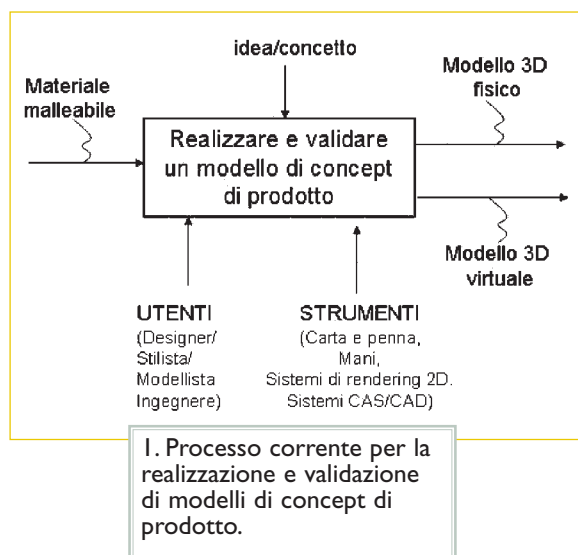


MONICA BORDEGONI, UMBERTO CUGINI

L'INDUSTRIAL DESIGN DEL FUTURO



I metodi di interazione basati sui dispositivi haptic stanno cambiando il modo di interagire con i modelli virtuali, aggiungendo informazioni tattili a quelle visuali comunemente disponibili

Pratica tipicamente utilizzata nel settore del disegno industriale fa uso di maquette e di modelli fisici realizzati a mano nella fase iniziale di concezione del prodotto. I progettisti e gli stilisti producono schizzi fatti a mano, 2 o 3D, che definiscono le dimensioni di massima e l'andamento di curve e superfici che caratterizzano la forma di massima dell'oggetto. Quindi, gli schizzi vengono analizzati ed interpretati da modellisti i quali realizzano a mano modelli fisici utilizzando materiali malleabili come plastilina, polistirolo, legno, ed altri. Immaginando mentalmente la forma finale del prodotto,

deducendola dagli schizzi di massima, i modellisti usano la 'conoscenza tacita' che hanno nelle mani per controllare la generazione e la modifica della forma. Il modello fisico, pur essendo efficacemente utilizzato nella fase di concezione di prodotto, presenta alcuni aspetti negativi in quanto richiede parecchio tempo per la realizzazione, ed incide quindi sul costo totale del ciclo di vita del prodotto, non è semplice da modificare e validare e non permette una rapida sperimentazione e validazione di soluzioni alternative. La validazione del modello fisico e la modifica dello stesso vengono solitamente eseguite da persone diverse: la validazione viene fatta da progettisti e sti-

listi, la modifica sul modello fisico viene fatta dal modellista. Pertanto, i tempi di consolidamento del concept di un prodotto validato attraverso il suo prototipo fisico possono essere anche lunghi. Inoltre, il processo di definizione del design di prodotto genera alla fine due modelli: un modello 3D virtuale, ed un modello 3D fisico che spesso non sono coerenti tra di essi (non hanno stessa forma, dimensione, dettagli, ecc.), e non rappresentano esattamente un unico oggetto. La figura 1 mostra gli input, output, risorse e controlli secondo la notazione Idef0 che sono richiesti dal processo di realizzazione e validazione del modello di concept di un prodotto.

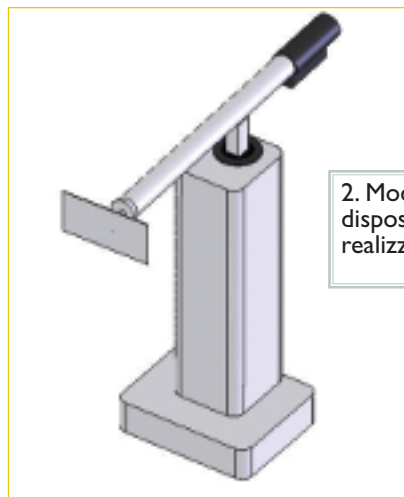
FASE DI REVERSE ENGINEERING

La fase di realizzazione del prototipo è spesso seguita da una fase di reverse engineering, in cui la geometria dell'oggetto viene ricostruita a partire da un data set di punti acquisito tramite dispositivi di acquisizione 3D (3D scanner). Il processo di ricostruzione della forma richiede tempo, non è per lo più automatico, ed è soggetto ad errori. Infatti i dati acquisiti devono essere allineati, integrati, le superfici devono essere smussate e decimate, la precisione controllata in modo accurato. Pertanto, prima di poter disporre di un modello geometrico 3D utilizzabile, occorre fare diverse operazioni, che richiedono tra l'altro l'intervento di specialisti.

Parallelamente alla pratica che usa prototipazione fisica e reverse engineering per la realizzazione del modello CAD di prodotto, si sono diffusi i sistemi di ausilio alla progettazione di stile (sistemi CAS), alla progettazione di prodotti di disegno industriale (sistemi CAD) che permettono di ottenere modelli 3D e prototipi virtuali di prodotti. Le funzionalità dei sistemi CAS/CAD sono state negli ultimi anni potenziate con funzionalità per la cattura, il riutilizzo e la condivisione di elementi di progetto e feature. Inoltre, tali sistemi forniscono funzionalità per la verifica del progetto come ad esempio per la verifica di precisione di forma, di superficie di curvatura (utilizzando linee di riflessione, ecc.). Scopo principale della prototipazione virtuale è quello di limitare il numero di prototipi fisici da realizzare. Infatti, a differenza dei prototipi fisici, i prototipi virtuali sono meno costosi e più semplici da validare, riprodurre, modificare e confrontare.

Oltre alle funzionalità offerte, che risultano essere via via più avanzate sia per ciò che riguarda la modellazione che la validazione di prodotto, le tecniche di interazione sono rimaste invariate. Infatti, la definizione e l'interazione con il modello digitale avviene tutt'oggi utilizzando prevalentemente mouse e tastiera, e talvolta tavoletta 2D. È evidente che tali modalità risultano essere troppo

primitive ed inadeguate per interagire con modelli 3D, poiché utilizzano strumenti e metafore basate su concetti bi-dimensionali. Ciò è ancora più evidente e penalizzante nel settore del disegno industriale, dove gli attuali dispositivi di input e le tecniche di interazione non permettono di sfruttare al meglio gli skill dei modellisti. Infatti, i modellisti, e talvolta anche i designer, sono abituati a creare i prodotti usando le mani, così come a percepirne la qualità della forma passando più volte le mani sulla superficie creata. Pertanto, i progettisti non sono soddisfatti nell'usare mouse e tastiera per creare oggetti 3D, e preferirebbero essere maggiormente coinvolti in modo pratico e fisico nelle fasi di creazione del pro-



2. Modello CAD del dispositivo haptic studiato e realizzato dal progetto T'nD.

dotto. Nasce così l'esigenza di arricchire i sistemi CAD con funzionalità più user-friendly, e metodi e metafore di interazione più efficaci così da consentire il migliore impiego dello skill manuale degli utenti che operano nel settore del disegno industriale.

SISTEMI HAPTIC INNOVATIVI

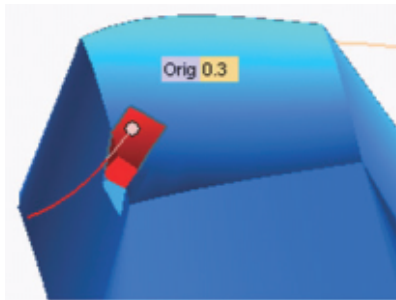
I metodi di interazione basati sui dispositivi haptic stanno cambiando il modo di interagire con i modelli virtuali, aggiungendo informazioni tattili a quelle visuali comunemente disponibili. Diversi dispositivi haptic sono stati ideati, realizzati e messi sul mercato negli anni recenti. Il termine haptic viene utilizzato per indicare aspetti sia tattili sia cinestetici del senso del tatto. Alcuni dispositivi si

indossano sulle dita, come i dispositivi PHANTOM prodotti da SensAble Technologies. Altri sono esoscheletri che esercitano forza di reazione al contatto sull'intera mano dell'utente. Vi sono guanti attuati come il Cybergrasp prodotto da Virtual Technologies che simula il contatto fisico della mano con l'oggetto. Recentemente è stato proposto l'HapticMaster prodotto da Fcs-Cs che consiste di un dispositivo bi-direzionale attivo a tre gradi di libertà che permette di simulare forze di reazione fino a 250 N. Le caratteristiche degli oggetti sono simulate attraverso modelli haptic e percepite tramite la visione ed il senso del tatto quando il dispositivo indossato o manipolato dall'utente entra in contatto con il modello dell'oggetto. Recentemente, i dispositivi haptic sono stati utilizzati in applicazioni a supporto delle

fasi iniziali di progettazione di prodotto. Un esempio è l'applicazione FreeForm sviluppato da SensAble Technologies che viene usata per fare della scultura virtuale. Gli utenti possono vedere e sentire la forma dell'oggetto che stanno modellando, e possono anche avere la sensazione di toccare uno specifico tipo di materiale che stanno plasmando. Uno strumento virtuale a forma di sfera viene utilizzato per rimuovere materiale dal blocco iniziale. Il limite principale di tale sistema è che il livello della qualità estetica delle superfici che si ottengono non è quello richiesto da alcuni settori del disegno industriale, come l'industria automobilistica e quella di prodotti di consumo di alta qualità, che richiedono modelli descritti da superfici di classe A. Tale tecnica è in ogni caso interessante e promettente, e pertanto risulta interessante combinare l'interazione haptic con un processo più orientato alla generazione di superfici estetiche di alta qualità.

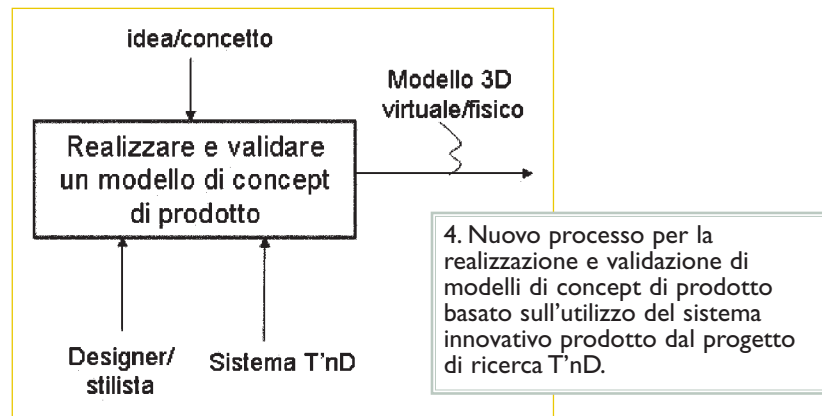
LA RICERCA

Il gruppo KAEMaRT (Knowledge Aided Engineering and Manufacturing and Related Technology) del Politecnico di Milano coordina un progetto di ricerca finanziato dal programma Fp6-Ist della Commissione Europea denominato T'nD - Touch and Design (www.kaemart.it/touch-and-design), a cui partecipano partner industriali: due aziende che operano nel settore dei beni di largo consumo di uso domestico, Alessi (I) ed Eiger (E), e Pininfarina che opera nel settore automobilistico; partner fornitori di tecnologie: think3 che sviluppa il CAD thinkdesign, e Fcs-Cs che produce i dispositivi haptic HapticMaster precedentemente descritti; ed infine partner accademici: il gruppo KAEMaRT del Politecnico



3. Modello geometrico/haptic di un pezzo di materiale malleabile sottoposto a lavorazione di asportazione di materiale utilizzando il dispositivo HapticMaster.

di Milano che fa ricerca nel settore della modellazione physics-based e dei dispositivi haptic, l'Universitat de Girona che si occupa di tematiche inerenti l'uso di nuove tecniche e tecnologie nel settore dell'industrial design, e l'Université de Provence che fa ricerca su aspetti di ergonomia cognitiva dei nuovi metodi e strumenti interattivi. Scopo del progetto è quello di sviluppare un sistema innovativo per la generazione e modifica di forme basato sull'uso di dispositivi e tecniche di interazione haptic e di operatori per la manipolazione di forme che sia intuitivo e naturale da usare, e che permetta di sfruttare al meglio lo skill manuale dei designer. Questi ultimi utilizzano il sistema per generare diretta-



mente in ambiente virtuale la forma dell'oggetto operando su un blocco iniziale di materiale malleabile (argilla, plastilina, materiali più duri tipo legno, ecc.).

Ciò avviene utilizzando il sistema haptic appositamente sviluppato, che consiste in una estensione del dispositivo HapticMaster integrato ad operatori di modellazione che permettono di plasmare la forma dell'oggetto. Il dispositivo haptic realizzato dal progetto è mostrato in figura 2. Esso consiste di un HapticMaster a cui è stato connesso un dispositivo per incrementare il numero di gradi di libertà attuali del sistema. Esso viene impugnato con due mani e mosso nello spazio dall'utente attraverso operazioni di traslazione e rotazione.

Gli operatori di modellazione di forme previsti dal sistema evocano alcuni strumenti utilizzati dai modellisti per lavorare a mano un materiale malleabile (ad esempio la plastilina): l'operatore di rimozione di materiale simula una raspa, l'operatore di smussatura simula la carta vetro. Inoltre, il sistema offre la possibilità di valutare la qualità della superficie dell'oggetto attraverso l'uso di un particolare operatore che simula l'operazione che i modellisti fanno passando più volte le mani direttamente sul prototipo fisico al fine di validare la qualità dell'andamento superficiale.

Attraverso il dispositivo haptic, l'utente riesce a dar forma al materiale percependone il contatto e la sua deformazione attraverso il tatto.

La figura 3 mostra il modello geometrico/haptic di un materiale malleabile su cui l'utente ha agito con un

operatore di rimozione di materiale utilizzando il dispositivo haptic come se fosse una raspa. Il sistema restituisce all'utente le forze di contatto e di resistenza generate via via che il materiale viene rimosso.

Per quanto riguarda il processo di realizzazione e validazione del modello di concept di prodotto, con l'uso del sistema sviluppato dal progetto T'nD si prevede di raggiungere una riduzione del tempo totale necessario per ottenere il modello validato. Il nuovo processo, sempre descritto utilizzando la tecnica Idef0, è mostrato in figura 4.

Esso prevede che l'ideazione, la modellazione, la validazione e la variazione della forma del prodotto siano fatti in modo continuo da una sola persona, il designer stesso, e non in passi separati e da più persone come avviene nel processo attuale. Alla fine del processo, si ottiene un unico modello 3D virtuale e fisico al contempo, che è intrinsecamente coerente. Inoltre, poiché le attività vengono razionalizzate, i tempi di attesa tra le esecuzioni delle varie attività si eliminano, e le modifiche possono essere effettuate dal designer stesso. Infine, cosa particolarmente apprezzabile è il fatto che il designer ha la possibilità di realizzare e validare più varianti, e quindi migliorare la qualità del progetto di prodotto.

Il sistema è in fase di validazione da parte di utenti, attraverso la realizzazione di casi di studio definiti e realizzati in collaborazione con gli utenti industriali del progetto.

M. Bordegoni, U. Cugini - Dipartimento di Meccanica, Politecnico di Milano.