

Presentazione del problema

Il lavoro che segue è uno studio dell'interazione di una capsula endoscopica dotata di zampe con un ambiente tubolare, deformabile ed a basso attrito in cui essa deve procedere e orientarsi. Tale dispositivo, attualmente in fase di sviluppo ancora preliminare, è destinato alla diagnosi e alla terapia del tratto gastrointestinale (tratto GI).

In questo senso il progetto in questione s'inserisce in un filone particolarmente attivo della moderna ricerca scientifica posto a metà strada tra l'ingegneria e la medicina che si prefigge la realizzazione di nuovi microstrumenti ed endoscopi in grado di garantire ai medici migliori capacità di lavoro in zone finora difficilmente, a volte inadeguatamente, raggiungibili con gli strumenti già esistenti.

Ciò che appare evidente è il modificarsi del modo stesso di concepire tali strumenti, non più asserviti all'azione manuale diretta del medico, ma concepiti come entità distali, più o meno autonome, capaci di agire con accuratezza in regioni le cui dimensioni sono tipicamente dell'ordine di pochi mm. Molti specialisti ritengono infatti che questo tipo di soluzione, che rientra nel campo della chirurgia minimamente invasiva (MIS, Minimally Invasive Surgery), possa, in futuro, permettere un notevole miglioramento nel trattamento di molte patologie di natura neurologica, cardiovascolare, gastrointestinale o ginecologica. Venendo all'oggetto specifico di questa tesi si deve dire che esistono diverse ragioni che fanno del tratto gastrointestinale un buon candidato per dispositivi medici miniaturizzati.

Da un punto di vista clinico una vasta gamma di patologie caratterizza questa zona (si pensi che negli Usa quello all'intestino rappresenta la seconda causa di morte tra i malati di cancro) mentre da quello ingegneristico l'intestino presenta il notevole vantaggio di non richiede la sterilizzazione delle parti, semplificando in questo modo il disegno, la fabbricazione e l'assemblaggio del dispositivo cui alla fine sono date le sembianze di una capsula dotata di zampe.

Una locomozione attiva e controllabile rappresenta il modo principale per trasformare una microcamera in un sistema realmente efficace in termini di diagnosi e terapie endoscopiche. Tuttavia una vera e propria soluzione al problema della locomozione nel tratto gastrointestinale non è ancora stata completamente sviluppata.

Anzi, da un punto di vista teorico, si deve osservare che non esistono indicazioni o sperimentazioni relative a un dispositivo dotato di zampe (come quello presentato in questo lavoro) in movimento all'interno di un ambiente altamente deformabile. Ricerche su microsistemi con zampe esistono ma questi hanno dimensioni decisamente inferiori a

quelle di una capsula endoscopica e i gradi di libertà di ogni zampa sono ridotti al punto che tali soluzioni hanno arti simili a ciglia.

Per questo, nelle pagine a seguire, si è prima concentrata l'attenzione sul problema della modellazione dell'ambiente in cui la capsula deve muoversi, passo necessario per la determinazione delle azioni applicate alle zampe e che permettono il moto, e solo in seguito si è passati all'analisi della locomozione vera e propria.

La tesi è stata quindi strutturata in 4 capitoli distinti. Il primo si occupa di dare una breve e generale descrizione dell'ambiente in esame da un punto di vista anatomico-patologico, nonché di introdurre alle tecniche e alle strumentazioni endoscopiche attualmente in uso.

Una particolare attenzione è stata dedicata all'intestino, dove infatti, almeno per il momento, sono state concentrate le prove sperimentali necessarie alla caratterizzazione del comportamento del tessuto. Caratteristiche e risultati di tali tests sono oggetto di trattazione nel capitolo II.

La terza parte conduce un'analisi "statica" dell'interazione capsula-substrato, occupandosi della modellazione di un problema che non prende ancora in considerazione l'atto di moto della capsula. All'approfondimento di quest'ultimo aspetto, come facilmente intuibile, è dedicato il capitolo IV mentre in appendice sono riportati i files Matlab™ scritti.