

Rete di sensori wireless per il monitoraggio di temperatura e umidità nel sottosuolo

Pirazzi Fulvio
Fulvio.pirazzi@gmail.com



Introduzione

La finalità di questo lavoro è lo sviluppo di una rete di sensori wireless, a basso costo, in ambito forestale per monitorare umidità e temperatura, utilizzando soluzioni open source e open hardware.

Le soluzioni commerciali sono efficaci ma costose e non completamente ottimizzabili e adattabili. Una soluzione ad-hoc permette di contenere i costi nonostante comporti un lavoro di selezione, programmazione e assemblaggio dei vari componenti.

Proporre una WSN (wireless sensor network) open source a costi contenuti, agevola l'adozione per il monitoraggio di aree relativamente estese in contesti con limitate risorse monetarie disponibili.

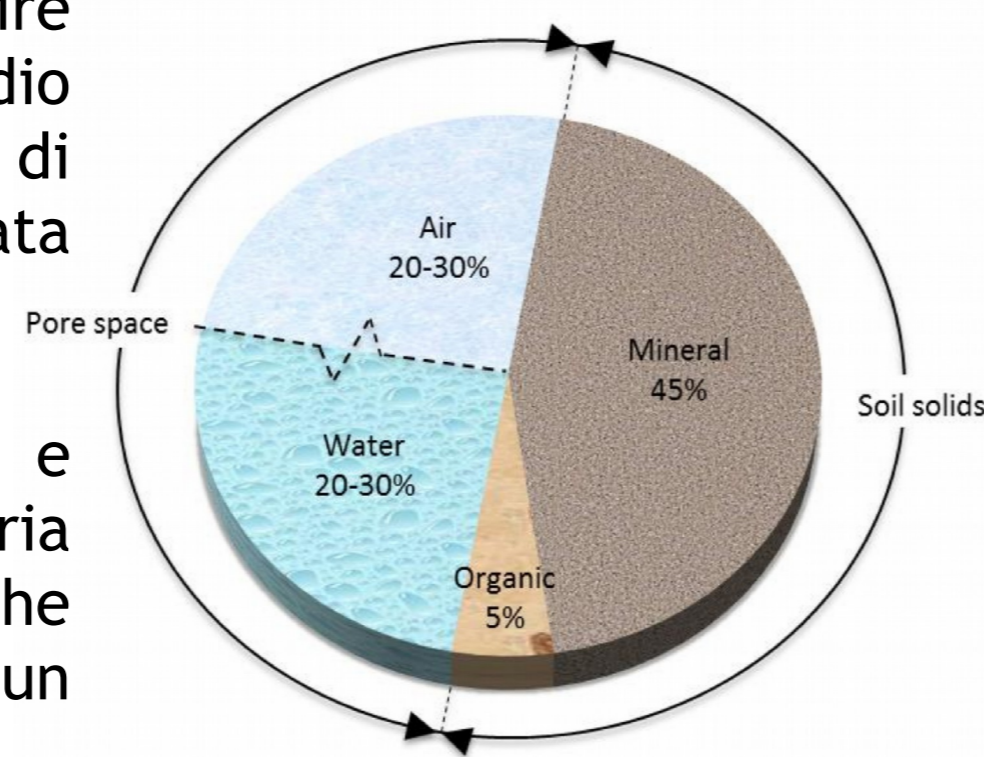
Introduzione

Monitorare temperatura e umidità può fornire informazioni utili alla comprensione e allo studio del sottosuolo. A parità di investimento, l'uso di una WSN aumenta l'estensione dell'area monitorata rispetto all'uso di data-logger commerciali.

Il sottosuolo è una struttura disomogenea e complessa. La composizione, la granulometria delle varie parti e la natura delle sostanze che occupano gli interstizi caratterizzano il suolo in un preciso istante.

Il cambiamento nel tempo del contenuto di acqua e la fluttuazione della temperatura hanno un impatto significativo nei processi fisici, chimici e biologici nel sottosuolo.

[1] C. Nyle, R. Weil, The Nature and Properties of Soils 14th edition, Pearson International Edition, Ltd ISBN: 978-0-13-513387-3, pp. 1-3, (2008).



Composizione volumetrica del suolo. La linea tratteggiata, tra aria ed acqua, indica il variare tra le condizioni di secco e umido. Figura adattata da [1]

Progettazione della rete

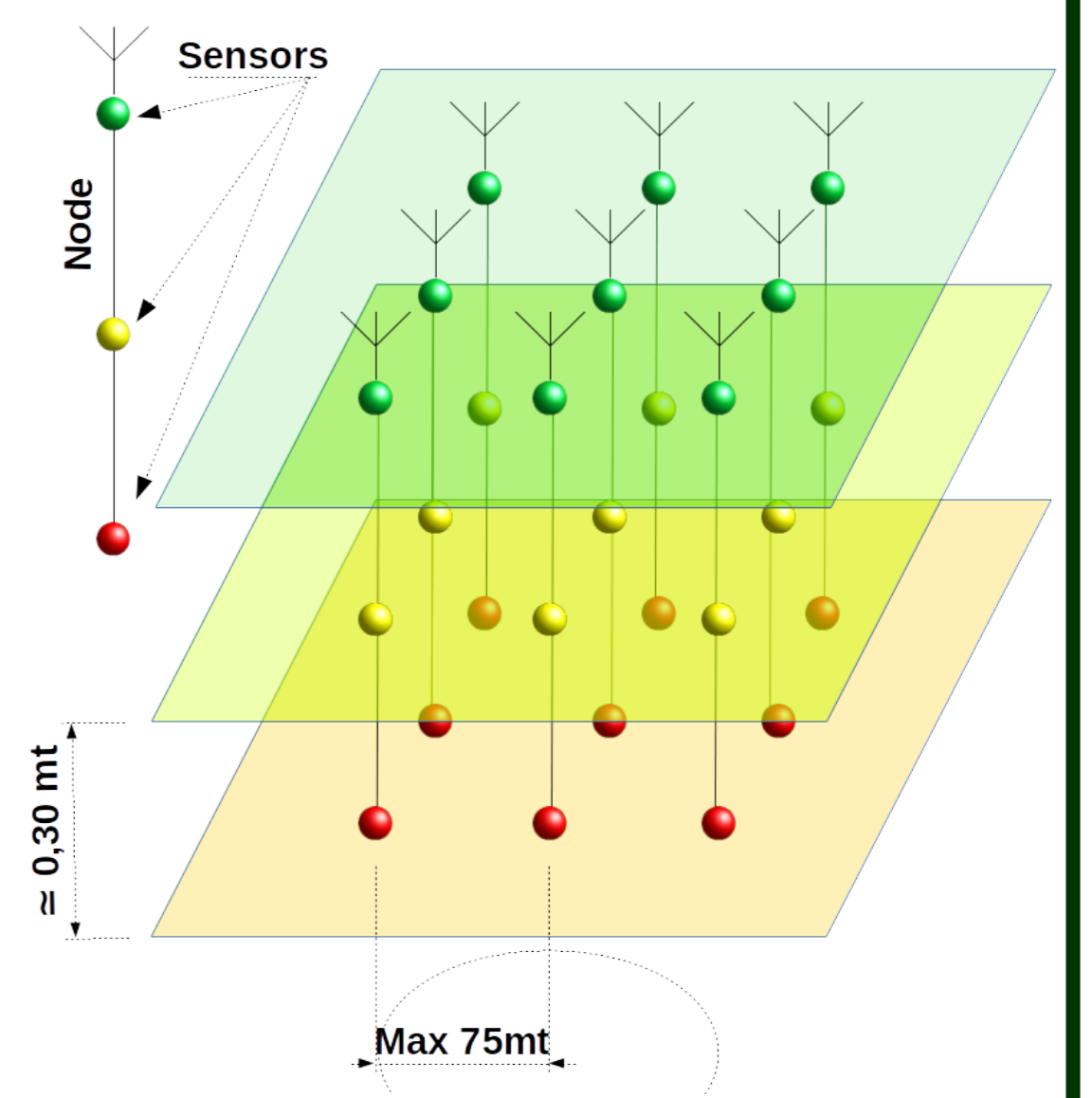
La rete implementa un protocollo d'instradamento gerarchico capace di riconoscere i nodi ed indirizzare efficacemente i messaggi.

L'efficienza di un percorso viene valutata in base alla potenza di trasmissione e al livello energetico residuo dei nodi interessati.

Il nodo principale, chiamato Gateway, è in grado di comunicare con un server tramite internet. Il Server è quindi in grado di esporre i dati all'esterno della rete, nonché offrire servizi di diagnostica relativi ai vari nodi.

Le librerie utilizzate abilitano l'instradamento di messaggi a singoli nodi o all'intera rete. Combinando queste due tipologie di messaggi a livello di codice è possibile implementare il protocollo di rete.

La libreria "narcoleptic" garantisce una minimizzazione dei consumi durante i periodi di attesa o inattività dei nodi.



Modello 3D del terreno con i sensori a profondità specifiche in prossimità del nodo che forniscono informazioni a vari livelli.

Progettazione Hardware

La fase di progettazione include lo studio, la selezione e l'acquisto dei vari componenti che andranno a formare la rete, oltre che la loro integrazione utilizzando software e circuiti.

IMPLEMENTAZIONE DEL NODO.

Il cuore del nodo è rappresentato dal suo microprocessore detto controller.

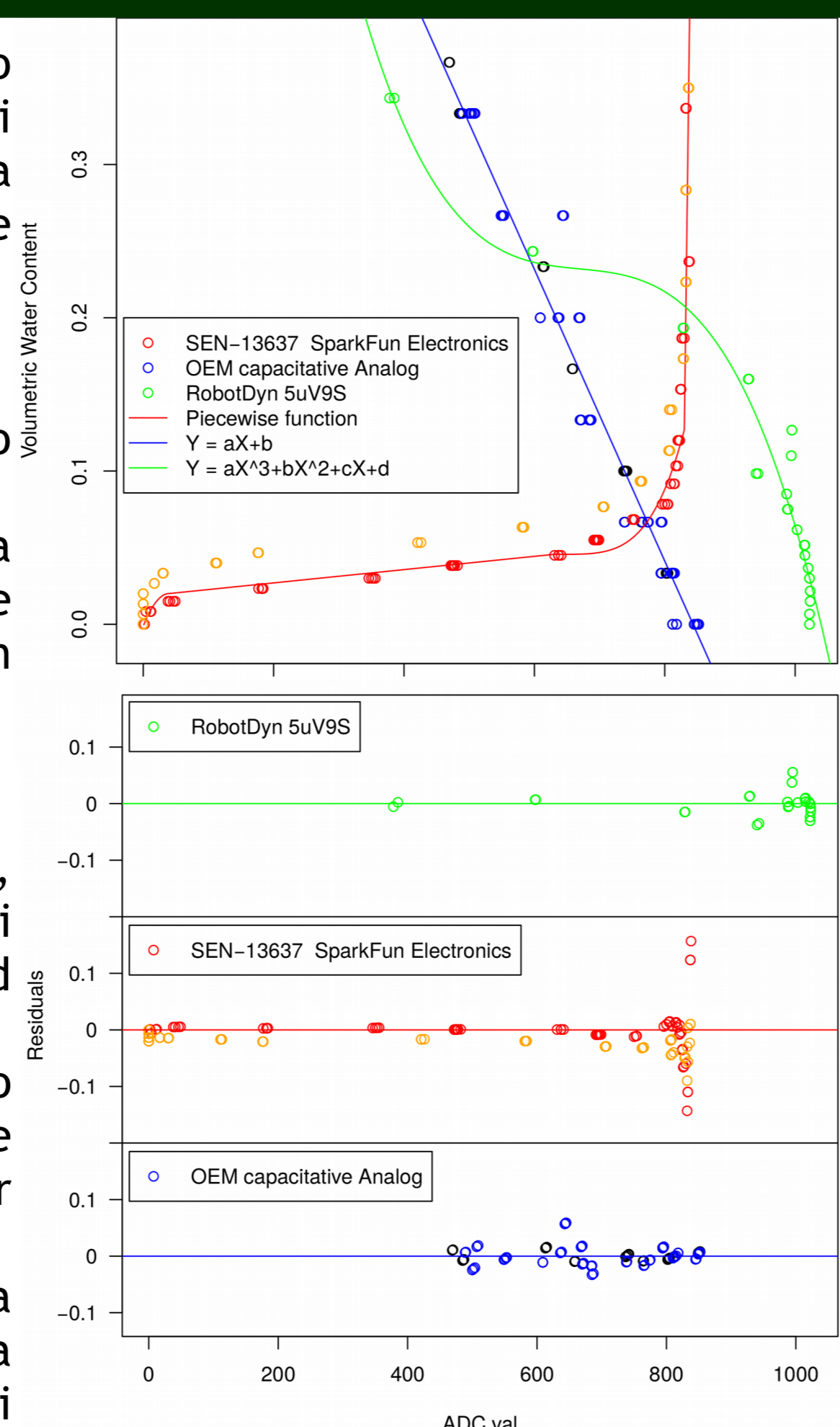
Il controller prescelto è una scheda Moteino, ovvero un clone Arduino che include una ricetrasmittente FM e un analog-digital converter (ADC).

SELEZIONE DEL NODO.

Moteino interagisce con sensori analogici, sfruttando il suo ADC e con sensori digitali tramite BUS e protocolli come ad esempio I²C.

I sensori economici non hanno solitamente una documentazione esaustiva e spesso sono progettati per fornire valori qualitativi.

La calibrazione dei sensori è stata effettuata in laboratorio tramite una serie di misurazioni a valori di riferimento.



Il grafico superiore mostra la linea di calibrazione di diversi sensori. Il secondo grafico mostra i residui rispetto ai valori misurati.

Implementazione Software

Il linguaggio di programmazione adottato nel microcontrollore è un sottoinsieme del C++. Il software implementato regola la sincronizzazione di comunicazione e campionamento.

Il programma è inoltre responsabile della scrittura e distribuzione dei dati nella memoria flash. Ogni cella di memoria ha un limitato numero di scritture disponibili che definiscono il suo ciclo di vita. La distribuzione delle scritture, lungo tutto lo spazio disponibile, garantisce una durata maggiore del supporto. Per poter caratterizzare i vari dati nei vari indirizzi, viene utilizzata la memoria EEPROM, dove gli indirizzi sono codificati secondo la formula a seguire.

$$Add = E_0 * 10^3 + \sum_{n=1}^{40} E_n \quad (1)$$

(1) L'indirizzo (Add) risulta dalla somma pesata di 40 bytes.
(2) L'ennesimo byte (E_n) assume un valore tra 0 e 250.

$$E_n \quad 0 \leq E_n \leq 250 \quad (2)$$

La libreria "narcoleptic" abilita la selezione di alcune funzionalità da interrompere durante i periodi di inattività. La sospensione di funzionalità e servizi produce una riduzione dei consumi che prolunga la vita delle batterie. Poiché la funzionalità radio viene sospesa, si rende necessaria una sincronizzazione tra i nodi per garantire l'ascolto di un nodo durante la trasmissione del messaggio a lui destinato.

Conclusioni

Il nodo, nella sua progettazione finale può alloggiare sensori digitali o analogici, garantendo la possibilità di implementare reti eterogenee.

Il costo ridotto è ottenuto non solo utilizzando l'open hardware del clone Moteino, ma anche adottando sensori relativamente economici a seguito di una fase di test degli stessi.

Il costo totale di un nodo corredato da 10 sensori è inferiore a 100 €.

Sviluppi futuri

-Implementazione della soluzioni in scenari differenti.

-Ulteriore ottimizzazione dei consumi per estendere la durata delle batterie.

-Il Gateway potrebbe essere equipaggiato con un pannello fotovoltaico capace di prolungare la durata delle batterie.

