

transfer a experienței către noii utilizatori. Independent de concluziile studiului efectuat, specialiștii elvețieni au elaborat propriile linii directoare, referitoare la CIM, cuprinse într-o broșură care descrie conceptul CIM și modul de realizare a unui proiect CIM, clasificând premisele abordării, atât pentru utilizator, cât și pentru ofertantul de CIM. (după COMPUTERWORLD SCHWEIZ nr.17/91)

Traducere:

Dumitru Petre Popescu
Institutul de Cercetări în Informatică

COMPRESIE CU TRANSFORMARE FRACTALĂ

Creatorii de software știu că multe reprezentări din memorie a unor imagini color și dinamice la monitor suprasolicite sistemele de calculator: cerințele de memorare sînt prea mari.

Imaginile video dinamice generate de computer, a căror calitate corespunde cu aproximație celei aferente televiziunii SUA, solicită cca. 22 MByte de date pe secundă. Peste această valoare, posibilitățile de transmitere ale rețelelor actuale locale și extinse sînt mult limitate de accesul comun la datele grafice prin linii de rețea sau de telecomunicații.

Soluția o reprezintă reducerea spațiului din memorie și de transmitere prin compresia de date. Tehnicile recente (de ex. comanda Unix "Compress") conduc doar la anumite compresii, de obicei nu mai mari de 2 la 1. Cu tehnici speciale se pot obține raporturi de compresie de la 30 la 1.

Două din aceste metode - una a Joint Photographic Experts Group (JPEG) și una a Motion Picture Experts Group (MPEG) - sînt deja în stadiul de a deveni standarde industriale. Aceste tehnici de compresie, deja cunoscute au o serie de dezavantaje, cum sînt pierderea unei redări exacte, incapacitatea de a îmbunătăți descompunerea imaginii și niveluri de compresie nesatisfăcătoare pentru descompuneri complexe de imagini.

Tehnica de compresie care va fi descrisă în continuare pentru compresia fractală a imaginii atinge procente foarte ridicate în păstrarea decompresiei scalate și a pierderii controlate a calității imaginilor.

Compresia datelor grafice

Toate tehnicile de compresie se bazează pe ipoteza că majoritatea seturilor de date conțin elemente redundante. Compresia se realizează prin identificarea și codificarea acestor elemente. O posibilitate o reprezintă codificarea raporturilor limită. De exemplu, seria 9999997777 poate fi comprimată la 6947.

Totuși, majoritatea imaginilor de computer, în special

cele cu descompunere complexă (definită prin numărul de puncte vizuale ale monitorului) și cele în adîncime (definită prin numărul de biți per pixel), nu prezintă în mod normal raporturi aritmetice atît de simple între pixel-ii învecinați. Din această cauză, algoritmi de compresie "fără pierderi" - acei algoritmi al căror set de date decomprimate este identic cu originalul - generează uneori chiar și fișiere de coduri, care sînt mai mari decît cele ale originalului necomprimat.

În prezent, cele mai utilizate compresii de imagini, cum sînt Wavelet Image Compression (WIC) și Discrete Cosine Transformation (DCT) utilizate de către JPEG și MPEG, transformă și aproprie din punct de vedere matematic raporturile pixel. Aceste procese introduc redundanțe pentru datele de imagine iar aceste redundanțe se pot comprima mai ușor.

Imaginile transformate cu WIC și DCT ating raporturi de compresie de 20 la 1 sau 30 la 1, dar procesul este uneori atît de bogat în pierderi încît rezultatul final corespunde doar vag originalului.

În plus, imaginile transformate DCT suferă datorită fenomenului Gibbschen, un "efect de undulare", care apare în cazul unui contrast puternic între domeniile imaginii originale - semne negre pe fundal deschis.

Chiar și proporțiile de compresie de 30 la 1 nu sînt suficiente pentru anumite aplicații. Imaginile cu o descompunere de 640 ori 400 puncte vizuale, la 24 biți pro pixel, rezultă în fișiere comprimate de 25 Kbyte sau mai mult, care la transmitere necesită un anumit timp. Progresele din tehnică permit descompuneri tot mai mari și astfel vor crește în continuare și fișierele comprimate.

Si, în sfîrșit, decompresia trebuie să rezulte într-o descompunere analogă, deoarece procesul de compresie, folosit în cadrul acestor tehnici, este strîns legat la blocurile 8 ori 8 pixeli ale imaginii originale. Aceasta pune mari probleme, de exemplu cînd originalul are o descompunere de 320 ori 200 pixeli și cînd el trebuie decomprimat și tipărit pe o imprimantă cu culori sublimante, avînd o descompunere de 1280 ori 800 puncte vizuale.

Procesul de transformare fractală

Benoit Mandelbrot a introdus în lucrarea sa "Geometria fractală a naturii" expresia "fractal" pentru circumscrierea unei structuri "sparte", care prezintă forme asemănătoare la diferite dimensiuni. Compunerea fragmentelor de exemplu, care se găsesc într-un sac arbore de cipi, după ce au fost așezați pe el - cipi mici, cipi mari, cipi minuscule - poate fi privită ca fractală.

Mandelbrot a demonstrat că aceste structuri se pot imita și a creat imagini cu ajutorul algoritmilor recursivi. Prin aceasta el a arătat că astfel de lucruri pot fi considerate ca structuri geometrice individuale și că nu există o compunere de lucruri neasemănătoare.

Expresia "fractal" are multe definiții; noi vom folosi

cea descriere prozaică, care este cea mai relevantă pentru compresia imaginii: fractalul ca extindere a formelor euclidiene clasice, cum sînt linii, pătrate și cercuri.

Fractalele sînt imagini măribile, independente de descompunere, care pot fi descrise de seturi de instrucțiuni mici, limitate, de exemplu de un program pe calculator. Ele tind să fie armonice, delicate și reprezentabile pentru ochi, deoarece au un conținut redus de informații (ceea ce arată că programul este limitat la redarea lor, deși imaginile generate de program sînt nelimitate). Privirea se simte atrasă de acestea, iar gîndul nostru percepe ordinea lor structurală. Așa cum recunoaștem arcuirea orizontului într-un mod clar, cu toată mișcarea valurilor, la fel se împlinșă și aici.

Procesul de transformare fractală (descoperit în 1988) se axează pe premisa că imaginile reale sînt pline de redundanțe afine, adică înrudite, și de aceea este posibil să se stabilească un set de coeficienți afini care să descrie rotația, răsucirea, mărirea, micșorarea și transmiterea obiectelor care alcătuiesc o imagine. Imaginea se poate schița matematic ca o versiune fractală a imaginii originale, care se poate construi cu etel aferent de coeficienți afini.

Deși redundanțele afine sînt intuitiv sesizabile, determinarea coeficienților afini ai unei imagini parent haotice este foarte grea. În trecut, un cercetător necesita zile sau chiar săptămîni pentru a crea manual harta afină a unei imagini.

Această cercetare a condus însă la descoperirea unui proces automat care determină harta afină a unei imagini în numai 5 secunde. Procesul de transformare fractală a fost dezvoltat și patentat de Iterated Systems Inc.

Compresia

- Divizarea imaginii în blocuri de domenii nesuprapuse. Compuse, blocurile trebuie să redea întreaga imagine.
- Definirea unei compuneri de regiuni marginale ale imaginii. Aceste regiuni se pot suprapune și împreună nu trebuie să redea întreaga imagine.
- Desfășurarea procesului de transformare fractală. Pentru fiecare bloc se alege regiunea care, conform transformării afine corespunzătoare, îi corespunde cel mai rapid. Aceste transformări afine acoperă și deformează imaginea în cadrul regiunilor, micșorează contrastul și modifică luminozitatea.
- Compresia și stocarea datelor de transformare afină. Fișierul comprimat de date conține două părți: un cap de fișier, care conține informații despre bloc și divizările regiunilor, urmat de o listă compactă de coeficienți afini pentru fiecare bloc, care ia naștere din procesul de transformare fractală descris anterior.

Decompresia

- Realizarea a două imagini A și B egale ca dimensiuni. Masa lor poate fi egală sau mai mare decît a originalului necomprimat, iar aspectul lor este neesențial - date aleatorii, alb-negru, orice.
- Transformarea datelor imaginii A pe imaginea B: prima dată, divizarea imaginii B în blocuri, ca în primul pas al procesului de compresie (geometria blocului este descrisă în capul de fișier comprimat - header). Referitor la fiecare bloc, se va citi transformarea afină corespunzătoare din fișierul comprimat, se va localiza și transforma regiunea specificată în imaginea A și se va plasa rezultatul în blocul din imaginea B. În această etapă se crează o imagine B complet nouă.
- Transformarea datelor din imaginea B la imaginea A. Acest pas corespunde celui de transformare anterior descris, cu excepția că imaginile decomprimare A și B se vor interschimba; imaginea A va fi divizată în blocuri, iar imaginea B se va transforma în imaginea A, astfel apărînd o nouă imagine A.
- Transformarea de cîteva ori a imaginii A în imaginea B, pe urmă B în A (pașii doi și trei de decomprimare descriși anterior), pînă cînd diferențele dintre cele două imagini devin insesizabile.

Acest proces simplu de interschimbare între imaginea A și imaginea B, conform datelor de transformare afină stocate în fișierul comprimat, realizează în orice caz o imagine care imită originalul. Cît de aproape se află imaginea reprodusă de original depinde de cît de exact au corespuns regiunile (transformările afine) blocurilor în cadrul procesului de transformare din timpul compresiei.

Algoritmii de compresie și decompresie ai Sistemelor Iterative utilizează calculul integral, cu metode speciale, care reduce multiplicarea erorilor de calcul. În plus, au apărut în cadrul datelor de cercetare ale firmei mai multe prescurtări pentru determinarea mai rapidă a coeficienților afini ai imaginii și pentru prelucrarea lor într-un timp cît mai scurt. Corespunzător, compresia și decompresia imaginii pentru prelucrare rapidă vor fi și ele optimizate.

Contrar metodelor populare de compresie/decompresie, cum ar fi JPEG, procedurile de transformare fractală sînt asimetrice: decompresia nu este pur și simplu o compresie inversă. Compresia fractală necesită o capacitate mai mare pe calculator. Atît timp cît capacitatea sistemelor de calculatoare nu va crește, procesul de transformare fractală, așa cum este el implementat în prezent, nu va putea fi aplicat la video-dinamică. Decompresia fractala, pe de altă parte, se poate desfășura rapid cu software-ul. Astfel, s-a arătat că un PC - 80386, temporizat cu 33 MHz, cu grafică VGA, poate decompresia date fractale transformate și poate reda videocolor dinamic 20 de imagini pe secundă fără un hardware special.

Avantaje

Procesul de transformare fractală poate produce un set de numere care să definească o imagine într-o formă puternic comprimată și, astfel, să atingă un raport de comprimare ridicat, care să fie util pentru stocarea și utilizarea în comun a imaginilor și graficelor bazate pe computer. Reproduserile fractale sînt mai vizibile la dimensiuni mici ale fișierului comprimat și la descompuneri ridicate ale imaginii necomprimate decît după rezultatele obținute prin standardul JPEG. Avantajele compresiei fractale a imaginii depășesc mult cele ale tehnicii simple de comprimare.

Procesul de transformare fractală combină o imagine cu el însuși și, ca atare, produce date atît independente de descompunere cît și comprimate. Contrar datelor comprimate prin JPEG sau alte tehnici, imaginile transformate fractal pot fi ușor modificate din punct de vedere dimensional în timpul decompresiei, acest lucru realizîndu-se cu ajutorul unei metode numite "zooming fractal" (distanțare variabilă fractală). Redările mari și mici se obțin prin adaptarea proporțională a regiunilor și blocurilor imaginilor decomprimate la regiunile originalului. Si mai important, zooming-ul fractal generează în plus detalii care nu sînt sesizabile în original.

Dimensiunile reduse ale fișierului comprimat indică faptul că imaginea decomprimită conține puține informații. În plus, descompunerea imaginii decomprimate nu depinde de original. Astfel, se poate deduce din aceste două caracteristici faptul că imaginea decomprimită reprezintă un fractal.

Succesul zooming-ului fractal reprezintă o dovadă în plus pentru geometria fractală a naturii; redundanța afină este reală.

Hărțile afine

Crearea hărților afine reprezintă funcția cea mai importantă pentru compresia fractală a imaginii. O astfel de hartă este o funcție a formulei generale:

$$f(x,y) = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix}$$

Conform regulilor simple aferente matematicii matriceale și vectoriale, avem:

$$f(x) = ax + by + e \quad \text{și}$$

$$f(y) = cx + dy + f,$$

unde a,b,c și d sînt coeficienții afini pentru rotație, deformare și expansiune/contractie, iar e și f sînt coeficienții de transmitere.

Un obiect, definit ca o compunere de coordonate x și y, poate fi rotit, răsturnat, extins sau restrîns și/sau deplasat într-un alt loc, în cadrul unui spațiu bidimensional, prin o simplă schimbare a coeficienților afini.

Si contrariul este valabil: obiectele pot fi reconstruite pe baza coeficienților lor afini. Un obiect definit de

coordonatele x_1, y_1 pînă la x_3, y_3 , poate fi transmis pe imaginea lui plană, micșorată, deplasată, întoarsă, cu coordonatele x'_1, y'_1 pînă la x'_3, y'_3 . Aceste șase coordonate devin în cadrul ecuațiilor afine:

$$f(x_1) = x'_1 = ax_1 + by_1 + e$$

$$f(x_2) = x'_2 = ax_2 + by_2 + e$$

$$f(x_3) = x'_3 = ax_3 + by_3 + e$$

$$f(y_1) = y'_1 = cx_1 + dy_1 + f$$

$$f(y_2) = y'_2 = cx_2 + dy_2 + f$$

$$f(y_3) = y'_3 = cx_3 + dy_3 + f$$

Aceste 6 ecuații astfel rezultate se pot rezolva pentru coeficienții afini a,b,c,d,e și f. Dacă ele se aplică pentru un anumit set de coordonate x și y, apare o nouă transformare.

Bibliografie

1. MANDELBROT, B.: *Geometria fractală a naturii*. Springer Verlag, 1989.
2. BARNESLEY, M.: *Fractalele pretutindeni*, Springer Verlag, 1991.
3. ARAGON, L., BARNESLEY, M.: *Compresie cu transformare fractală*. In: *Computerworld Schweiz* nr.51/91, pag. 10.

Traducere și prelucrare:

Gabriel Sonea

Institutul de Cercetări în Informatică

PROTECȚIA PROGRAMELOR PENTRU CALCULATOR

Încă din secolul trecut au existat preocupări privind protecția proprietății intelectuale, preocupări materializate prin convenții internaționale, care reglementează cadrul general al protecției:

- Convenția de la Paris (20 martie 1883) pentru protecția proprietății intelectuale, la care România a aderat în 1920;
- Convenția de la Berna (9 sept. 1886) privind protecția operelor literare și artistice (dreptul de autor/"copyright"-ul), semnată de România în 1928.

Dacă la data elaborării acestor convenții, gama de situații în care trebuia apărută proprietatea intelectuală era foarte restrînsă, dezvoltarea societății omenești din secolul nostru a ridicat nenumărate probleme noi, cu un specific și cu cerințe aparte. Aceste probleme au devenit deosebit de acute în ultimele decenii, o dată cu dezvoltarea tehnicii de calcul.

Larga răspîndire a tehnicii de calcul, efortul adesea foarte mare depus pentru elaborarea programelor pentru calculator (de unde și costurile ridicate ale