

SENSI NATURALI E ARTIFICIALI

IL TATTO ARTIFICIALE

Tatto Naturale

- Alto grado di abilità che caratterizza le funzioni di presa e manipolazione
- Sofisticata capacità di riconoscere gli oggetti
 - Forma e tipologia di superficie
- Rilevazione di temperatura, forza e dolore
- Potente integrazione senso-motoria:
 - Sfrutta tutta l'informazione generata dai sistemi neurali afferenti cutanei e cinestetici

Tatto Naturale

- La mano umana ha 32 gradi di libertà:
 - Tutt'oggi non esiste un dispositivo artificiale in grado di arrivare a tale complessità
 - Difficoltà di integrare forza, senso dello spostamento e posizione
 - Vorremmo ottenere sistemi dotati di versatilità, leggerezza e sensibilità

Tatto Naturale

- Sviluppo di protesi
 - Sistemi studiati per sostituire o aiutare a ripristinare funzioni meccanorecettive e manipolative perse
 - Requisiti di cosmetica e accettabilità da parte dell'utente limitano severamente l'uso di dispositivi tecnologicamente complessi
 - Maggior parte delle protesi della mano sono semplici dispositivi con pochi gradi di libertà

Risoluzione Spaziale

- Analogia con il tatto naturale:
 - il metodo dei due punti, la risoluzione è di circa 1-2mm
 - Se però non presentiamo in contemporanea i due stimoli, la risoluzione arriva fino a 0.1 mm
 - Estrema capacità di riconoscere i dettagli dell'oggetto
 - Esempio di soluzione artificiale:
 - Array di sensori
 - Elevata densità e campo recettivo piccolo.

Sensibilità alla forza

- Grado di sensibilità richiesto funzione dell'oggetto manipolato
 - Dipende da massa, velocità e accelerazione dell'oggetto durante il contatto
- Range di applicazione: 0.01-10 Newton
- Range dinamico con alta sensibilità per piccole forze
 - espressione logaritmica

Metodi Sensoriali

- Metodi di trasduzione tradizionale:
 - capacitivi
 - piezoresistivi
 - Termoresistivi
 - piezoelettrici
 - Magnetici
 - Ottici

Sensori Capacitivi

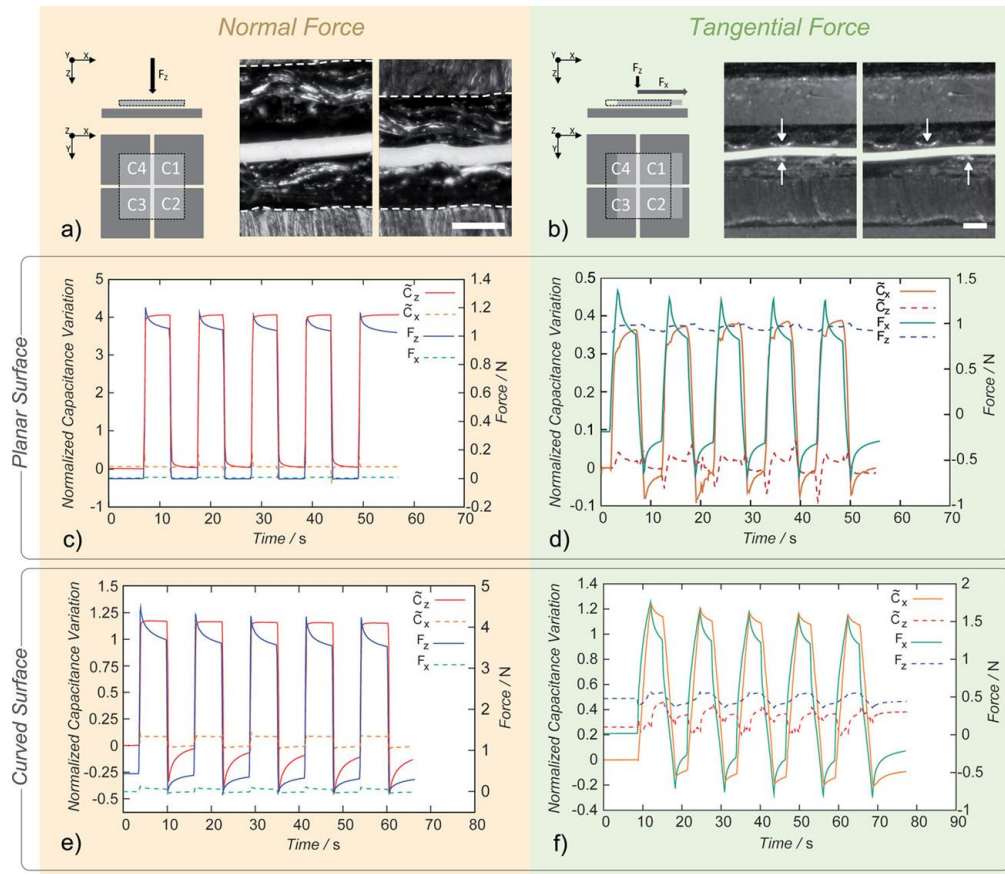
- $C = (A \epsilon_0 \epsilon_r) / d$
 - A superficie delle facce del condensatore
- Genericamente hanno un buona risposta
frequenziale
 - Grande range dinamico
- Alta risoluzione spaziale
- Svantaggi:
 - Suscettibili al rumore e elettronica di lettura non banale

Esempi Capacitivi

- Viry et al, mostra una particolarità nei suoi elettrodi in tessuto conduttivo non deformabili
- Il dispositivo è composto da un involucro di un polimero molto utilizzato nei sensori tattili per le sue capacità elastiche

Esempi Capacitivi

- Struttura e risultati Viry 2014

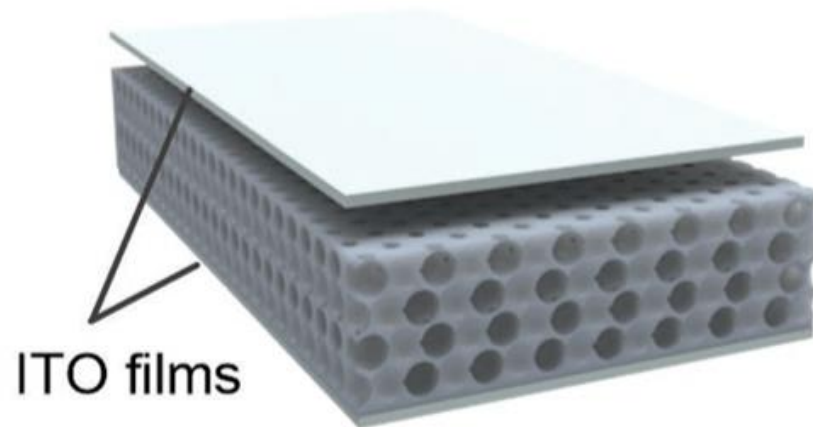


Esempi Capacitivi

- Lavoro di Kang
 - presenta un dielettrico ispirato alla natura porosa delle spugne.
- Gli elettrodi sono composti da ossido di stagno dell'indio (ITO) su substrato sottile di PET (polietilene)
- Funzionalità: modificando il diametro dei pori è possibile variare la sensibilità del sensore
- disposto ad array 15x15 con ogni cella che rappresenta un pixel, permette una precisa localizzazione dello stimolo e riconoscimento della forma.

Esempi Capacitivi

- Struttura proposta da Kang



**Porous structured
pressure sensor**

Sensori Piezoresistivi

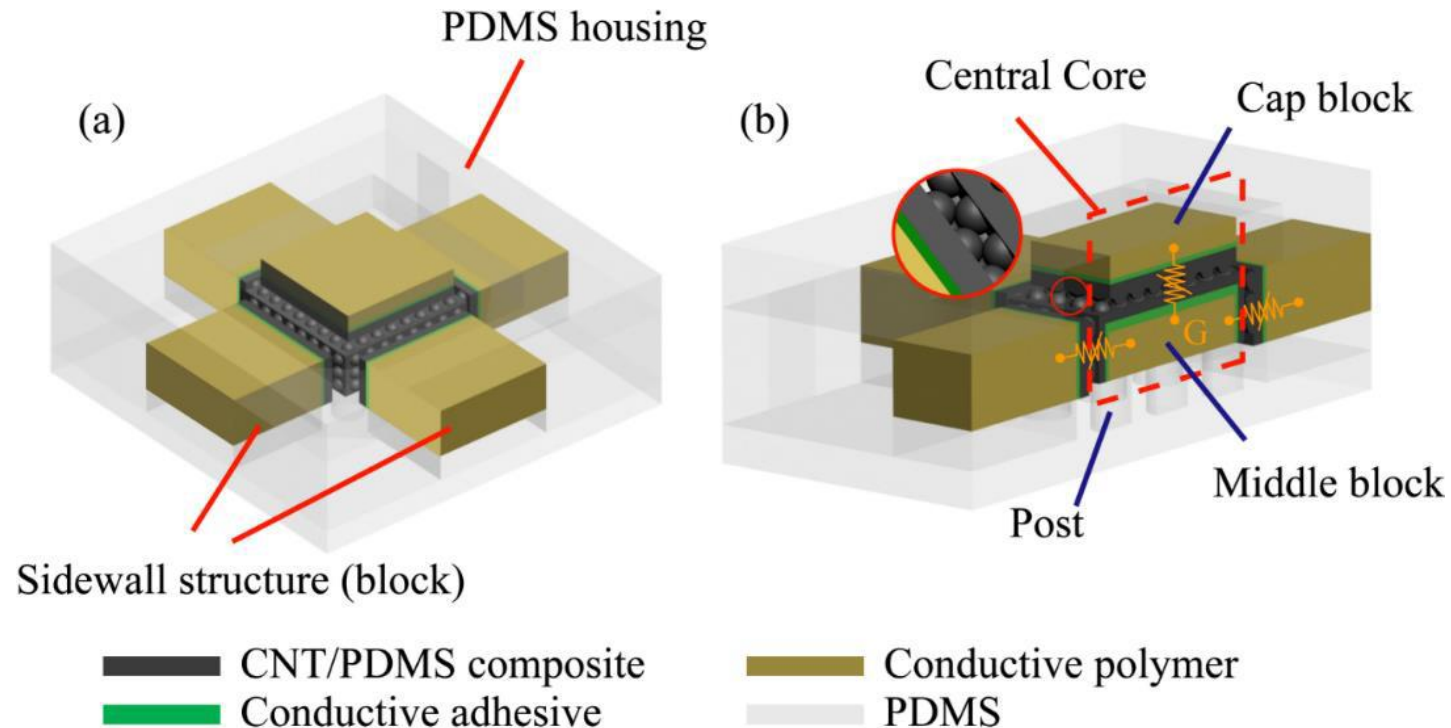
- Sensori che variano la loro Resistenza elettrica in funzione di pressione/forza applicata
- Circuiti elettronici semplici
 - 0 corrente costante o Tensione costante
- Soffrono di isteresi
 - Comunemente sviluppati con materiali plastici
 - Gomme, elastomeri o inchiostri conduttivi
- Range frequenziale minore rispetto a capacitivi

Sensori Piezoresistivi

- Lo studio di Jung presenta un dispositivo composto da un blocco centrale che funge da riferimento e cinque elementi sensibili posti lateralmente e superiormente.
- Questo design permette di discriminare sforzi multi assiali,
- lettura della variazione di resistenza fra il blocco centrale di riferimento e il blocco corrispondente all'asse di applicazione della forza
 - in caso di stimoli agenti su più di un asse è possibile scomporre la forza nelle sue componenti normali e di taglio.

Sensori Piezoresistivi

- Struttura basata su materiale polimerico (PDMS) proposta da Jung



Effetto piezoelettrico

- capacità di un materiale, dalla composizione cristallina, di generare una tensione, attraverso lo spostamento di cariche all'interno della propria struttura, in risposta ad una deformazione meccanica,
- permette di rilevare l'intensità di uno stimolo tramite la differenza di potenziale che si genera ai suoi capi

Effetto piezoelettrico

- Choi, sviluppa un sensore per la rilevazione della rugosità di una superficie
- caratteristiche superficiali studiate attraverso le vibrazioni rilevate durante lo scivolamento del contatto sensore-superficie
- Il sistema valuta la variazione di tensione in funzione della frequenza tramite FFT

Strain Gage

- Molto usati, misurano la deformazione meccanica
- Uscita classica del sensore: Variazione di Resistenza elettrica
- Risentono di variazioni di Temperatura e Umidità
 - Ponte di Wheastone per compensazione
- Soggetti a isteresi

Funzionalità Tattili

- Il sistema tattile svolge prevalentemente due funzioni:
 - la manipolazione degli oggetti
 - è fondamentale localizzare i punti di contatto pelle-oggetto e in essi rilevare gli stimoli sia stazionari che dinamici
 - determinare la forza da applicare all'oggetto per una corretta manipolazione.
 - la percezione delle caratteristiche dell'ambiente esterno
 - valutare le caratteristiche fisiche di un oggetto o superficie, come la durezza, il peso o le caratteristiche superficiali

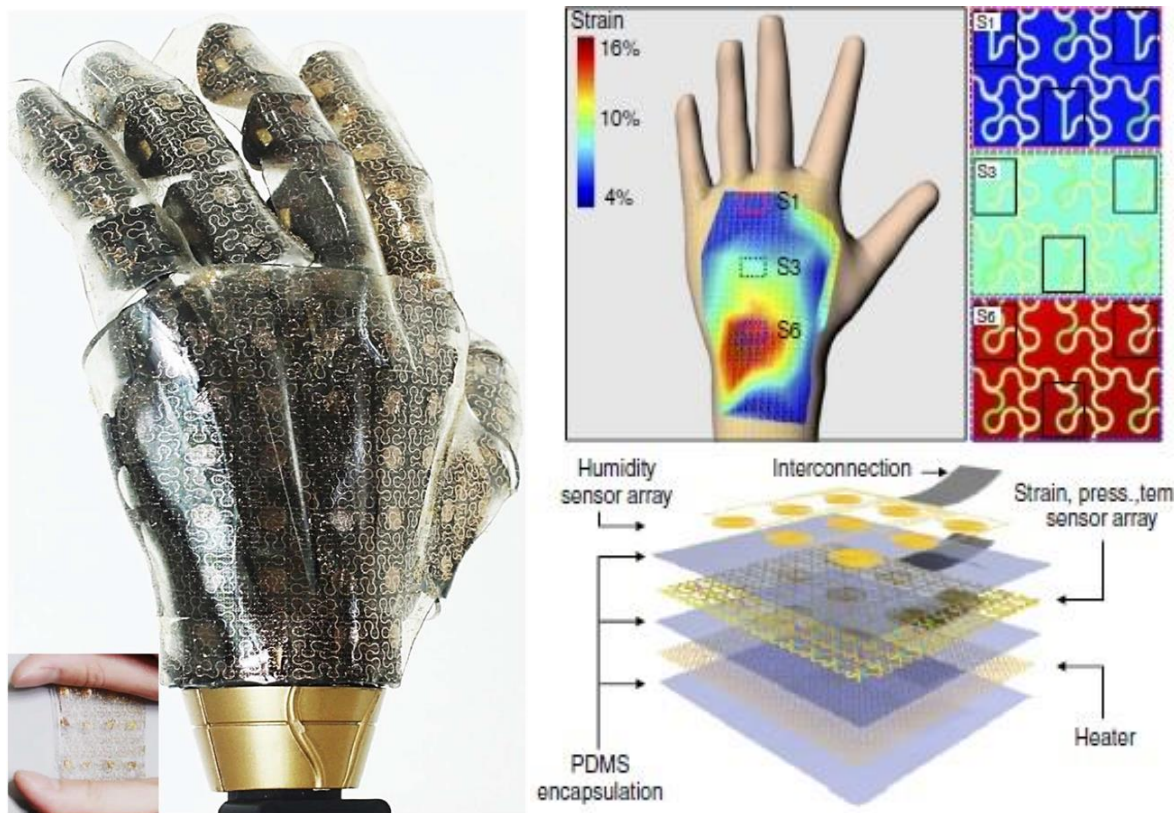
Caratteristiche del Tatto

- Rilevare gli scivolamenti:
- Chaturanga nella sua analisi agli elementi finiti di una simulazione 3D di scivolamento del polpastrello su una superficie, dimostra che è importante rilevare gli scivolamenti che avvengono alla rottura dei punti di contatto
- fase incipiente, indice di una perdita di contatto con l'oggetto e quindi della necessità di applicare una forza maggiore.

Pelle artificiale

- In caso di protesi è indispensabile creare un sistema di comunicazione fra l'organismo e il dispositivo stesso, ovvero far sì che il dispositivo sia anche in grado di trasmettere i segnali rilevati al sistema nervoso
- Un esempio piuttosto avanzato e completo di e-skin viene proposto da Kim
 - e-skin intelligente, completa di sensori di pressione e deformazione, sensori di umidità e temperatura, una rete di attuatori termici per il mantenimento della temperatura
 - un sistema di array multi elettrodi per la trasmissione dello stimolo ai nervi

Pelle artificiale



Bibliografia

- 1) Viry L., “Flexible three-axial force sensor for soft and highly sensitive artificial touch”, in *Advanced Materials*, 2014
- 2) Kang S., “Highly Sensitive Pressure Sensor Based on Bioinspired Porous Structure for Real-Time Tactile Sensing”, in *Advanced Electronic Materials*, 2016
- 3) Jung Y., “Piezoresistive tactile sensor discriminating multidirectional forces”, in *Sensors*, 2015
- 4) Choi J. Y., “Development of a biomimetic roughness sensor for tactile information with an elastomer”, in *SPIE Proceedings Vol. 9798: Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD)*, 2016
- 5) Chathuranga D. S., “Challenges in developing soft tactile sensors for robot that detect incipient slip”, in *7th International Conference on Information and Automation for Sustainability: "Sharpening the Future with Sustainable Technology"*, 2014
- 6) Kim J., “Stretchable silicon nanoribbon electronics for skin prosthesis”, in *Nature Communications*, 2014