

Algoritmi per la visualizzazione

Prof.ssa Tiziana Calamoneri
DISEGNO ORTOGONALE
INTERATTIVO

Mantenere la mappa mentale

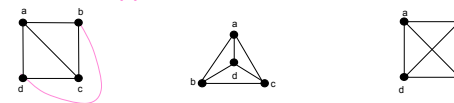
Mappa mentale (1)

Un **sistema interattivo** permette all'utente di editare il grafo manualmente, inserendo o cancellando nodi e archi, o settando nuovi vincoli (per esempio il fatto che un certo nodo debba stare sopra un altro).

Può anche accadere che il grafo rappresentato sia intrinsecamente dinamico, come ad esempio una porzione del grafo del web, i cui nodi possono essere tra loro connessi o no al variare del tempo, con conseguente variazione del disegno.

Mappa mentale (2)

- Inserim. o cancell. di un nodo \Rightarrow nuovo grafo.
- Approccio più semplice: applicare nuovamente lo stesso algoritmo di visualizzazione, ed avere in output una nuova rappresentazione
- Spreco di tempo e di risorse da due punti di vista:
 - è inefficiente, poiché viene eseguito ogni volta l'algoritmo sull'intero grafo, con dispendio di tempo;
 - l'utente ha probabilmente perso del tempo a lavorare sul primo disegno e non vorrebbe trovarsi di fronte ad un disegno diverso: **mappa mentale**



Mappa mentale (3)

- Quando un utente guarda un disegno, ne apprende la struttura, familiarizza con esso navigandovi attraverso e comprendendone il significato. Questo sforzo di 'familiarizzare' con un disegno è stato chiamato *costruzione di una mappa mentale* [Eades, Lai, Misue, Sugijama '91].
- PROBLEMA: Nel caso del disegno dinamico, quando il disegno cambia nel tempo, l'utente deve ripetutamente modificare la sua mappa mentale, e sarebbe vantaggioso minimizzare questo sforzo.
- SOLUZIONE 1: Se si sceglie di modificare molto il disegno di passo in passo, questa modifica dovrebbe essere mostrata tramite un'*animazione*, in modo che l'utente abbia l'opportunità di vedere dove i vari oggetti vengano spostati e avere meno problemi nel modificare la propria mappa mentale. ...

Mappa mentale (4)

- SOLUZIONE 2: Modificare il disegno il meno possibile; tuttavia ciò è spesso in conflitto con i tradizionali criteri estetici (ad esempio, la minimizzazione del numero di incroci, la equa distribuzione dei nodi sulla pagina, ecc.), ed è quindi necessario giungere ad un compromesso.
- L'animazione e la minimizzazione dei cambiamenti non sono in conflitto tra loro, ma anzi sono complementari per il raggiungimento del risultato migliore, infatti prima si può calcolare un nuovo disegno che minimizzi i cambiamenti, e poi si può visualizzarlo utilizzando un'animazione che parte dal disegno vecchio e lo trasforma nel nuovo.
- Studiamo le tecniche che tentano di minimizzare i cambiamenti...

Mappa mentale (5)

Molti modi di intendere il mantenimento della mappa mentale:

1. non permettere alcun cambiamento al disegno corrente, o meglio ai vertici ed archi già posizionati che non sono coinvolti direttamente dalla modifica del grafo.
 - * l'algoritmo di disegno deve solo decidere dove posizionare i nuovi oggetti in modo da minimizzare il più possibile i criteri estetici scelti.
 - * questo approccio mantiene perfettamente la mappa mentale ma non necessariamente la consistenza, cioè l'aderenza alle regole di stile prescelte (ad esempio la "forma" ad albero [North '96]);
 - * spesso il risultato sarà decisamente poco gradevole rispetto agli altri criteri estetici (ad esempio, è inevitabile inserire un gran numero di incroci).
 - * Algoritmi che seguono questo approccio sono dovuti a Fölsmeier ('97) e Papakostas e Tollis ('98).

Mappa mentale (6)

2. permettere un certo aggiustamento del disegno nelle "vicinanze" del cambiamento del grafo.
 - * Ad esempio, Böringer a Paulisch ('90) propongono una definizione di "vicinanza" ad un cambiamento come l'insieme di tutti i vertici direttamente affetti dal cambiamento più tutti i vertici a distanza (misurata sugli archi già rappresentati) minore di una certa soglia predefinita, pensando che l'utente possa tollerare cambiamenti all'interno di una piccola porzione di grafo vicina al cambiamento vero e proprio, mentre preferisce che il resto del grafo rimanga invariato
 - * N.B. restringere l'insieme di vertici che può essere spostato è particolarmente utile nel caso di grafi molto grandi.

Mappa mentale (7)

3. definire alcune misure di simiglianza (o meglio di dissimiglianza):
- * invece di fissare le posizioni in modo categorico
 - * misura proporzionale alla quantità di sforzo, da parte dell'utente, di ricostruire la mappa mentale dopo il cambiamento.
 - * IDEA: un buon algoritmo dovrebbe costruire un nuovo disegno che sia un buon compromesso tra ottimizzazione dei criteri estetici e somiglianza del disegno corrente con il precedente, anche detta stabilità dinamica.
 - * VANTAGGIO: permettere cambiamenti arbitrari al disegno se necessario
 - * SVANTAGGIO: potrebbe essere difficile trovare un buon *trade off* tra criteri estetici tradizionali e stabilità dinamica

Mappa mentale (8)

Proposti molti modelli in letteratura per catturare il significato di mappa mentale e di stabilità dinamica, che possono essere raggruppati in alcune categorie, secondo l'idea generale che li orienta. Alcuni di essi:

Mappa mentale (9)

Posizione assoluta dei vertici: valutare la somma delle distanze (euclidee o di altro tipo) di ciascun nodo nel disegno corrente dalla sua posizione nel disegno precedente.

- PROBLEMA: operazioni come la traslazione, la rotazione o la scalatura potrebbero portare a enormi valori di dissimiglianza mentre l'utente capirebbe immediatamente di quale cambiamento si tratta e lo seguirebbe senza problemi.
- SOLUZIONE: prima di valutare la metrica, cercare di allineare i due disegni applicando un algoritmo di *point set matching*
- N.B. questa metrica considera solo il caso in cui i vertici siano rappresentati da punti. Per risolvere: quando la dim. dei vertici possa essere modificata – si guardi ai 4 angoli del più piccolo rettangolo circoscritto [Bridgeman e Tamassia '98]

Mappa mentale (10)

Ordinamento ortogonale/Posizione relativa dei vertici: preservare l'ordinamento relativo dei vertici, che può essere più importante che preservare le loro posizioni assolute

- PROPOSTA 1 [Eades, Lai, Misue, Sugijama '91]: mantenere l'ordinamento ortogonale, cioè l'ordinamento dei vertici proiettati su ciascun asse cartesiano.
- PROPOSTA 2 [Bridgeman, Tamassia '98]: valutare gli angoli tra i segmenti costruiti tra tutte le coppie di vertici nel vecchio e nel nuovo disegno, infatti la variazione di un angolo è qualcosa di più graduale rispetto alla variazione di un ordinamento.
PRO: riflette l'intuizione che a vertici molto distanti possano essere permessi movimenti più ampi che a vertici vicini (entrambi corrispondenti ad uno stesso angolo).

Mappa mentale (11)

Prossimità: gli “agglomerati” dovrebbero essere rispettati, cioè vertici che siano vicini in un vecchio disegno dovrebbero rimanere vicini anche nel successivo.

- VANTAGGIO: tale metrica cattura il fatto che se un sottografo si sposta nel disegno la distanza sarà inferiore a quella che si avrebbe nel caso in cui un vertice di un agglomerato venga allontanato.

Instradamento degli archi: la posizione dei vertici è più importante della posizione degli archi perché i vertici vengono spesso ricordati per dove si trovano, mentre gli archi per cosa collegano. Tuttavia, nel caso del disegno ortogonale, anche l'instradamento degli archi andrebbe considerato come una possibile metrica [North '96].

Mappa mentale (11)

Anzianità: spesso si ha a che fare con una sequenza di cambiamenti, che producono una storia. Un vertice che sia stato spostato di recente è un miglior candidato ad essere nuovamente spostato rispetto ad altri

Raggruppamento di cambiamenti: quando una sequenza di cambiamenti sia nota in anticipo, potrebbe essere conveniente raggruppare più cambiamenti del grafo in un unico cambiamento del disegno piuttosto che mostrare all'utente tutti i passaggi: questo facilita ovviamente il mantenimento della mappa mentale.

Mappa mentale (12)

Capire quale, tra tutti i modelli proposti, sia il migliore, è ancora un problema aperto. Bridgemann e Tamassia ('98) e Lyons, Meijer, Rappaport ('98) hanno confrontato molte metriche proposte per il disegno ortogonale, ed hanno concluso che la maggior parte di esse funzionano bene, nel senso che misurano in modo crescente l'aumentare dei cambiamenti della mappa mentale. Per confrontare le varie metriche, si è operata una normalizzazione dividendo per il massimo valore possibile per quella metrica ed ottenendo, per tutte le metriche, valori compresi tra 0 e 1.

La problematica del
disegno interattivo

Disegno interattivo (1)

- Gli algoritmi di **disegno interattivo** devono gestire efficientemente le piccole variazioni del grafo in input.
- Si contrappongono agli algoritmi di **disegno statico**, che assumono sia il grafo che i vincoli del disegno come noti a priori e non modificabili nel tempo.
- Nel seguito: disegno interattivo ortogonale, quindi AD OGNI ISTANTE $\text{grado} \leq 4$

Disegno interattivo (2)

- Gli algoritmi di disegno interattivo devono supportare l'interazione dell'utente, dandogli la possibilità di interagire con il disegno nei seguenti modi:
 - inserire un nuovo arco tra due nodi
 - inserire un nuovo nodo e gli archi ad esso incidenti
 - cancellare archi o nodi
 - spostare un nodo
- **Cancellazione**: semplice, quindi la possiamo trascurare
- **Inserimento di archi**: variante dell'algoritmo di Dijkstra per inserire archi senza modificare la posizione dei nodi [Miryala, Hornick, Tamassia '93] **TESINA**
- **Inserimento di vertici**: qui!

Disegno interattivo (3)

- I principali fattori che influenzano le decisioni che il sistema interattivo deve prendere al momento della richiesta dell'utente, prima che venga visualizzato il disegno successivo, sono:
 - quanto controllo ha l'utente sulla posizione di un nodo appena inserito;
 - quanto controllo ha l'utente sul percorso di un arco appena inserito;
 - quanto possono essere diversi due disegni consecutivi.
- Basandosi su questi fattori, si può proporre una serie di possibili scenari:

Disegno interattivo (4)

- **SCENARIO FULL-CONTROL**
L'utente ha pieno controllo sulla posizione dei nuovi nodi, nel senso che può fornire il range delle sue coordinate, o le coordinate esatte; gli archi possono essere disegnati dall'utente o, a scelta, dal sistema; questo scenario dà piena libertà all'utente ma il disegno risultante non è – in generale – ben ottimizzato.
N.B. inutile parlarne (fa tutto l'utente!)

Disegno interattivo (5)

- SCENARIO DRAW-FROM-SCRATCH

Ogni volta che l'utente fa una nuova richiesta, il sistema ridisegna completamente il nuovo grafo usando un algoritmo classico di disegno. A parte il fatto che questo scenario è, in generale, computazionalmente dispendioso, due disegni consecutivi possono essere completamente differenti, quindi questo scenario non mantiene la mappa mentale dell'utente, sebbene sia quello che raggiunge i risultati migliori dal punto di vista dell'ottimizzazione del disegno.

N.B. inutile parlarne (l'utente non fa niente!)

Scenario relative-coordinates

Disegno interattivo (6)

- SCENARIO RELATIVE-COORDIANTES

La forma generale del disegno rimane invariata, ma alcune coordinate possono cambiare di una costante, a causa dell'inserimento o della cancellazione di alcuni elementi del grafo. Poiché l'ordine relativo delle coordinate non cambia, la mappa mentale dell'utente viene mantenuta.

- SCENARIO NO-CHANGE

Le coordinate degli oggetti già posizionati non possono essere modificate affatto; quindi la mappa mentale dell'utente è fortemente conservata. Tuttavia, si osserva sperimentalmente, che la qualità del disegno, all'aumentare del numero di vertici, tende a peggiorare; sono pertanto necessari dei passi di ricostruzione del disegno (con perdita totale della mappa mentale), se si vuole mantenere una qualità del disegno discreta.

Scenario relative-coordinates (1)

DEF. *grado locale* del nodo v , inserito al tempo t :
grado del nodo v al momento del suo inserimento.

N.B. In generale, se l'utente ha necessità di inserire un nodo con grado locale pari a zero, tale nodo non sarà inserito finché, tramite l'inserimento di altri archi a lui incidenti ma prima assenti, il suo grado locale non sarà aumentato; quindi trattiamo l'inserimento dei soli nodi con grado locale pari a 1, 2, 3 o 4.

ASSUNZIONE: l'inserimento di un nuovo nodo non aumenta il numero di componenti connesse; l'unica eccezione riguarda l'inserimento del primo nodo nel grafo vuoto.

Scenario relative-coordinates (2)

- Ogni volta che l'utente inserisce un nodo, il sistema prende una decisione su dove posizionarlo.
- E' possibile inserire nuove righe/colonne
- Le coordinate del nodo dipendono da:
 - grado locale del nodo
 - quali direzioni sono libere sui suoi adiacenti
 - criteri estetici
- Idea dell'algoritmo: enumerare tutti i casi possibili

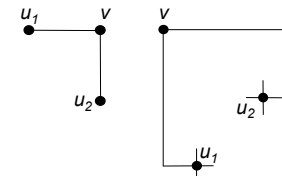
$ld_t(v)=1$



l'arco inserito utilizza una direzione lasciata libera nell'adiacente u
 +1 riga/col.; 0 svolte

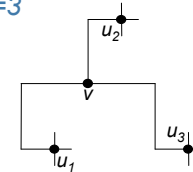
Scenario relative-coordinates (3)

$ld_t(v)=2$



diversi casi, a seconda delle direzioni libere.
 +3 righe/col.; +3 svolte

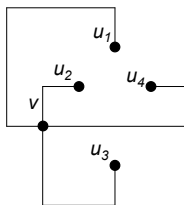
$ld_t(v)=3$



diversi casi, a seconda delle direzioni libere.
 +4 righe/col.; +5 svolte

Scenario relative-coordinates (4)

$ld_t(v)=4$



diversi casi, a seconda delle direzioni libere.
 +6 righe/col.; +8 svolte

Scenario relative-coordinates (5)

TH. L'algoritmo precedente produce un disegno ort. su griglia, sotto lo scenario relative-coordinates t.c.

1. ogni arco ha al più 3 svolte
2. il # di svolte totali è al più $3n(t)+3$
3. l'area è al più $(9/4)n(t)^2$
4. ad ogni operazione le coordinate di ogni nodo sono spostate di al più 6 unità complessivamente

DIM. 1. e 4. vengono direttamente dall'algoritmo.

Per dim. 2. e 3.:

$$n_1(t)+n_2(t)+n_3(t)+n_4(t)=n(t)-1$$

(perché il primo nodo ha grado 0) ...

$$n_1(t)+2n_2(t)+3n_3(t)+4n_4(t)=m(t)\leq 2n(t)$$

Scenario relative-coordinates (6)

$ld_i=1$: 1 riga/col. 0 svolte
 $ld_i=2$: 3 righe/col. 3 svolte
 $ld_i=3$: 4 righe/col. 5 svolte
 $ld_i=4$: 6 righe/col. 8 svolte

DIM. (segue)

Per dim. 2.:

$$B(t) \leq 0n_1(t) + 3n_2(t) + 5n_3(t) + 8n_4(t)$$

sottraendo $n(t)-1$ ad $m(t)$ e moltiplicando per 3:

$$3n_2(t) + 6n_3(t) + 9n_4(t) \leq 3n(t) + 3$$

confrontando con $B(t)$:

$$B(t) \leq 3n(t) + 3$$

Per dim. 3.:

$$h(t) + w(t) = n_1(t) + 3n_2(t) + 4n_3(t) + 6n_4(t)$$

moltiplicando $m(t)$ per $3/2$ e confrontando con $h(t) + w(t)$:

$$h(t) + w(t) \leq 3n(t)$$

poiché l'area è max quando $h(t) = w(t)$: $A(t) \leq 9/4 n(t)^2$ **CVD**

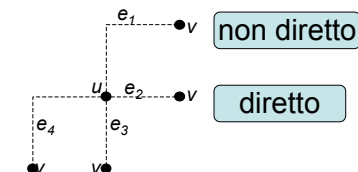
Scenario no-change

Scenario relative-coordinates (7)

- **N.B.** NON viene garantita la planarità
- L'algoritmo mantiene, in generale, la forma del disegno (preservata la mappa mentale)
- **Complessità**: utilizzando delle strutture dati non banali la complessità è lineare

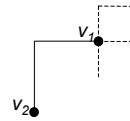
Scenario no-change (1)

- il sistema non modifica MAI le coordinate dei vertici e delle svolte preesistenti, ma incrementa il disegno
- ASSUNZIONE: grado ≤ 4 ad ogni istante
- REGOLA FISSA: dato un nodo u , i modi per connetterlo al resto del disegno sono:

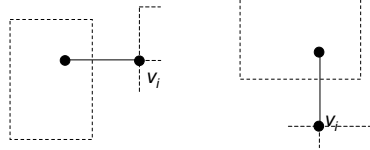


Scenario no-change (2)

- primo passo: posiziona v_1 e v_2 :



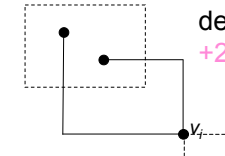
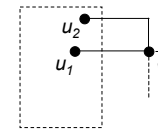
$ld_f(v)=1$



diversi casi, a seconda delle direzioni libere.
+2 righe/col.; +1 svolta

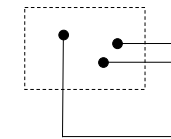
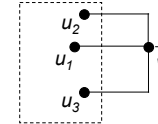
Scenario no-change (3)

$ld_f(v)=2$



diversi casi, a seconda delle direzioni libere.
+2 righe/col.; +2 svolte

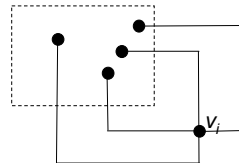
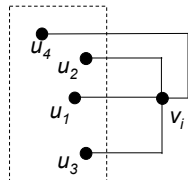
$ld_f(v)=3$



diversi casi, a seconda delle direzioni libere.
+2 righe/col.; +3 svolte

Scenario no-change (4)

$ld_f(v)=4$



diversi casi, a seconda delle direzioni libere.
+4 righe/col.; +6 svolte

Scenario no-change (5)

TH. L'algoritmo precedente produce un isegno ort. su griglia, sotto lo scenario no-change t.c.

- ogni arco ha la più 3 svolte
- il # di svolte totali è al più $8/3n(t)+1$
- l'area è al più $(4/3)n(t)^2+o(n(t))$

DIM. 1. viene direttamente dall'algoritmo.

Per dim. 2. e 3.:

$$n_1(t)+n_2(t)+n_3(t)+n_4(t)=n(t)-1$$

(perché il primo nodo ha grado 0) ...

$$n_1(t)+2n_2(t)+3n_3(t)+4n_4(t)=m(t)\leq 2n(t)$$

Scenario no-change (6)

DIM. (segue)

Per dim. 2.:

$$B(t) \leq n_1(t) + 2n_2(t) + 3n_3(t) + 6n_4(t)$$

sostituendo $m(t)$:

$$B(t) \leq m(t) + 2n_4(t) \leq 2n(t) + 2n_4(t)$$

Per stimare $n_4(t)$, sia $m'(t)$ il # di archi che non escono da un nodo di grado 4:

$$m'(t) + 4n_4(t) = m(t) \leq 2n(t)$$

Ogni nodo, tranne il primo, inserisce almeno un arco:

$$m'(t) \geq n(t) - 1 - n_4(t)$$

Sostituendo:

$$n(t) - 1 - n_4(t) + 4n_4(t) \leq 2n(t)$$

$$3n_4(t) \leq n(t) + 1$$

confrontando con $B(t)$:

$$B(t) \leq 8/3n(t) + 1$$

$ld_i=1$: 2 righe/col. 1 svolte

$ld_i=2$: 2 righe/col. 2 svolte

$ld_i=3$: 2 righe/col. 3 svolte

$ld_i=4$: 4 righe/col. 6 svolte

Scenario no-change (7)

DIM. (segue)

Per dim. 3.:

$$h(t) + w(t) \leq 2n_1(t) + 2n_2(t) + 2n_3(t) + 4n_4(t) + 2 =$$

$$= 2[n_1(t) + n_2(t) + n_3(t) + n_4(t)] + 2n_4(t) + 2 =$$

$$= 2(n(t) - 1) + 2n_4(t) + 2$$

Sostituendo $n_4(t) \leq (n(t) + 1)/3$:

$$h(t) + w(t) \leq 8/3n(t) + 1$$

Poiché l'area è massimizzata quando i lati sono uguali:

$$A(t) \leq (4/3n(t))^2 + o(n(t)^2)$$

CVD

Confronto tra i due scenari

Riassumiamo:

Scenario rel.-coord Area: $(3/2n(t))^2$ svolte: $3n(t) - 1$

Scenario no-change Area: $(4/3n(t))^2$ svolte: $8/3n(t) + 1$

MEGLIO: no-change (ma SOLO in teoria - caso peggiore)

IN PRATICA: meglio rel.-coord.

PERCHE' in pratica il caso peggiore si verifica raramente.

Ciò è ragionevole, perché lo scenario no-change è più restrittivo (blocca tutto il disegno) rispetto al rel.-coord.

(blocca solo la forma).