

## Il TeleComputer



*Il decodificatore Pay-TV della terza generazione è un computer multimediale dalle illimitate funzionalità. Diventa il vero e proprio cervello della parete multimediale, il casello in salotto di quella superautostrada informatica. Intel, Silicon Graphics, Apple, Microsoft, TCI, Time-Warner, General Instrument, AT&T, IBM, 3DO. Queste società hanno tutte qualcosa in comune: proporci la propria visione del TeleComputer, il salotto digitale del 2000. In questo articolo troviamo una sorprendentemente dettagliata visione del concetto del TeleComputer di Jim Clark, Silicon Graphics Inc.*

**di Gerardo Greco**

### Una introduzione

#### I precursori

Nel numero 116 di MC abbiamo descritto per la prima volta su queste pagine i primi esperimenti condotti per aumentare le funzionalità dell'apparecchio televisivo, quello che con un po' di esagerazione abbiamo già indicato come TV-Interattiva. In realtà quell'articolo mostrava piuttosto chiaramente come esistesse già allora una particolare sensibilità sull'argomento. La tecnologia ri-

maneva il tallone di Achille di tutto il concetto Videoway di allora, il decodificatore Pay-TV della seconda generazione, un sistema certamente avanzato, ma sempre una piccola parte di ciò che la nostra fantasia poteva suggerirci, se solo fosse stato possibile...

A distanza di quasi un anno il panorama sembra oggi pervaso da una rivoluzione dai contorni ancora non chiaramente definiti. Le reti ad alta velocità certo non sono nate oggi. Oggi però esiste una guerra in corso contro il tempo, condotta da alcuni gruppi eco-

nomici e dalla stessa amministrazione statunitense, affinché si riesca nel giro di pochi anni a creare uno stato di fatto intangibile nel quale il TeleComputer è l'anello centrale. Si contrappongono visioni ad elevato contenuto tecnologico, quelle dell'industria, a visioni di democrazia avanzata, quindi servizi evoluti per tutti a costi contenuti proposti dalla amministrazione Clinton/Gore. Quindi non solo scelte di tipo tecnologico, ma anche approcci che tengano conto dell'impatto profondo sulla vita e l'economia di fine millennio.





### Oggi

Il «Multimedia» è l'integrazione di audio, video, grafica e computer in un singolo ambiente digitale. Promette molte nuove applicazioni che possano utilizzare questa combinazione di tecnologie.

La maggior parte delle persone crede che l'integrazione si avrà sulla prossima generazione di personal computer, e molte società di informatica lavorano in questa direzione. Ma per l'utente «consumer» esiste una possibilità concreta che un «TeleComputer» possa colmare lo spazio tra la televisione ed il computer multimediale. Pensate a questo «riproduttore multimediale» come l'equivalente digitale del decodificatore della TV via cavo, sarà il computer per la gente comune. Il suo ruolo centrale continuerà ad essere l'intrattenimento,

con film, programmi TV e giochi interattivi, ma è capace anche di tante altre funzioni quali:

- libri di testo che insegnano attraverso simulazioni ed animazioni grafiche accoppiate ad audio e video;
- accesso ad informazione e comunicazione da basi di dati e biblioteche multimediali;
- accesso a giornali e riviste;
- giochi in realtà virtuale a giocatori multipli;
- servizi di intrattenimento di televisione digitale;
- accesso ad audio digitale;
- posta multimediale;
- videotelefonia.

Un telecomputer a basso costo nelle case è importante prima che gli autori di investano nello scrivere libri interattivi. Ed i servizi di media a richiesta, quali riviste, giornali, libri, enciclopedie, giochi

ed intrattenimento con audio e video digitale necessitano di un riproduttore di media digitali nelle case prima che i servizi possano essere sviluppati.

### Le pietre miliari dell'industria informatica

L'industria informatica può beneficiare enormemente dalla definizione dei blocchi costruttivi del telecomputing in maniera tale da poterli utilizzare in computer multimediali standard. Ciò garantirà compatibilità tra il mondo consumer e quello informatico, il client ed il server. Peraltro la distribuzione di grossi volumi di elettronica di consumo può ridurre enormemente i costi dei computer, permettendo (tele)computer portatili molto più potenti di quelli di oggi.

Gli elementi principali di un telecomputer deriveranno dalle tecnologie dei network, dei sistemi, della grafica computerizzata, del trattamento dell'immagine e dei semiconduttori, tutto con un'attenzione particolare all'economia di scala dell'elettronica di consumo. Ma per ottenere un telecomputer a basso costo, paragonabile ai costi dell'elettronica degli attuali decodificatori per Pay-TV, sarà necessario coinvolgere fornitori di componenti, distributori, costruttori di circuiti integrati e realizzatori di costosi contenitori plastici comuni nell'industria informatica. Il successo potrà eventualmente anche dipendere dal fatto che una singola società riesca ad integrare quasi tutto, dalla fabbricazione dei semiconduttori al telecomputer stesso.

L'industria dei computer, specialmente nel segmento delle workstation, ha un vantaggio perché ha già cominciato a sviluppare tecnologia multimediale. Le società di elettronica di consumo oggi dominanti non hanno un controllo completo della gamma completa di tecnologie di grafica e di imaging digitale necessarie per creare televisione digitale, il che spiega perché queste si sono concentrate così a lungo su un approccio analogico alla HDTV, la televisione ad alta definizione.

### Potenza di TeleCalcolo

Un'enorme capacità di calcolo è necessaria per decodificare un segnale televisivo digitale ad alta definizione. Sarà necessario scalare a diversi livelli di risoluzione di schermo, decomprimere in tempo reale ed i servizi di pay-per-view saranno encryptati. La funzione di alterazione di scala di solito necessita di una grossa capacità di image processing per campionare e filtrare opportunamente il segnale in entrata. La com-



pressione e la codificazione sono egualmente esigenti.

Il messaggio principale di questo articolo è che la potenza richiesta per queste operazioni è la stessa necessaria per grafica tridimensionale di qualità per realtà virtuali. Oltre a questo, costruire un telecomputer con capacità grafiche può permettere una vasta gamma di mercati che invece rimarrebbero esclusi da una televisione digitale ordinaria. L'obiettivo è di definire funzionalmente e razionalizzare un modulo base da 200 dollari dalle prestazioni richieste. Una combinazione di capacità di calcolo RISC con canali dati paralleli multipli, cache, memorie di programma, memorie di schermo a colori reali a doppio buffer con z-buffer, interconnessioni generalizzate a velocità ultraelevata per I/O, adatto supporto hardware specifico per image processing, crittografia, compressione e grafica a 2 e 3D in tempo reale con resa di superfici ad alta qualità.

Questo obiettivo può essere raggiunto in due o tre anni. I limiti dei semiconduttori ci indicano la possibilità di realizzare oggi la CPU più avanzata ad un costo di fabbricazione, il prezzo necessario perché l'industria di semiconduttori fabbrichi il chip di silicio e lo testi, in quantità elevate di 100.000 transistor per dollaro. Allo stesso modo il costo di fabbricazione delle memorie è oggi di circa 50.000 Byte al dollaro e si avvicinerà a 500 KByte al dollaro entro la fine del decennio.

Quattro milioni di transistor dedicati a RISC, crittografia, compressione, grafica ed image processing renderanno un teleprocessore capace di tutto ciò che è discusso in questo articolo. Oggi possiamo aggiungere 20 MByte di memoria di immagine, per risoluzioni HDTV, ed assemblare il tutto in un modulo singolo per un costo di produzione inferiore a 600 dollari. Fra due o tre anni questo costo sarà ridotto a meno di 200 dollari, quindi diventerà interessante.

### Le tecnologie di base

Quattro sono le tecnologie di base necessarie per il multimedia: l'audio digitale, il video digitale/image processing, computer graphic e capacità di calcolo generico.

### Audio Digitale

L'audio digitale è la tecnologia più completamente esplorata a causa del compact disk che memorizza due canali di campioni a 16 bit ad una frequenza di 44 KHz, ovvero una banda passante di 88 KByte al secondo per canale. Sony

ha dimostrato che è possibile ottenere una compressione di 4:1 senza percettibili perdite; quindi 22 KByte al secondo per canale è la banda minima per conservare alta fedeltà. Il processing a questo data rate non è difficile se confrontato ai data rate del video digitale.

### Video Digitale

Gli standard per la trasmissione della televisione digitale si sono sviluppati lentamente. Crediamo che il motivo principale per questa situazione è che il problema è stato visto sempre dalla prospettiva della televisione analogica. Le società coinvolte non comprendevano completamente i benefici e le possibilità del digital imaging. Buona parte di questo articolo serve a dare una prospettiva da computer graphics alla questione, perché la comunità del computer graphics può risolvere molti dei problemi che nascono dallo sviluppo della televisione digitale.

*Disaccoppiamento di trasmissione/ricezione.* I sistemi analogici sono sempre estremamente rigidi. Per esempio l'impulso di ritracciamento verticale viene trasmesso e, dopo un ritardo di fase fisso collegato alla velocità di viaggio del segnale al ricevitore, causa il ritracciamento nel ricevitore. Allo stesso modo se alla trasmissione le linee di scansione sono interallacciate, il ricevitore deve immediatamente mandarle sullo schermo in forma interallacciata così come arrivano. In effetti è molto difficoltoso bufferizzare un segnale analogico.

In contrasto i parametri di un ricevitore televisivo digitale possono essere completamente disaccoppiati dalla sua uscita verso il dispositivo di visione. Questo significa che l'interallacciamento, per esempio, non è collegato nemmeno alla trasmissione. Un fotogramma di televisione digitale completo in entrata viene memorizzato in una memoria buffer di quadro prima dell'uscita, in pratica ha un buffer doppio. I dati completi di un fotogramma possono anche essere trasmessi su un collegamento a fibra ottica contenente diverse centinaia di altri canali multiplexati sulla stessa portante, il che significa naturalmente conservare frammenti dell'immagine in un buffer fino a quando l'immagine completa non viene ricevuta. Può anche essere encrittata per una ricezione selettiva tipo pay-per-view e compressa per risparmiare banda passante, entrambe operazioni che necessitano elaborazione in tempo reale sui dati in entrata. Tutto ciò può anche essere trasmesso su uno speciale spazio di colore. Infine il risultato di queste operazioni può essere alterato dal processore del telecomputer, il teleprocessore, pri-

ma della visualizzazione sullo schermo.

*Disaccoppiamento della risoluzione.* In un sistema digitale, la risoluzione trasmessa può essere completamente disaccoppiata dalla risoluzione visualizzata. Il sottocampionamento o il sovra-campionamento ed il filtraggio digitale possono essere eseguiti da un teleprocessore se necessario per adattare qualsiasi risoluzione di uscita o disciplina di scan di linea, NTSC, PAL e gli standard digitali D1 e D2 possono essere facilmente generati, non importa quale fosse la risoluzione del segnale in entrata, per la compatibilità con gli standard esistenti. Un ricevitore digitale con il processore adatto può essere facilmente utilizzato per filtrare un formato di trasmissione digitale per generare un qualsiasi formato di uscita. La compatibilità con la tecnologia esistente può essere completa e, quindi, la risoluzione della trasmissione può essere resa irrilevante.

Cosa è importante. Ignorando le specifiche relative al network ed al protocollo di trasmissione, un insieme piuttosto piccolo di specifiche è necessario per la trasmissione video digitale:

- risoluzione
- aspetto dimensionale dei pixel
- numero di bit per pixel
- codifica di questi bit (HSV, RGB, ...)
- linee sequenziali o interallacciate
- algoritmo di compressione utilizzato
- tecnica di crittografia utilizzata
- frequenza di trasmissione dei fotogrammi.

Anche alcune di queste non sono necessarie. Per esempio l'aspetto dimensionale dei pixel deve essere quadrato; non si guadagna alcunché con aspetti diversi da 1:1 tranne che per la compatibilità con il formato analogico High-vision in Giappone e linee orizzontali e verticali uniformi generate al computer sono molto più importanti della conformità con un approccio analogico non fondamentale. Le linee orizzontali e verticali generate al computer dovrebbero essere uguali.

Infine non c'è neanche un motivo importante per trasmettere linee di scan in un modo interallacciato, dal momento che l'entrata e l'uscita sono naturalmente disaccoppiati. Il fatto che questo sia stato una parte del dibattito sull'HDTV sottolinea le limitazioni dell'approccio analogico. Se il display di visualizzazione necessita linee di scan interallacciate, come è il caso del PAL, il processore del telecomputer genererà ciò al momento dell'Output. Con l'Input sequenziale si semplifica tutto e non si perde alcunché.

*Parametri di trasmissione digitale soft.* I rimanenti parametri «soft» do-



vranno essere trasmessi al ricevitore digitale:

- 1 — Risoluzione
- 2 — Codifica e bit per pixel
- 3 — Frequenza di quadro
- 4 — Algoritmo di crittografia
- 5 — Algoritmo di compressione

**Risoluzione.** La risoluzione della trasmissione dovrebbe essere completamente indipendente dalla risoluzione di uscita del dispositivo di visualizzazione. Dovrebbe essere ammessa qualsiasi risoluzione. Le risoluzioni della televisione ad alta definizione, HDTV, vengono adesso considerate nell'arco che va approssimativamente da 1000x700 a circa 2000x1000. Aspetti dimensionali di 16x9 sono importanti per la trasmissione di film, quindi forse la risoluzione dell'«alta definizione» ideale è di 1820x1024. La cosa importante è che la risoluzione della trasmissione deve dipendere dal materiale sorgente e da nient'altro; deve essere «soft». Il telecomputer deve mappare qualsiasi risoluzione di input (naturalmente fino ad un massimo) in qualsiasi risoluzione di output. Di solito l'aspetto dimensionale dell'input e dell'output dovrà essere lo stesso, ma una finestra sulla televisione potrà essere di qualsiasi dimensione e il sottocampionamento o il sovracampionamento è necessario per differenti risoluzioni o aspetti dimensionali. Qualsiasi teleprocessore deve essere in grado di eseguire queste funzioni di image processing.

**Codifica.** La codifica particolare colore-spazio ed il numero di bit per componente colore-spazio devono essere specificati dal trasmettitore perché alcuni formati possano ottenere una migliore compressione. Inoltre il display di output può aver bisogno di un formato ancora diverso. Il teleprocessore del ricevitore deve essere in grado di accettare una gamma di possibili formati e numero di bit per componente. La conversione nel formato di output dovrebbe essere automaticamente gestita dalla potenza del teleprocessore utilizzando una semplice trasformazione colore-spazio di 3x3.

**Frequenza di quadro.** La frequenza di aggiornamento per le immagini animate varia a seconda dell'origine e dovrebbe sempre essere trasmessa al ricevitore. Per esempio 30 o 25 fotogrammi al secondo sono comuni oggi nel video analogico, 24 sono comuni per film registrati su pellicola e 12 sono comuni per i cartoni animati. Qualsiasi frequenza dovrebbe essere permessa, ad esempio 10 fotogrammi al secondo dovrebbero essere adeguati per la videotelefonata. Per risparmiare banda passante in trasmissione, la frequenza di aggiorna-

mento dovrebbe essere parte integrante dei parametri soft di trasmissione. Quindi il materiale sorgente dovrebbe essere trasmesso a questa frequenza, non sempre a 30 o 25 fotogrammi al secondo come per il video analogico, in pratica un'altra forma di compressione che non costa niente. Infine, proprio come succede nelle workstation attuali, il telecomputer potrà sincronizzare la frequenza di refresh di output con la frequenza di aggiornamento utilizzando tecniche convenzionali di interallacciamento di fotogrammi.

**Crittografia.** La crittografia sarà essenziale per la televisione digitale e le future telecomunicazioni. Fornisce accesso selettivo alla programmazione televisiva, come per il pay-per-view, e garantisce la necessaria riservatezza per molti tipi di transazione on-line che saranno possibili con il telecomputing.

Tecnologie di crittografia chiave pubbliche quali RSA sono la soluzione ideale; il teleprocessore dovrebbe essere in grado di encrittare e decodificare tutte le trasmissioni e le ricezioni a frequenze da tempo reale, oltre a compiere le altre operazioni. Potrà essere necessario un hardware specializzato di accelerazione per eseguire questa operazione in tempo reale.

**Algoritmi di compressione.** La compressione è un'area di notevole confusione e con elevate aspettative. Due sono le cose che la stanno spingendo: innanzitutto le società che gestiscono televisione via cavo guardano alle prossime fibre ottiche digitali con la compressione come una soluzione alla loro banda passante ed ai problemi di degrado del segnale. In secondo luogo virtualmente tutte le società informatiche desiderano comprimere il video in maniera tale che il video possa essere conservato e letto in tempo reale da CD-ROM. Le società che gestiscono i servizi via cavo vogliono sostituire l'analogico con un prodotto migliore e le società informatiche vogliono i segmenti video per il multimedia.

Tutto ciò ha delle limitazioni. Cercare di costringere un CD a memorizzare e rileggere video e audio di qualità ad una frequenza di 1,408 Mbit al secondo è forse chiedere tanto. Forse un tale sforzo dovrebbe essere indirizzato a creare addirittura un nuovo standard «VideoCD». Questo potrebbe quindi sostituire il vecchio nastro video sequenziale ed i volumi del mercato consumer potrebbero essere utilizzati per permettere gradualmente l'esistenza di un nuovo potente meccanismo di memorizzazione.

MPEG I dovrebbe comprimere un segnale da 320x240, a 30 fotogrammi al

secondo in una trasmissione da 1 Mbit al secondo, più 200 Kbit al secondo per il suono. Per qualità generica da intrattenimento ciò sembra poco realistico. MPEG II permette da 5 a 10 Mbit al secondo su una risoluzione di 720x480. Anche questo è solo da 1/2 a 1 bit per pixel.

MPEG II sembra particolarmente complesso. Comprime tasselli di immagine da 8x8 utilizzando una Trasformata Coseno Discreta (DCT) combinata con una codifica Huffman ed un algoritmo di codifica di predizione interframe e/o interfield; in pratica un algoritmo che si occupa di prevedere la traiettoria dei vari tasselli da un fotogramma all'altro. Non solo questa funzione sembra dedicata a questo genere di applicazioni, ma lo schema a tasselli è evidente in scene con movimenti veloci. Per l'intrattenimento il consumer non tollererà niente che rappresenti un peggioramento sulla precedente tecnologia analogica, i CD sarebbero stati un fallimento se l'audio digitale fosse risultato peggiore dei dischi a 33 giri. Sebbene l'MPEG sarà utile per il multimedia, potrebbe non essere adeguato per il video digitale per l'intrattenimento.

L'importante, comunque, non sono le specificazioni per l'MPEG II o qualsiasi altro schema di compressione. Piuttosto rimane il fatto che la compressione è ancora una tecnologia allo stato embrionale e quindi metodi di compressione migliori saranno inventati. Inoltre esisterà una varietà di algoritmi di compressione, alcuni ad «alta compressione», dove è accettabile, altri a bassa compressione, magari senza degrado alcuno per conservare la qualità massima, come la compressione audio Sony 4:1. L'approccio appropriato è di costruire meccanismi nel teleprocessore che possano accelerare elementi fondamentali della compressione, quali magari le trasformate coseno ed il riconoscimento di pattern, lasciando al processore centrale il compito di controllare l'algoritmo. L'algoritmo di decompressione stesso può persino essere trasmesso prima della trasmissione. La sfida per il presente è di inventare una gamma di algoritmi che coprano applicazioni di compressione da alta a bassa.

Se avessimo come obiettivo di indicare le specifiche di una televisione ad alta definizione, HDTV, potremmo fermarci qui ed ignorare la grafica computerizzata avanzata. L'attuale televisione non a quasi alcuna possibilità grafica. Ma nuovi mercati sono disponibili, quali quello educativo e quello dei giochi in realtà virtuale, che renderanno la transizione alla TV digitale più attraente per l'utente finale. Inoltre la potenza di cal-



colo in tempo reale e la banda passante della memoria necessarie per campionare, filtrare, memorizzare, rileggere, comprimere ed encrittare i segnali di video digitale sono essenzialmente adeguati per grafica a colori a 3D in tempo reale.

### Grafica computerizzata

Due approcci alla grafica computerizzata sono stati sviluppati nell'ultimo decennio. Il primo è quello della grafica «bit mapped», con una grafica di tipo pagina statica, a buffer singolo, bianco e nero, 1 bit per pixel, a 2 dimensioni, comunemente trovate sugli Apple Macintosh e sulle Workstation Sun. Ha rivoluzionato il desktop publishing ma non è appropriata per media dinamici. L'altro approccio grafico è la grafica per simulazioni, dinamica, a doppio buffer, in tempo reale, a colori, in 3D, tipica delle workstation di Silicon Graphics.

Come è stato sottolineato precedentemente, il semplice video digitale necessita di memorizzazione dinamica, a doppio buffer, colori reali e capacità di image processing in tempo reale. Questa potenza è condivisa con la grafica a 3D in tempo reale. Per esempio il filtraggio, il campionamento e il mappare immagini digitali in entrata da una risoluzione ad un'altra è identico in termini computazionali a mappare effetti di superficie in anti-aliasing su superfici tridimensionali.

È necessario ridurre le primitive grafiche in un telecomputer ai minimi termini. I sistemi grafici odierni hanno un sacco di fronzoli, le quattro primitive grafiche geometriche sono:

- caratteri
- punti
- linee
- superfici.

Queste primitive dovrebbero poter essere:

- dimensionate, rotate e traslate arbitrariamente
- illuminate da differenti sorgenti luminose
- ed avere effetti di superficie e trasparenze mappate su di esse in tempo reale per fornire un ambiente grafico geometrico molto generico.

Aggiungete funzioni di image processing a:

- geometria a campioni di punti
- filtrare ed accumulare immagini
- memorizzare, rileggere e mappare effetti di superficie in anti-aliasing.

Il risultato è un ambiente grafico virtualmente completo proprio come i più costosi sistemi oggi disponibili.

Notate che i caratteri tipografici, co-

me i punti, le linee e le superfici, sono geometrici; eppure tutti i sistemi grafici in tempo reale realizzati negli ultimi dieci anni hanno trattato i caratteri come immagini, oggetti già «rendered». Di conseguenza sono disponibili solo specifiche dimensioni delle lettere e rotazione, dimensionamento generici ed altre operazioni non sono disponibili in tempo reale. Oggi le font geometriche outline sono comuni e dovrebbero essere rese in tempo reale proprio come ogni altra geometria. Hardware aggiuntivo sarà necessario per permettere ad una schermata di caratteri di essere resa in tempo reale, ma per media di stampa in tempo reale veramente interattivi ciò sarà assolutamente irrinunciabile.

### Il Teleprocessore

Le workstation di oggi nella configurazione completa sono troppo complesse per un telecomputer, ma alcune cose dovrebbero essere in comune tra loro. La cosa più importante per la compatibilità è il set di istruzioni della CPU e l'ambiente multimediale. Questo non significa, comunque, che vogliamo mettere una workstation o un PC in ogni televisione. Le interfacce e le tastiere Unix, MS-DOS, NT e X-Windows sono complicate e non hanno alcun significato per la maggior parte dei comuni utenti di massa.

*Un cuore RISC.* I programmi che girano su un telecomputer hanno bisogno di una CPU e le più efficienti CPU sono quelle a Set di Istruzione Ridotto. Non viene sprecato spazio su silicio con microcodice per istruzioni non utilizzate. Inoltre, data una certa tecnologia a semiconduttori, una CPU a CISC tipicamente girerà più lentamente ed utilizzerà più energia. Una CPU RISC permette di utilizzare più spazio per hardware di grafica, compressione, crittografia e protocollo di network.

Quale potrebbe essere una configurazione ideale di una CPU RISC per grafica ed image processing? Una CPU RISC con 4 canali dati, ciascuno con possibilità di interi e virgola mobile a 32 bit, ciascun canale dati capace di moltiplicare e aggiungere in un solo ciclo, con una velocità di clock superiore a 100 MHz. Ciò permetterebbe 800 milioni di operazioni aritmetiche al secondo, che contribuirebbe ad ottenere velocità da grafica di realtà virtuale. La



CPU avrebbe anche bisogno di memoria di cache e di programma sufficiente a contenere gli algoritmi essenziali e dovrebbe anche controllare il network di I/O e gli acceleratori per la grafica, la compressione e la crittografia. Sarebbe opportuno che fosse compatibile con un processore RISC comunemente utilizzato nelle workstation, per distribuire i disponibili strumenti di sviluppo per media digitali.

*Il sistema operativo.* Sarà necessario un sistema operativo a sola esecuzione in tempo reale, poiché nessun attuale ambiente di sistema operativo è abbastanza efficiente per image processing in tempo reale accanto a grafica, compressione, crittografia e audio digitale in piccoli ammontare di memoria. Unix e le diverse varianti dei sistemi operativi di Microsoft sono troppo complessi e le loro caratteristiche sono spesso non necessarie in un «player» multimediale consumer a basso costo.

D'altronde le applicazioni necessitano di un ambiente di sviluppo completo. Questo significa che le workstation e le piattaforme PC convenzionali necessitano di un modalità di compatibilità per supportare il Sistema Operativo in



Tempo Reale per Esecuzione per lo sviluppo ed il debugging di programmi.

### **Il sistema di memoria**

Le organizzazioni correnti per DRAM sono inadatte per la generazione di immagini digitali ed i progettisti di sistemi per grafica computerizzata si sono ingegnati su questo punto per oltre dieci anni. L'opportunità di mercato presentata dal telecomputing è abbastanza estesa per motivare, finalmente, i costruttori di memorie a realizzare memorie ad alta densità organizzate specificamente per telecomputer, piuttosto che semplicemente continuare a fare chip compatibili con le generazioni precedenti di DRAM. Il problema più grave è la banda passante. La soluzione richiede cambiamenti nella progettazione di DRAM che sono motivati da questa nuova applicazione in alti volumi. Questo articolo non può indirizzare la possibile architettura di questa nuova memoria, ma comunque questo elemento è di importanza fondamentale; daremo per scontato che la memoria giusta sia disponibile.

*Necessità basilari di memoria.* Una immagine di televisione digitale necessita di almeno 2 byte per pixel per memorizzare una immagine statica. Usando tecniche di dithering è possibile cavarsela con un po' meno, ma crediamo che lo sforzo necessario per ridurre la memoria di un x% non è giustificato a causa della continua riduzione di prezzo delle memorie. Due buffer sono necessari per una immagine dinamica, quindi 4 byte per pixel sono il minimo.

Quanta memorizzazione in più è necessaria per la grafica a 3D? Nel caso più semplice, nessuna mappatura di effetti di superficie, un totale di circa 4 bit per pixel è necessario per z-buffer, coefficiente alfa di trasparenza e puntatori per la gestione delle finestre. Ciò raddoppia la memoria necessaria in una TV digitale non evoluta.

Le risoluzioni convenzionali NTSC si adattano entro una memoria di immagine di 640x512 pixel di 327.680 pixel totali. Una televisione digitale semplice con uscita NTSC avrebbe quindi bisogno di 1,32 MByte ed il più semplice telecomputer a 3D avrebbe invece bisogno di almeno il doppio, senza contare la memorizzazione del programma.

Possibilità avanzate di 3D. L'aggiunta di un effetto di mappatura della superficie aumenta grandemente il realismo delle immagini a 3D, permettendo così qualità da realtà virtuale. La memoria addizionale dipende dalle dimensioni e dal numero di differenti mappe di effet-

ti. Se 2 byte per pixel sono necessari per memorizzare un'immagine, 4 bit per pixel sono richiesti per una mappatura di superficie a tutto schermo utilizzando tecniche tradizionali di MIP-map per il trattamento de-aliasing. Ma anche effetti di superficie piccolissimi e ciclici possono considerevolmente arricchire una scena a 3D, quindi 4 byte per pixel è la memoria per effetti di superficie da considerare.

Un telecomputer tipico con una risoluzione NTSC in uscita dovrà avere quindi 1,32 MByte di memoria per i buffer di immagine, 1,32 Mbyte per z-buffer e trasparenze, 1,32 MByte per effetti di superficie e magari 2 Mbyte per memoria di programma. Il costo attuale della memoria per un telecomputer con possibilità di realtà virtuale e 3D con uscita NTSC/PAL è di meno di 120 dollari e può scendere a meno di 30 dollari a metà degli anni '90.

*Televisione digitale ad alta risoluzione.* La televisione digitale ed i telecomputer permetteranno finalmente risoluzioni di trasmissione variabili che possono essere differenti dalle risoluzioni del ricevitore. Le risoluzioni di trasmissione possono essere determinate secondo il materiale sorgente e non fisse per tutto il tempo come nei sistemi analogici.

Anche la risoluzione del ricevitore è variabile. L'immagine in entrata può essere sovracampionata per adattarsi ad una piccola finestra sullo schermo del ricevitore. La risoluzione massima del tubo catodico o del pannello piatto determina le dimensioni della memoria necessaria nel buffer di immagine. I segnali in entrata a definizione più elevata vengono filtrati, campionati e memorizzati nel buffer di immagine mentre quando arrivano. Ciò richiede una minima quantità di buffering se il segnale in entrata non è interallacciato.

Se tutti i ricevitori usassero lo stesso teleprocessore, la principale differenza tra di essi sarebbe nella quantità di memoria di cui dispongono. Man mano che la risoluzione viene aumentata, un numero più elevato di pixel richiede maggiore capacità di calcolo per conservare lo stesso image processing e velocità di aggiornamento grafico. Idealmente andrebbe preferito un modulo processore/memoria che possa essere replicato per offrire risoluzioni più elevate. Esempi multipli dello stesso modulo aumenterebbero non solo la memoria, ma anche la capacità di calcolo necessaria per conservare le prestazioni.

Un modulo con memoria di risoluzione 640x512 e sufficiente capacità di calcolo per gestire un'immagine di queste dimensioni potrebbe funzionare be-

ne. Innanzitutto sarebbe adeguato per risoluzioni di output NTSC/PAL e quindi funzionerebbe con televisioni standard. Successivamente quattro moduli darebbero 1280x1024 che vengono utilizzati comunemente nelle workstation a colori. Infine sei moduli darebbero 1920x1024, adeguati per una risoluzione HDTV da 1820x1024, con circa 100 Kpixel in più.

Ciascuno di questi moduli può avere quantità di memoria variabile, a seconda delle caratteristiche desiderate, da semplice televisione digitale a possibilità di realtà virtuale.

### **Considerazioni finali**

Nei prossimi quattro o cinque anni, cambiamenti senza precedenti si avranno nelle industrie dei computer, delle telecomunicazioni e della televisione quando il multimedia entrerà nelle case attraverso il telecomputer.

Ciò avrà bisogno dello sviluppo delle reti di comunicazione a fibre ottiche che rimpiazzeranno tanto i sistemi di TV via cavo che il sistema telefonico. Mentre questo cambiamento avrà bisogno di molti anni per essere completato, così come i sistemi via cavo sono cresciuti in maniera incrementale, così succederà per questi nuovi sistemi. Ma saranno necessarie le prestazioni del telecomputer per creare la domanda per questi nuovi servizi.

L'attuale «local loop» del sistema telefonico ed il «cable franchise» per la televisione diventeranno un unico Multimedia Server Loop. Ciascun anello rappresenterà diverse decine di migliaia di «clients», ciascuno utilizzando un telecomputer. Nell'anello esisteranno sistemi di computer ad alta velocità per servire audio e film a richiesta, giochi di realtà virtuale, giornali in forma digitale, riviste settimanali e mensili, biblioteche, enciclopedie e libri interattivi. Col tempo tutti i media saranno disponibili in forma dinamica. Anche i sistemi di commutazione per videoconferenza e telecomunicazione saranno integrati.

Una combinazione di industrie di semiconduttori, grafica computerizzata e computer ha la capacità di progettare e costruire un telecomputer della potenza descritta nell'articolo. Le odierne società di elettronica di consumo non possono, così appesantite da un approccio analogico e preoccupate a conservare la base di installato. Eppure è possibile costruire un telecomputer che utilizzi gli esistenti apparecchi televisivi e possa crescere verso risoluzioni più elevate e qualità più elevata in maniera modulare. La sfida è per noi tutti.

MS



