

# Proposte progetti per PSC a.a. 2007-08

Tutti i progetti richiedono una **ricerca bibliografica** che riguarda i lavori inerenti alle tematiche proposte nei progetti. Questa parte e' molto importante nella valutazione finale del progetto, in quanto e' importante che dimostriate che avete fatto qualcosa di originale rispetto a quello che gia' esiste. Alcuni link utili da cui cominciare la ricerca sono indicati nel testo del progetto, ma ovviamente e' necessaria una ricerca molto piu' esaustiva e accurata. Uno strumento molto utile in questo senso e' Google Scholar <http://scholar.google.it/>, un motore di ricerca per articoli presenti in rete. Il vantaggio e' che questo motore trova anche articoli che citano un particolare articolo, quindi riuscite a trovare riferimenti piu' recenti dell'articolo da cui siete partiti. Un'altra cosa utile e' cercare direttamente con Google il nome dell'autore, visto che spesso hanno una loro pagina web personale con articoli e informazioni utili. Vi consiglio inoltre di salvare i file on-line degli articoli che man mano leggete in modo da individuare i piu' indicativi che poi darete da leggere anche agli altri membri del gruppo.

Per quel che riguarda la parte sperimentale, invece sono a disposizione vari strumenti. Per quel che riguarda la **rete di sensori (motes)** c'e' molto materiale disponibile in rete e presso il laboratorio NAVLAB. In particolare esiste un forum presso <http://forum.dei.unipd.it/> dal nome SENSNET. Per poter accedere dovete iscrivervi al forum e mandarmi un' email con il vostro login in modo tale che vi possa abilitare. A quel punto potete accedere al forum SENSNET nel quale sono a disposizione manuali dei dispositivi, manuali del sistema operativo, alcune tesi sull'argomento, tutorial per imparare a programmare di dispositivi, etc. Per quel che riguarda i **veicoli mobili e-puck**, potete direttamente accedere alla pagina <http://www.e-puck.org/> nella quale trovate un sacco di materiale. Inoltre ho un mio tesista che sta completando l'interfacciamento fra gli e-puck e i motes in modo tale che possano comunicare fra di loro in maniera wireless. Infine, per quel che riguarda il progetto delle **videocamere** ci sono a disposizione il sistema di motion-capture del Prof. Frezza ed una telecamara pan-and-tilt. In rete esiste molto materiale che riguarda il tracking di oggetti mobili che potete cercare di riutilizzare. Mi pare di capire che ci sono anche software per l'acquisizione di immagini tramite MATLAB.

## 1. Metodologie di controllo per la gestione energetica in reti di sensori wireless. (2-3 studenti/gruppo - teorica/simulativa/sperimentale)

Una delle applicazioni piu' comuni per reti di sensori wireless e' quella del monitoraggio di quantita' di interesse quali temperature, livelli di sostanze biochimiche, etc. In genere queste reti di sensori trasmettono tramite multi-hop le loro misure ad un nodo-radice che le raccoglie per l'elaborazione. Molte di queste applicazioni richiedono l'alimentazione di tali nodi tramite batterie e che portano quindi a problemi di mantenimento e gestione energetica. Il consumo energetico di ogni nodo e' proporzionale al numero di messaggi ricevuti e trasmessi, dunque i nodi piu' vicini alla radice tendono a scaricarsi piu' velocemente poiche' devono trasmettere la loro misura, e ricevere e ritrasmettere tutte le misure dei nodi a valle verso il nodo radice. Un modo per poter ridurre il consumo energetico e' legato alla rotazione del nodo-radice (**leader election**) in modo tale che il livello delle batterie dei vari sensori si scarichi in maniera omogenea e che quindi eviti che qualche nodo si scarichi troppo velocemente.

Lo scopo di questo progetto e' quello di scegliere in maniera ottimale il nodo radice in base ai vari livelli di energia delle batterie e del grafo di connettività'.

Nel laboratorio NAVLAB al DEI sono a disposizione un centinaio di nodi sensori wireless sui quali poter testare vari algoritmi.

La relazione di un progetto sullo stesso argomento svolto in precedenza si puo' trovare in [http://www.dei.unipd.it/~schenato/PSC07/RelazionePSC07\\_SensorFusion.pdf](http://www.dei.unipd.it/~schenato/PSC07/RelazionePSC07_SensorFusion.pdf).

**2. Identificazione di modelli dinamici e posizionamento ottimo di reti di sensori wireless (3 studenti/gruppo - teorica/sperimentale).  
(in collaborazione con Prof. A. Chiuso, Prof. A. Cenedese <sup>1</sup>)**

Come indicato nel precedente proposta di progetto, una delle applicazioni piu' comuni per reti di sensori wireless e' quella del monitoraggio di quantita' di interesse quali temperature, livelli di sostanze biochimiche, etc. Spesso questi sensori sono disposti in modo casuale e in soprannumero in termini di qualita' di stima del campo di interesse. Se per esempio si pensa ad un edificio ed al monitoraggio di temperatura, in linea di principio, sarebbe possibile ottenere delle stime di temperatura con una accuratezza elevata tramite l'utilizzo di un modello dinamico di stato in cui solamente poche misure sono necessarie per ricostruirlo. Lo scopo di questo progetto e' quello di ottenere delle tecniche di identificazione di modelli dinamici tramite misure sperimentali tramite un numero molto elevato di sensori (ordine delle centinaia). Una volta ottenuto tale modello, si vuole cercare di capire quali sensori possono essere eliminati senza che la stima della temperatura con una determinata risoluzione non decresca in maniera eccessiva, in modo tale da ridurre il numero di sensori necessari di un'ordine di grandezza (ordine delle decine). In questo modo la gestione di una rete di sensori con un numero limitato di nodi risulterebbe molto piu' semplice ed economica.

Questo progetto si propone di proseguire il lavoro iniziato in un precedente progetto [http://www.dei.unipd.it/~schenato/PSC07/RelazionePCS07\\_Identificazione.pdf](http://www.dei.unipd.it/~schenato/PSC07/RelazionePCS07_Identificazione.pdf) e articolo [http://www.dei.unipd.it/~schenato/PSC07/IFAC08\\_ThermoIdentif\\_v3.pdf](http://www.dei.unipd.it/~schenato/PSC07/IFAC08_ThermoIdentif_v3.pdf).

**3. Analisi di prestazione di reti di sensori wireless per applicazioni di stima in tempo reale (2 studenti/gruppo - teorica/simulativa).  
(in collaborazione con Lance Doherty, Dust Networks, California)**

Lo scopo di questo progetto e' di valutare l'uso di reti di sensori wireless per applicazione di stima e controllo in tempo reale. Infatti, uno dei problemi principali e' che tali reti comportano dei ritardi aleatori e perdita di pacchetti. In base alle statistiche di arrivo dei pacchetti e' possibile individuare quali applicazioni di controllo possono essere comunque essere realizzate tramite reti di sensori (monitoraggio impianti chimici, monitoraggio distribuzione sostanze chimiche, monitoraggio temperatura/umidita'/CO2 in edifici o serre, tracking di oggetti, etc..). Inoltre in base all'applicazione di controllo in mente e' possibile eventualmente progettare specifici protocolli di comunicazione che sfruttino questa ulteriore informazione. Come punto

---

<sup>1</sup>email: {chiuso-angelo.cenedese}@unipd.it

di partenza si veda [www.dei.unipd.it/~schenato/didattica/PSC07/FusionCDC071\\_v3.pdf](http://www.dei.unipd.it/~schenato/didattica/PSC07/FusionCDC071_v3.pdf) ed un precedente progetto [http://www.dei.unipd.it/~schenato/PSC07/RelazionePSC07\\_SensorFusion.pdf](http://www.dei.unipd.it/~schenato/PSC07/RelazionePSC07_SensorFusion.pdf).

In particolare in questo progetto dovranno essere individuate una serie di possibili applicazioni e modelli dinamici, ed applicare tecniche di stima e controllo soggette a perdita di pacchetti e ritardi aleatori utilizzando dati sperimentali riguardo le statistiche di arrivo fornite dalla Dust Networks. Inoltre si richiede trovare delle tecniche di compressione e aggregazione basate possibilmente su stimatori distribuiti che permettano di spedire lo stato  $x$  del sistema piuttosto che le misure  $y$ .

#### **4. Robotica coordinata tramite localizzazione con una rete di sensori. (3-4 persone/gruppo - sperimentale)**

Lo scopo di questo progetto e' di studiare algoritmi di esplorazione coordinata di veicoli mobili. In particolare si vuole che un gruppo di veicoli esplori un ambiente alla ricerca di un particolare oggetto/quantita' di interesse, ma che allo stesso tempo il gruppo rimanga comunque connesso. L'idea e' che ogni veicolo possa esplorare l'ambiente in maniera indipendente dagli altri veicoli, ma che allo stesso tempo non si allontani troppo dagli altri. Alcuni algoritmi che mantengono la connettivita' di un gruppo di veicoli sono stati proposti [www.dei.unipd.it/~schenato/didattica/PSC07/paper\\_robotics\\_connectivity.pdf](http://www.dei.unipd.it/~schenato/didattica/PSC07/paper_robotics_connectivity.pdf) e [http://www.soe.ucsc.edu/~jcortes/research/data/2004\\_CoMaBu-tac.pdf](http://www.soe.ucsc.edu/~jcortes/research/data/2004_CoMaBu-tac.pdf), ma non sono mai stati valutati sperimentalmente. Un altro aspetto interessante e' quello di valutare la possibilita' di usare una rete di sensori statica per la localizzazione dei veicoli in mancanza un sistema GPS, come suggerito in [www.dei.unipd.it/~schenato/didattica/PSC07/tesi\\_navigazione\\_WSN.pdf](http://www.dei.unipd.it/~schenato/didattica/PSC07/tesi_navigazione_WSN.pdf).

Si propone di valutare questi differenti aspetti utilizzando la piattaforma ed i veicoli mobili disponibili presso il Navlab. Per esempio sarebbe interessante utilizzare i sensori infrarossi di cui sono dotati i veicoli mobili (e-puck) per evitare ostacoli troppo vicini e qualche altro tipo di sensore, come il sensore di luminosita', per la ricerca di una fonte di luce. Si potrebbero disporre sulla piattaforma in laboratorio degli ostacoli e far muovere i veicoli alla ricerca della sorgente di luce, utilizzando la rete di sensori per avere una stima (molto rumorosa) della posizione dei diversi veicoli, facendo in modo che mantengano la connettivita' e che in presenza di ostacoli siano in grado di aggirarli.

#### **5. Tecniche di stima e filtraggio per individuazione di malfunzionamenti ed aggressioni in WSN (2-3 persone/gruppo - teorica)**

Uno degli aspetti piu' importanti delle reti di sensori wireless e' la numerosita' e la ridondanza dei sensori che potenzialmente permette di rendere tale rete molto robusta in caso di malfunzionamento di qualche nodo sensore o di attacco su qualche nodo. Si pensi per esempio all'uso di piu' sensori di temperatura per misurare la temperatura di una stanza. Una strategia molto naturale e' quella di utilizzare la media di tutti i sensori in modo tale ridurre il disturbo del rumore. Se uno di questi sensori si rompe o viene attaccato e volontariamente altera la sua misura di temperatura e quindi la media ottenuta utilizzando anche questa misura viene falsata. Ovviamente maggiore e' il numero di sensori minore sara' l'effetto delle misura sbagliata sulla media, ma il

fatto di avere piu' misure potrebbe permettere di individuare che una misura si discosta molto da tutte le altre e quindi si potrebbe pensare di eliminarla migliorandola ulteriormente la media. Il problema di individuazione di un sensore malfunzionante e' complicato dal fatto che nelle misure c'e' del rumore e quindi puo' anche essere che una eventuale lettura diversa dalle altre sia dovuta non a malfunzionamento ma al rumore. Inoltre, non sempre si utilizzano piu' sensori esattamente identici. Per esempio, ritornando all'esempio delle temperature e' ragionevole posizionare un sensore in punti diversi di una stanza o di un edificio. Questo significa che ogni sensore misura una quantita' diversa, ma comunque correlata, infatti se in un punto di una stanza la temperatura e' di 22 gradi e' poco probabile che la temperatura nel punto opposto sia 30.

In questo progetto, lo scopo e' quello di formalizzare il problema di individuazione e stima robusta di malfunzionamento di sensori. Una possibile strada e' l'utilizzo di tecniche di "statistica robusta" che cercano appunto di individuare da un gruppo di misure gli "outlier" cioe' che non sono generate da un processo statistico che rappresenta il normale funzionamento del sistema. Un'altra possibile strada e' quella di utilizzare tecniche di stima per individuare se un sensore si comporta in maniera corretta da un punto di vista statistico, cioe' se ma misura rientra in un certo intervallo di valori al di fuori del quale la probabilita' che ci sia un malfunzionamento e' elevata. Si veda l'articolo per una descrizione piu' accurata del problema con relative referenze: "Security and Trust for Wireless Autonomic Networks : System and Control Methods", J. S. Baras, *European Journal of Control*, vol.13, no.2-3 e M. Basseville, I.V. Nikiforov, "Detection of Abrupt Changes - Theory and Application". Prentice-Hall, Inc., April 1993 <http://www.irisa.fr/sisthem/kniga>

#### **6. Tecniche di consenso per problemi di sicurezza e "trust" in WSN (2-3 persone/gruppo - teorica)**

Uno degli aspetti piu' importanti che vedono essere affrontati affinche' le reti di sensori wireless possano effettivamente diventino affidabili e' la sicurezza dei dati e la capacita' di essere robusta contro attacchi esterni. Questo e' particolarmente poiche' i dati sono trasmessi via wireless e quindi facilmente intercettabili. L'uso di algoritmi per criptare i dati possono solo parzialmente risolvere questi problemi. Un approccio recente e' quello di utilizzare la rete stessa per capire se un nodo "nemico" cerca di introdursi nella rete e fare dei danni. Alcune di queste tecniche si basano su algoritmi di consenso distribuito che cercano di sistema immunitario a livello di rete capace di gestire attacchi esterno o da nodi malfunzionanti.

Lo scopo di questo progetto e' quello di analizzare gli aspetti piu' critici che riguardano la sicurezza in reti di sensori e di applicare tecniche di tipo controllistico per risolvere tali problemi. Due strade che possono essere seguite sono un approccio alla "teoria dei giochi" e degli algoritmi di consenso. Un utile articolo introduttivo con molte referenze e' il seguente: "Security and Trust for Wireless Autonomic Networks : System and Control Methods", J. S. Baras, *European Journal of Control*, vol.13, no.2-3.

#### **7. Localizzazione e tracking tramite "sensor fusion" (3-4 studenti/gruppo). (in collaborazione con M31, Prof. Angelo Cenedese)**

Questo progetto si propone di sviluppare algoritmi per la localizzazione e il tracking

si un agente mobile all'interno di una rete di sensori eterogenei (videocamere, sensori RF).

In un testbed realizzato in laboratorio, gli algoritmi hanno l'obiettivo di monitorare gli spostamenti di uno o più veicoli mobili sfruttando le informazioni coordinate di una rete wireless di sensori RF (uno dei quali montato sul veicolo mobile) e di una rete wired di videocamere piazzate in punti prefissati dell'ambiente, realizzando in tal modo il paradigma proprio di "sensor fusion".

In particolare, la possibilità di utilizzare una videocamera dome-PT (pan-tilt) o viste provenienti da un sistema di più telecamere consente di realizzare un sistema di tracking multicamera, dove dalle viste parziali dell'ambiente e della relativa localizzazione è possibile ottenere la completa ricostruzione e successiva interpretazione della scena, con un certo livello di ridondanza e di confidenza.