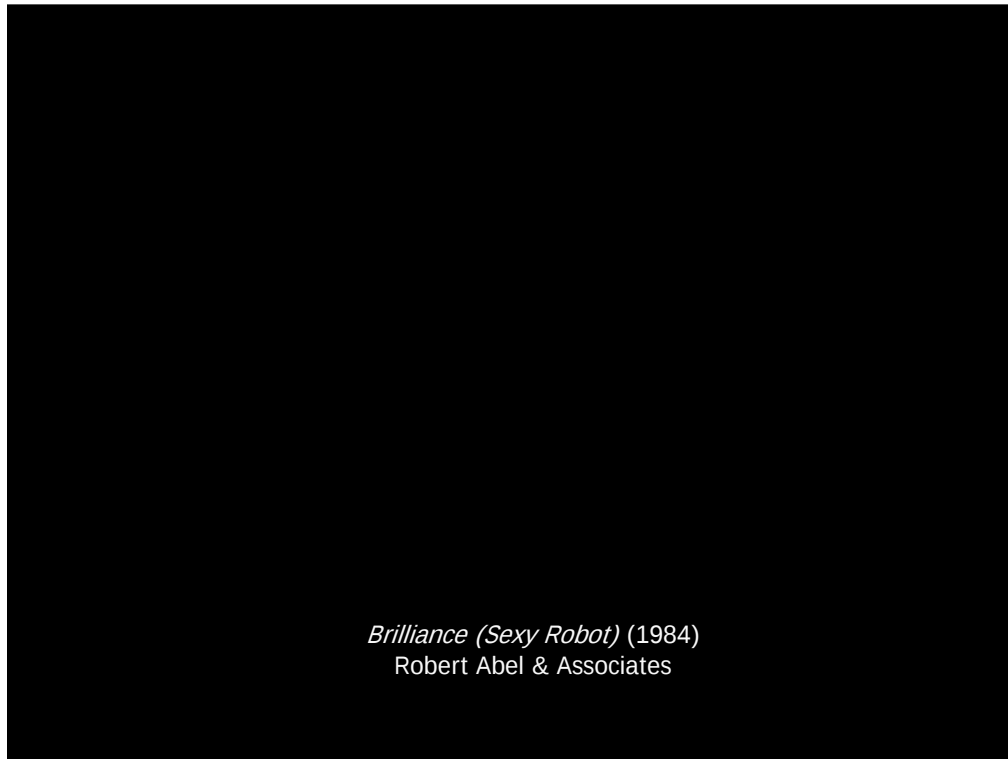
Om vi visar bilderna i sekvens ser det ut som om vi åker runt karaktärerna samtidigt som de är frysta i tiden.

Om bilderna tas med en liten fördröjning kommer karaktärerna röra sig lite under tiden vi åker runt, ett sorts "slow-motion".



Ett annat sätt att fånga rörelse med kamerans hjälp är s.k. *motion capture*. Tekniken går ut på att man återvinner 3D-positioner för markörer som placerats på en skådespelare genom att triangulera bilden från två eller fler kameror. När markörernas rörelse i 3D har räknats ut kan man låta den styra ett hierarkiskt skelett, precis som i forward kinematics.

Idag finns många sätt att undvika markörerna och verktygen blir alltmer avancerade. Man använder sig ofta av algoritmer som utvecklats inom datorseende.

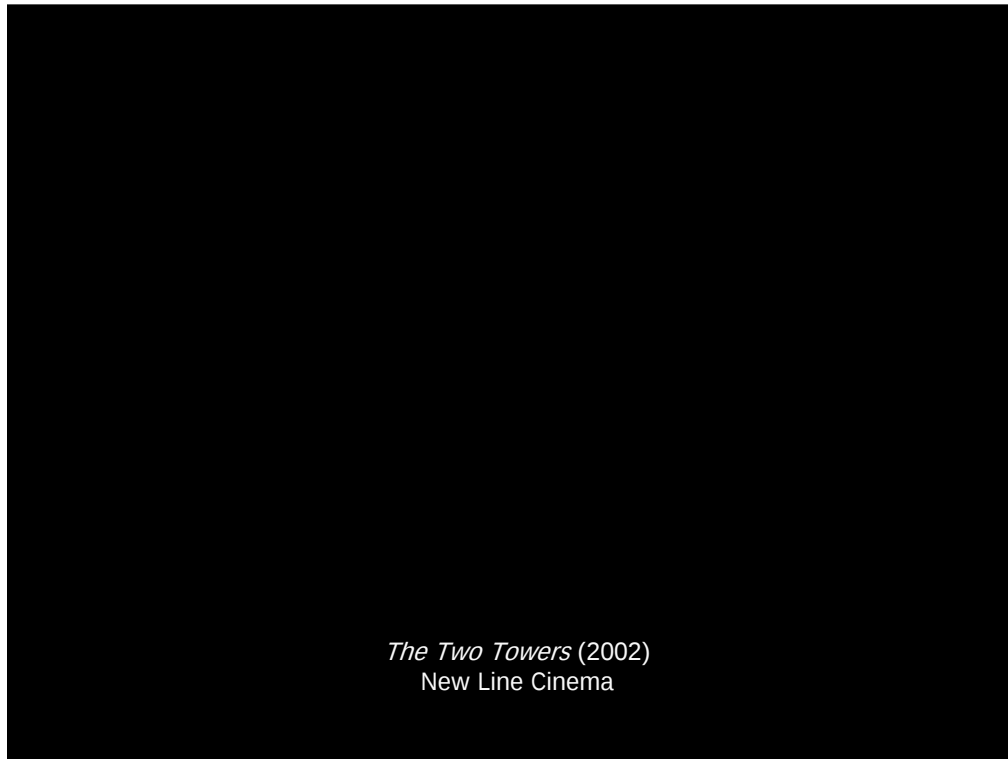


Det tidigaste exemplet på detta var reklamfilmen *Brilliance* av Robert Abel m.fl. 1984. Här räknade man dock ut positionerna för markörerna för hand, utan triangulering.

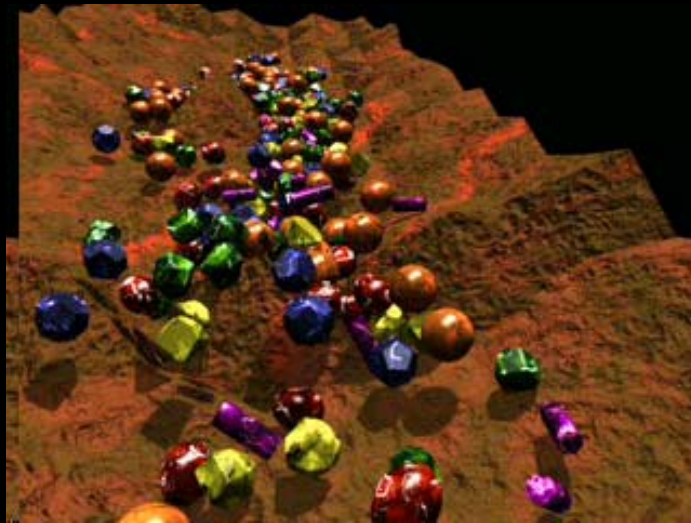


www.image-metrics.com

State-of-the-art.

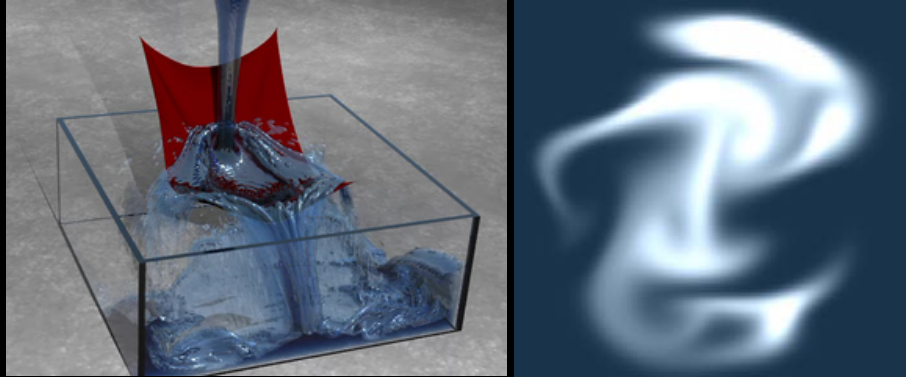


Det är inte ovanligt att man kombinerar tekniker. Gollum, t.ex., är delvis motion capture, delvis keyframing. Ansiktet, t.ex., handanimerades. Man redigerade också en hel del av motion capture-informationen för att hans rörelser skulle bli mer "gollum-lik".



The Timewarp Animation Algorithm
Brian Mirtich (2000)

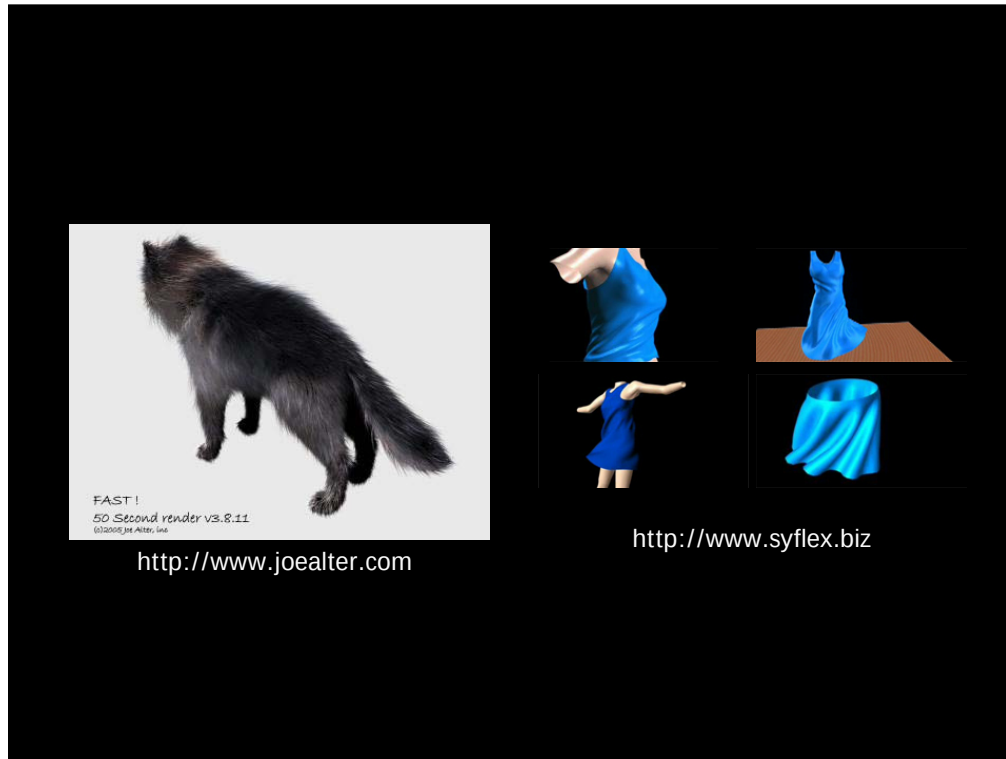
Man kan också utgå från Newtons lagar för att *simulera* rörelse. Den enklaste varianten är fastkroppsanimation (*rigid body animation*).



Ron Fedkiw

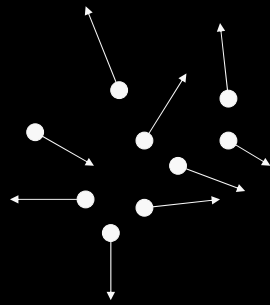
<http://physbam.stanford.edu/~fedkiw/>

Genom att simulera/integrera Navier-Stokes' ekvationer kan man simulera hur vätskor eller rök rör sig. Idag kan en hel del sådan simulering göras i realtid.



Kläder och hår brukar idag också animeras med hjälp av simulering. Man brukar prata om sekundär rörelse, *secondary motion*, d.v.s. rörelse som uppstår i kläder, hår, eller andra "lösa delar" som resultat av att en karaktär rör sig. Att få sådan rörelse att se naturlig ut när den animeras för hand kräver lång erfarenhet.

Partikel: vikt och hastighet.
Påverkas av krafter.



Newtons ekvation:

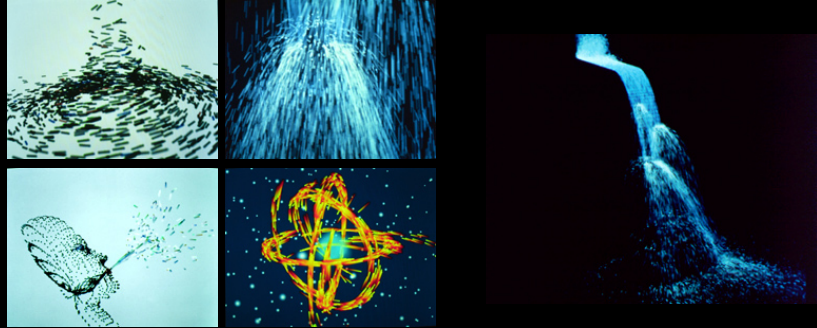
$$F = ma$$

eller

$$\frac{d^2x}{dt^2} = F / m$$

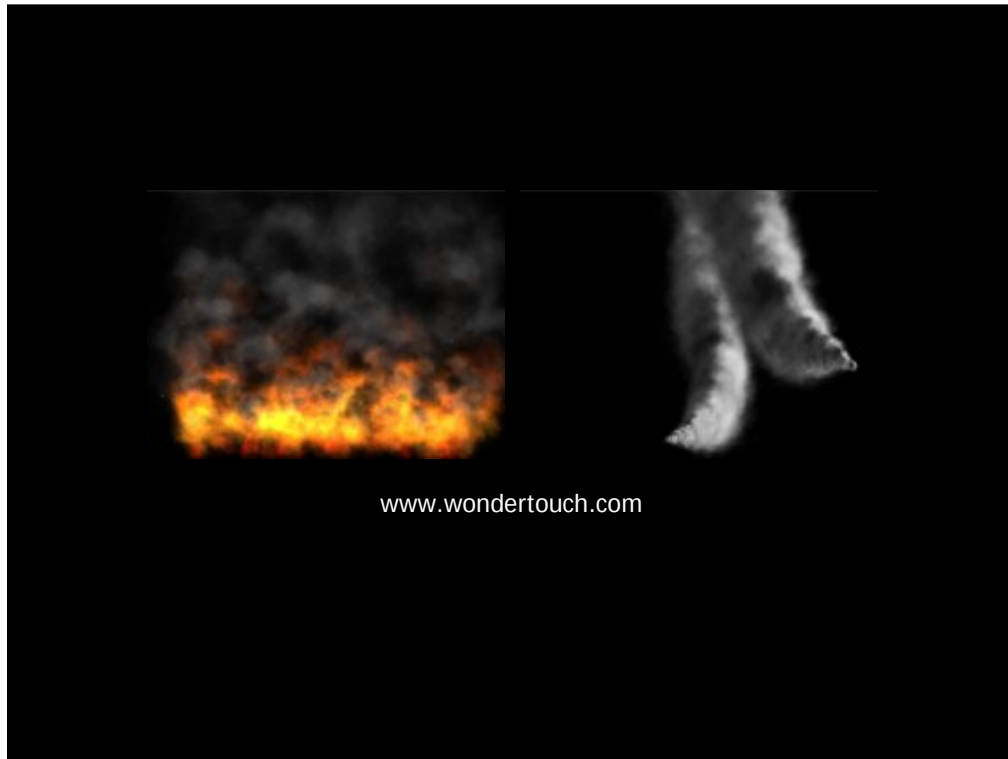
Löses med numeriska
metoder.

En av de enklaste varianterna av fysikbaserad animation är *partikelsystemet*. Man simulerar ett antal punktmassors rörelse i ett kraftfält. Man förutsätter att partiklarna inte har någon utbredning i rummet och att de inte kan kollidera med varandra.

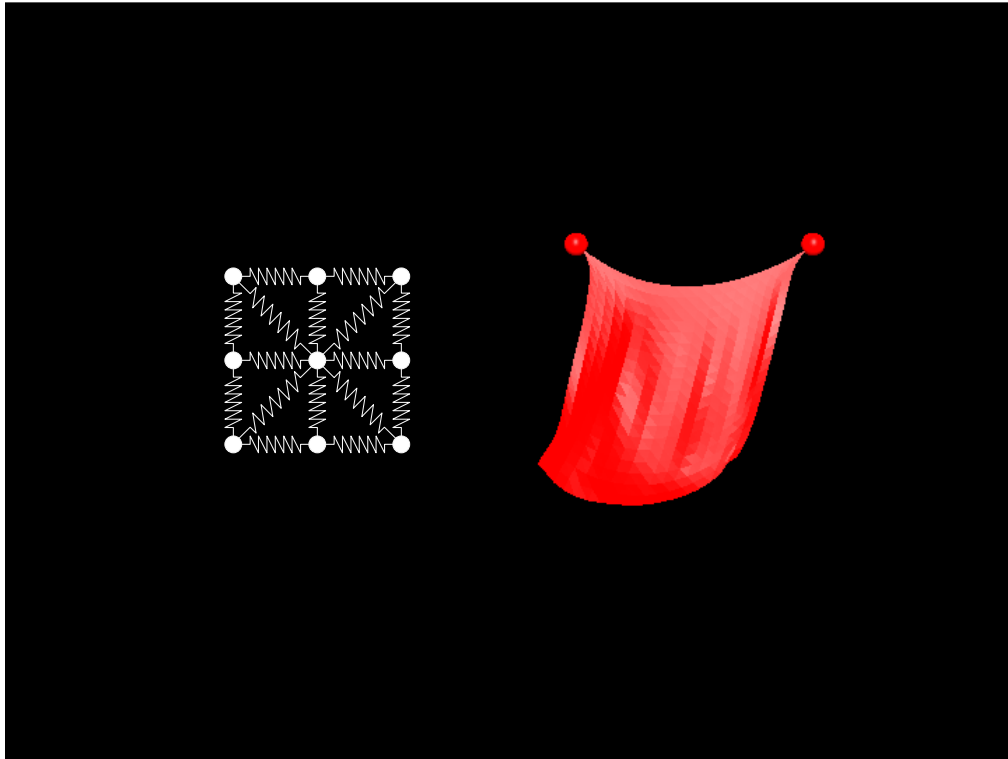


Particle Dreams (1988)
Karl Sims

När datorerna blev tillräckligt kraftfulla emot slutet av 80-talet gick det att skapa filmer som denna. Simuleringen krävde en multicore-Cray-dator.

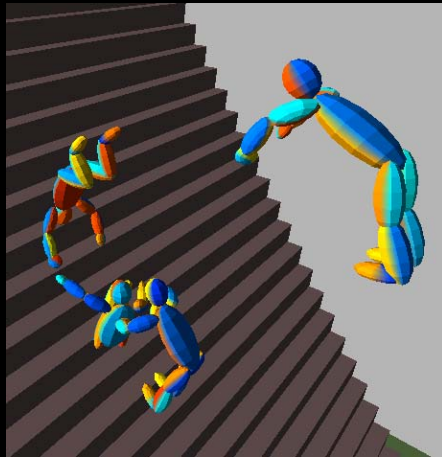


Det är inget som hindrar att man ritat andra saker än punkter – en billboard/impostor centrerad i varje partikel går förstås också bra!

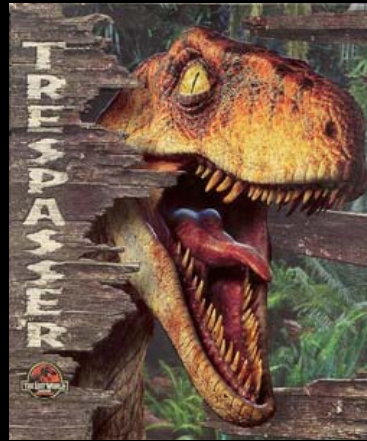


Genom att sätta "fjädrar" mellan par av partiklar eller via andra s.k. **constraints** kan man simulera t.ex. tyg.

Kräver också **kollisionsdetektion** för att tyget inte ska korsa sig självt eller andra objekt.



<http://www.rowlhouse.co.uk/jiglib/>

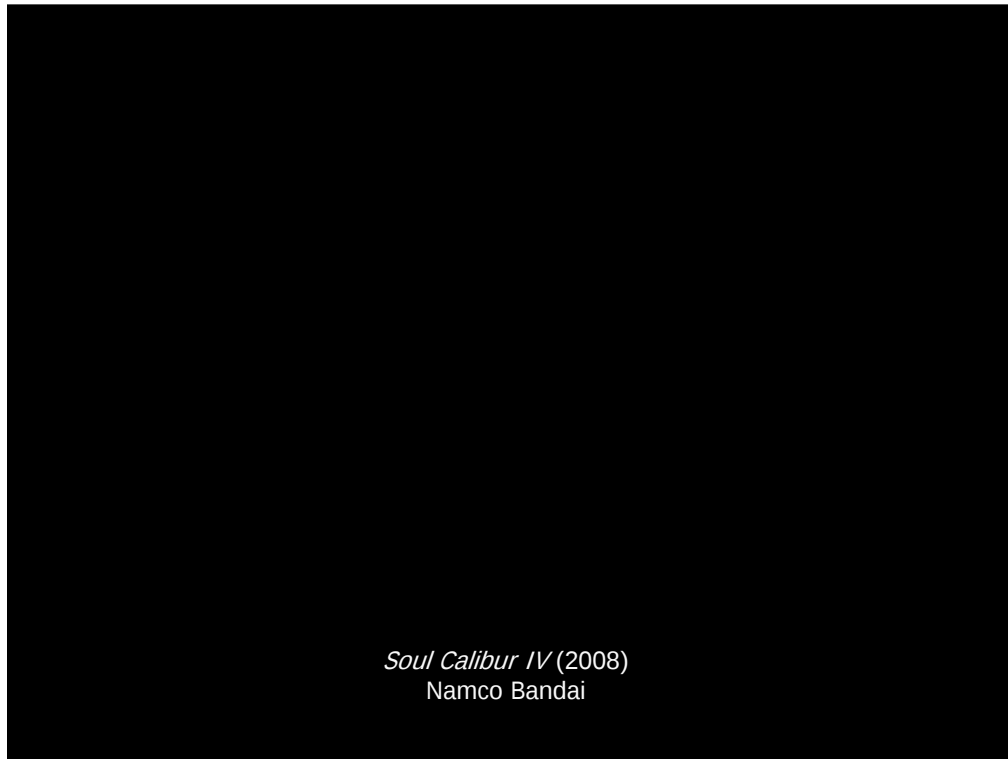


Jurassic Park: Trespasser (1998)
Electronic Arts

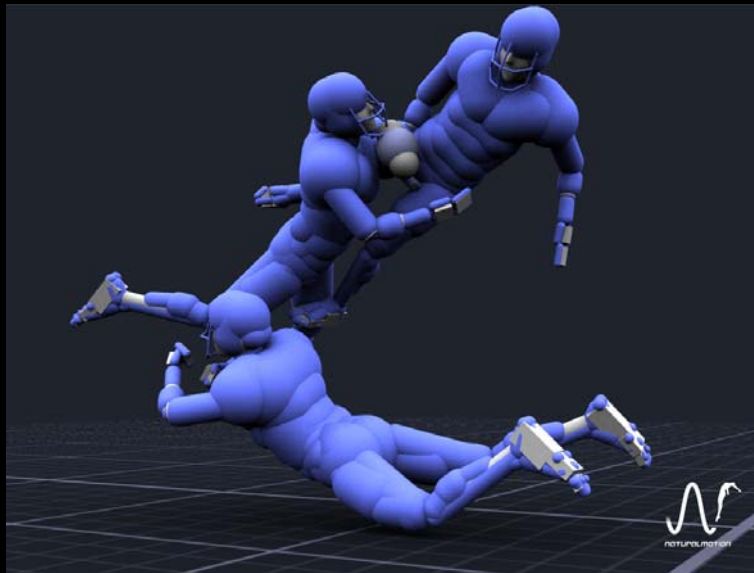
Ragdoll physics - en variant av inverse kinematics.

Behandla pivotpunkterna som partiklar. Inför constraints som gör att de t.ex. inte får komma för långt ifrån varandra. Ofta har man också en enkel form av friktion.

Det första spelet som hade ragdoll physics sägs vara *Jurassic Park: Trespasser* från 1998.

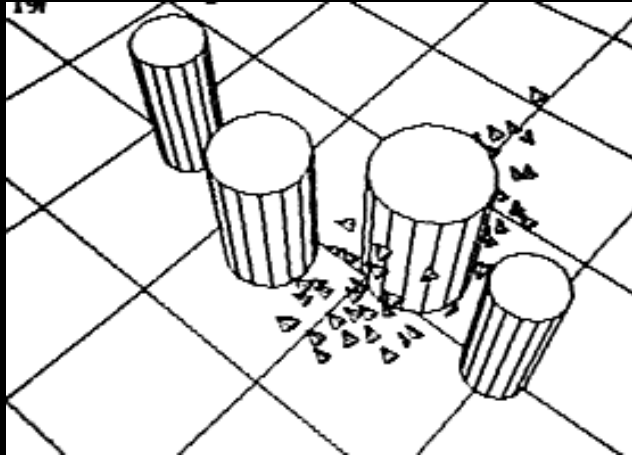


I datorspel används ofta kombinationer av motion capture, forward kinematics, inverse kinematics och ragdoll physics. Fightingspel är bra att studera om man är intresserad.



<http://www.naturalmotion.com>

State-of-the-art är att blanda mellan fysikbaserad och "vanlig" animation, att kombinera artificiell intelligens (man talar om *behaviours*) med fysiksimuleringar.

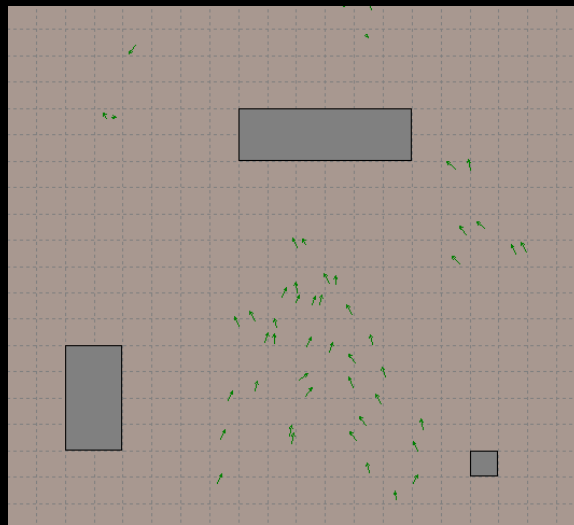


Boids
Craig Reynolds (1986)

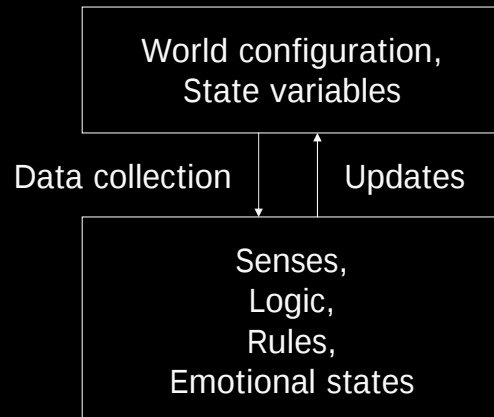
Separering: undvik andra i flocken.

Likriktning: röra sig åt samma håll som flocken.

Sammanhållning: röra sig mot flockens mittpunkt.



<http://www.riversoftavg.com/flocking.htm>





<http://www.massivesoftware.com>