



*Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni*

Data centralization platform design for Wireless sensor Network for ResNovae Smart Cities Project

Antonio Francesco Gentile¹, Davide Macrì¹

RT-ICAR-CS-15-09

Novembre 2015



¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR)
– Sede di Cosenza, Via P. Bucci 41C, 87036 Rende, Italy, URL: www.icar.cnr.it

Relazione attività di progettazione rete di sensori progetto Smart Cities

Sommario

<i>Architetture, reti e soluzioni, linee di progetto</i>	3
DESCRIZIONE DEI NODI COMPONENTI LA STRUTTURA DORSALE	4
STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE	5
STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE – PROPOSTA “A”:	8
CONCLUSIONI:	10
<i>IMPLEMENTAZIONE DELLA NUOVA RETE RIDIMENSIONATA SU RICHIESTE AVANZATE DAL COMUNE DI COSENZA</i>	11
IMPLEMENTAZIONE DELLA SOLUZIONE AGGIORNATA	12
VLAN	14
Dispositivi	16
FIREWALL/ROUTER	17
STRUTTURAZIONE DEI SINGOLI NODI:	18
PIATTAFORMA WEB PER IL MONITORING DELLA RETE/NODI	19
CONCLUSIONI	21

Architetture, reti e soluzioni, linee di progetto

- ✓ Architettura di base
 - raspberry
 - rete di interconnessione

- ✓ Rete di interconnessione
 - ✓ idea di base
 - ✓ materiale
 - ✓ composizione nodi
 - ✓ ulteriori sopralluoghi/verifiche di potenza da fare
 - ✓ testbed unical

- ✓ Soluzioni
 - A buona
 - A costi/benefici
 - B media
 - B costi/benefici

- ✓ motivazioni scelta B da parte dell'ICAR CNR
 - costi
 - carattere sperimentale
 - implementazione A per sviluppi futuri

A seguito della richiesta dell'ICAR CNR di progettare una rete per appoggiarvi i servizi “smart city”, si è provveduto a programmare un set di dispositivi raspberry mediante sistema operativo Debian (raspbian), con un kernel del ramo 3.x per interfacciamento a dispositivi arduino al fine di creare una rete di sensori. Il chipset di riferimento per le connessioni wireless è della serie realtech 8180eu, ed i driver sono stati compilati per l'inserimento automatico nel kernel.

Sono state pensate e realizzate due diverse configurazioni:

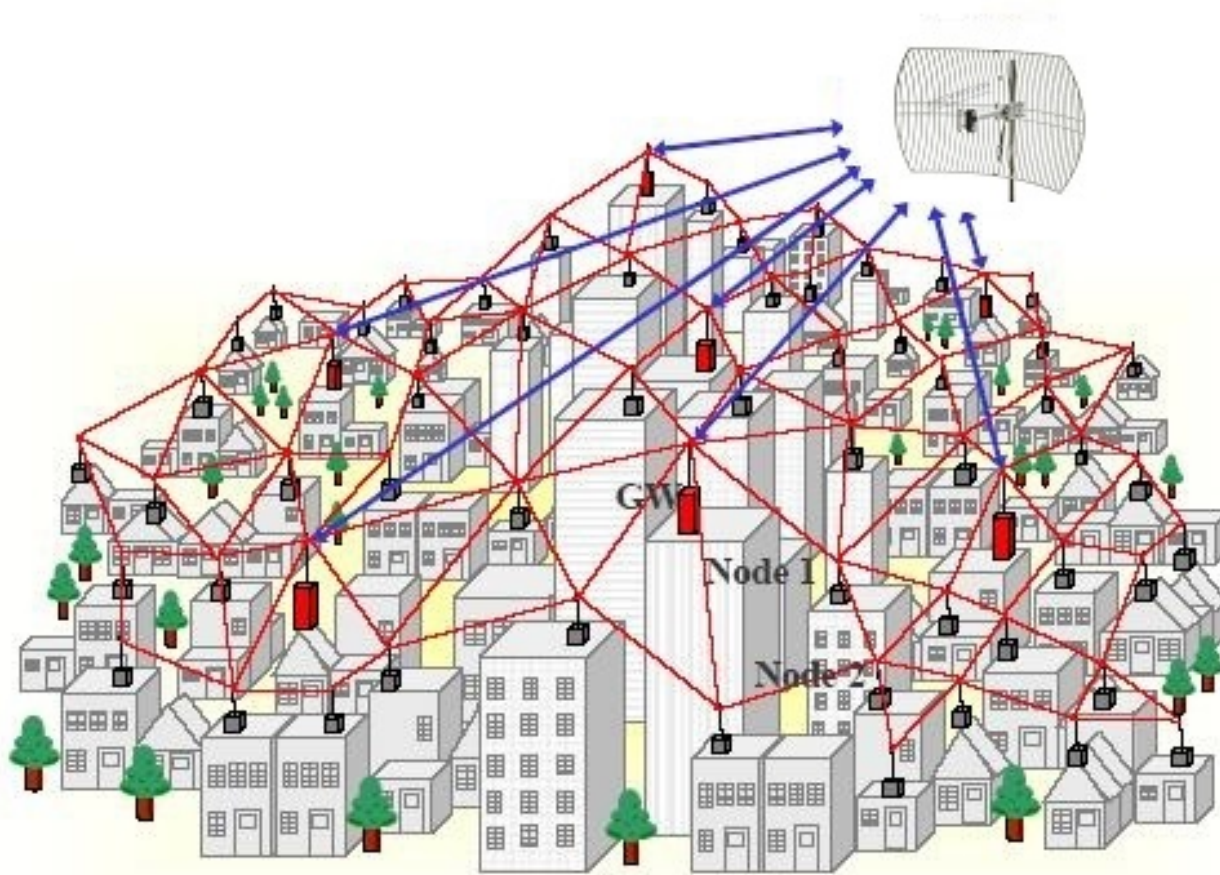
- un generico nodo “sensore” capace di collegarsi ad altri nodi ed ai sensori “arduino” mediante connessioni wireless e via cavo;
- un nodo “gateway wireless”, in grado di permettere la connessione di diversi gruppi di nodi

Alla prima richiesta ne è seguita un'altra relativa alla progettazione di un'architettura di rete wireless per interconnettere tra loro i gruppi di sensori.

Il sistema di interconnessione studiato per la realizzazione del progetto si appoggia sulle topologie di reti a maglia, le cosiddette “mesh”, considerano soprattutto il fatto che avere la connessione verso il mondo esterno sarà espletata attraverso un particolare nodo di riferimento, da qui in poi “SERVER”, che si occuperà di memorizzare i dati dei sensori ed inviarli al centro di elaborazione dati.

I vantaggi di un'architettura del genere risiedono nella strutturazione a celle della topologia che si va a realizzare, il che garantisce facilità d'implementazione, gestione semplice e possibilità di implementare scalabilità e ridondanza dei servizi.

Un esempio si ha nella figura seguente:



DESCRIZIONE DEI NODI COMPONENTI LA STRUTTURA DORSALE

NODO “SORGENTE” PER DORSALE DI STRUTTURA:

PUNTO D’INSTALLAZIONE	DISPOSITIVI	QUANTITA
COMUNE OPPURE EDIFICIO SCOLASTICO	UBIQUITY SECTOR 120°	1
	UBIQUITY ROCKET M5	1
	UBIQUITY NANO BEAM	1
	TP-LINK 3600	1

CONNESSIONE PUNTO-PUNTO COL NODO “SORGENTE”:

PUNTO D’INSTALLAZIONE	DISPOSITIVI	QUANTITA
COMPLESSO COMMERCIALE “I DUE FIUMI”	UBIQUITY NANO BEAM	1
	TP-LINK 3600	1

CONNESSIONE PUNTO-PUNTO COL NODO “SORGENTE”:

PUNTO D’INSTALLAZIONE	DISPOSITIVI	QUANTITA’
CONI	UBIQUITY NANO BEAM	1
	TP-LINK 3600	1

NODO “DIFFUSIONE-BILOTTA” PER DORSALE DI STRUTTURA:

PUNTO D’INSTALLAZIONE	DISPOSITIVI	QUANTITA’
PALAZZO DA INDIVIDUARE A PIAZZA BILOTTA	UBIQUITY SECTOR 120°	3
	UBIQUITY ROCKET M5	3
	UBIQUITY NANO BEAM	1
	TP-LINK 3600	1

Oltre a questi nodi di dorsale basilari, è stata pensata una filiazione della dorsale stessa capace di raggiungere l’ingresso dell’autostrada A3 mediante due nodi aggiuntivi:

- ✓ nodo “DIFFUSIONE-ROSSI”, connesso direttamente a “DIFFUSIONE-BILOTTA”
- ✓ nodo “DIFFUSIONE-A3”, connesso direttamente a “DIFFUSIONE-ROSSI”

CONNESSIONE PUNTO-PUNTO COL NODO “DIFFUSIONE-BILOTTA”:

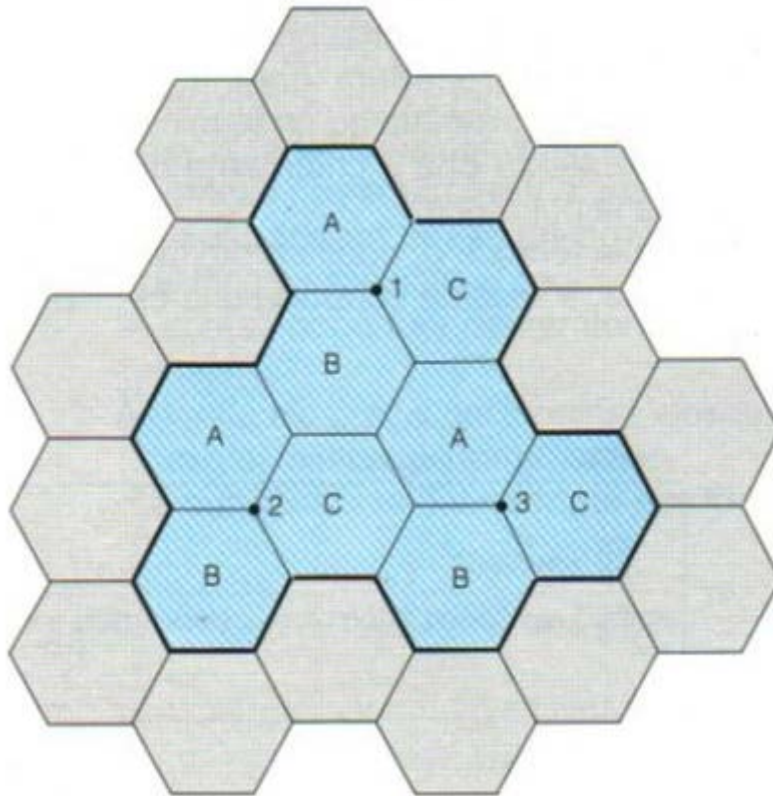
PUNTO D’INSTALLAZIONE	DISPOSITIVI	QUANTITA’
PALAZZO DA INDIVIDUARE VIA PASQUALE ROSSI	UBIQUITY NANO BEAM	2
	TP-LINK 3600	1

CONNESSIONE PUNTO-PUNTO COL NODO “DIFFUSIONE-ROSSI”:

PUNTO D’INSTALLAZIONE	DISPOSITIVI	QUANTITA’
PALO PUBBLICA ILLUMINAZIONE PRESSO SVINCOLO A3	PICO STATION 2,4 GHz	1
	TP-LINK 3600	1

STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE

Data la distribuzione fisica delle onde radio, la struttura ideale per creare le celle adatte a coprire il territorio urbano sarebbe di forma esagonale, con due antenne in modalità punto-punto ai vertici per chiudere la maglia, come illustrato in figura:



Quest'architettura avrebbe un costo troppo oneroso, quindi si è optato per una scelta più economica, scegliendo la forma del quadrato come base della cella, ed a seguito di ciò si possono fare due opzioni per il dimensionamento dell'area coperta dalle celle:

✓ **Quadrato inscritto in una circonferenza**

La diagonale del quadrato corrisponde al diametro del cerchio

$$AC = 2r$$

$$AO = OC = r$$

Il triangolo BOC è rettangolo ed

Isoscele.

Applicando il teorema di Pitagora

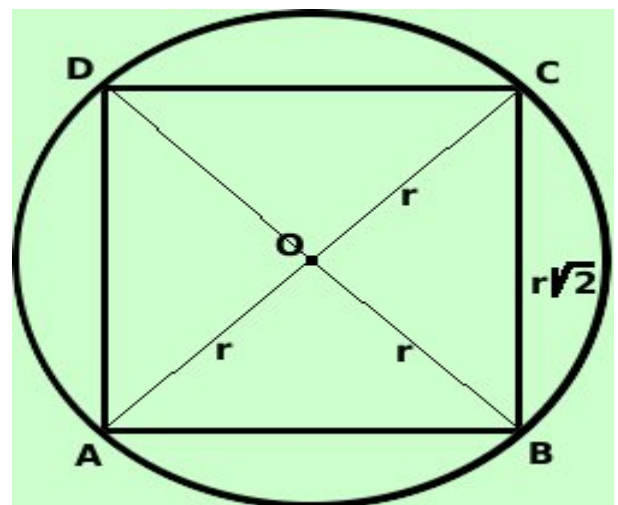
Si può trovare il valore del lato BC

$$BC^2 = BO^2 + OC^2$$

$$BC^2 = r^2 + r^2$$

$$BC^2 = 2 r^2$$

$$BC = r \sqrt{2}$$



✓ **Quadrato circoscritto ad una circonferenza**

Il diametro del cerchio corrisponde al

lato del quadrato:

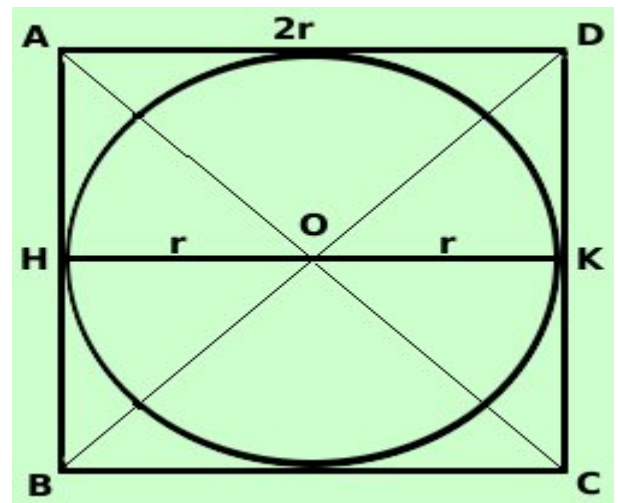
$$AD = HO + OK = r + r = 2r$$

dal valore l del lato AB si ha:

$$l = 2r$$

$$2r = l$$

$$r = l/2$$



In particolare i punti A,B,C,D del quadrato saranno costituiti da link “punto punto”, di cui un dettaglio in figura:



Oltre ciò, per permettere la diffusione del segnale tra le celle, è previsto un “PUNTO D’INNESTO” formato da un’accoppiata NANO BEAM M5 + TP-LINK 3600, che permetterà la diffusione dei protocolli di routing dinamico tra cella e cella.

Data la scelta architetture votata alla massimizzazione delle performance ma anche al contenimento dei costi si è scelto di implementare il protocollo di instradamento OLSR mediante router TP-LINK 3600 equipaggiati con l'ultima versione opportunamente patchata di OPENWRT per la gestione delle vlan e dell'inter vlan routing.

STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE – PROPOSTA “A”:

DISPOSITIVO	NUMERO
UBIQUITY NANO BEAM M5	8
UBIQUITY NANO STATION M5	1
TP-LINK 3600	4

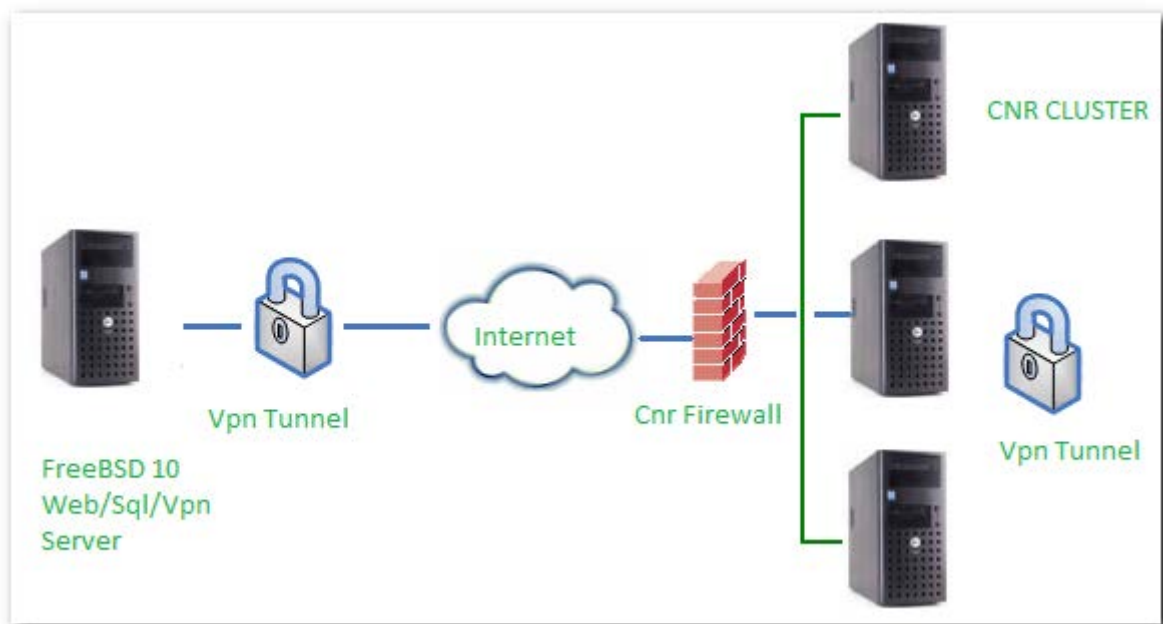
STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE – PROPOSTA “B”:

DISPOSITIVO	NUMERO
UBIQUITY NANO BEAM M5	1
UBIQUITY PICO STATION M2	4
TP-LINK 3600	1

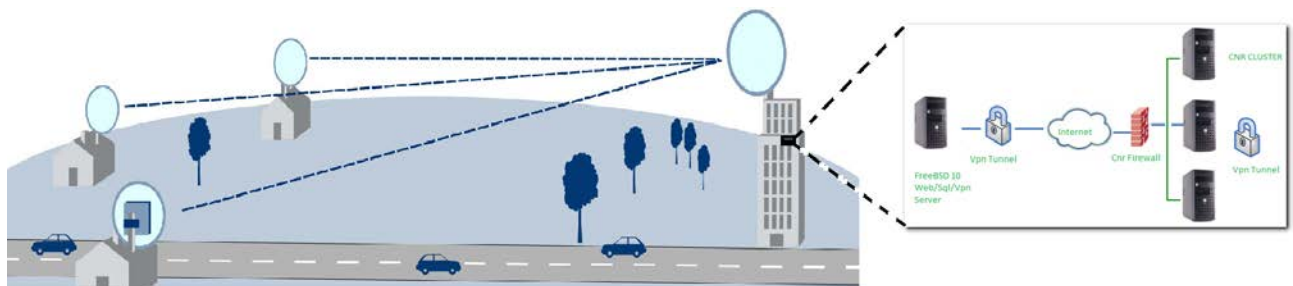
Tutti i dati generati dai sensori finiranno in un server che sarà situato presso l'apposito spazio messi a disposizione presso una delle seguenti sedi (ancora da individuare):

- ✓ uffici presso il comune
- ✓ uffici presso il complesso “due fiumi”

In detto ufficio è prevista la possibilità di usufruire di un accesso Internet e ciò darà modo di poter stabilire una connessione VPN verso il centro d'elaborazione dati del CNR, dove tutte le informazioni verranno elaborate dai cluster di sistema, come esemplificato in figura:

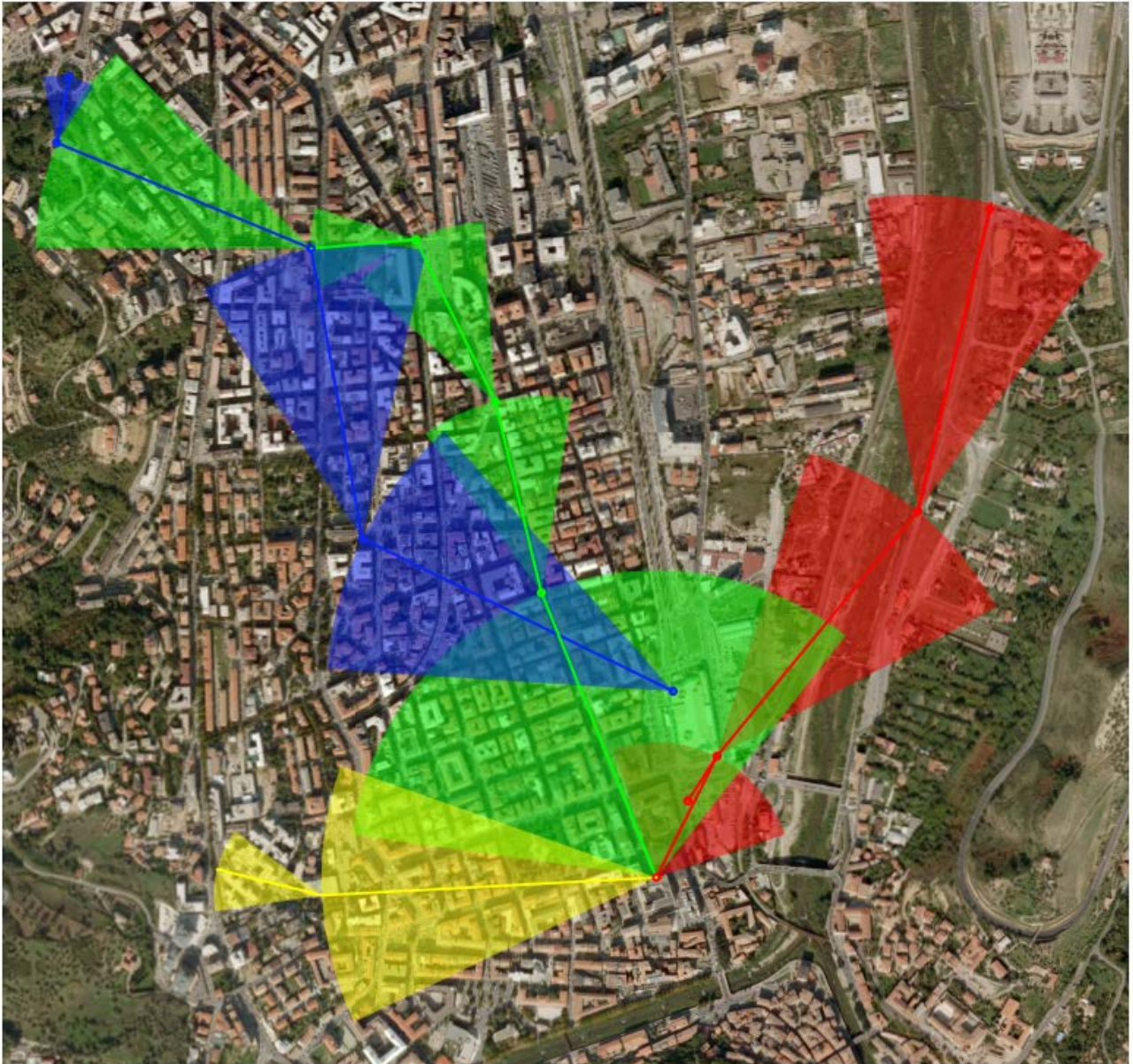


Un'ultima considerazione da fare riguarda il fatto che la rete così concepita non prevede la connessione ad Internet dei nodi, che restano confinati in una INTRANET, i cui dati vengono pubblicati all'esterno dal server.



In uno scenario futuro si potrebbe pensare di gestire tante vlan quanti sono i servizi da pubblicare e magari dedicarne uno alla navigazione internet, sempre e solo per garantire la fruibilità dei dati ottenuti grazie all'interfacciamento coi dispositivi sensore.

Il server in oggetto viene installato con sistema operativo FreeBSD versione 10, uno stack LAMP (apache, php e mysql) per lo storage dei dati e la pubblicazione delle pagine web, un client vpn per connettersi all'area server del CNR ed un'apposita procedura di sincronizzazione dati.



Prima progettazione di copertura wifi per rete di sensori

CONCLUSIONI:

Il link teorico gestibile tramite picostation oppure nanostation garantirebbe un'area di copertura su link di 500 metri, di cui 400 utili (riferimento al quadrato circoscritto ad una circonferenza).

I dispositivi di output della rete in oggetto saranno :

- ✓ i sensori stessi con dati relativi all'area di riferimento ed ai sensori installati
- ✓ il server centrale che conterrà i databases globali di sistema
- ✓ una serie di totem multimediali che permetteranno agli utenti di visualizzare su una mappa i punti d'interesse coi risultati dei sensori.

La soluzione ottimale prevederebbe la scelta dell'opzione A con le nanostation M5 a posto delle PICOSTATION, il che porterebbe alla strutturazione di celle replicabili e scalabili con massima efficienza (link punto punto invece della diffusione globale stile repeater delle picostation).

In particolare, paragonando i link wireless a link su rete fisica ethernet , la soluzione A sarebbe

equivalente all'uso di "switch layer 3 managed", mentre quella B all'uso di "hub" con conseguente decadimento delle prestazioni fino ad un 40% circa.

L'analisi delle aree d'interesse è stata effettuata mediante smartphone e software per pc invece che con un'apposito analizzatore di spettro, quindi è stato possibile rilevare solo segnali nelle frequenze d'interesse wireless, 2,4 e 5 GHz.

Da segnalare infine, vi sono due opzioni per l'antenna sorgente de segnale, che potrebbe essere installata in due punti:

- ✓ Sul tetto del comune – soluzione subottima
- ✓ Sul tetto dell'edificio scolastico sito sulla collinetta sovrastante il borgo di Cosenza vecchia – soluzione ottimale (consentirebbe una migliore copertura)

Nel complesso, si può concludere che, dato il carattere prettamente sperimentale del progetto, la scelta B può portare ad un abbattimento dei costi tanto significativo da giustificare l'adozione, riservando all'opzione A il ruolo di implementazione da realizzare come sviluppo futuro.

IMPLEMENTAZIONE DELLA NUOVA RETE RIDIMENSIONATA SU RICHIESTE AVANZATE DAL COMUNE DI COSENZA

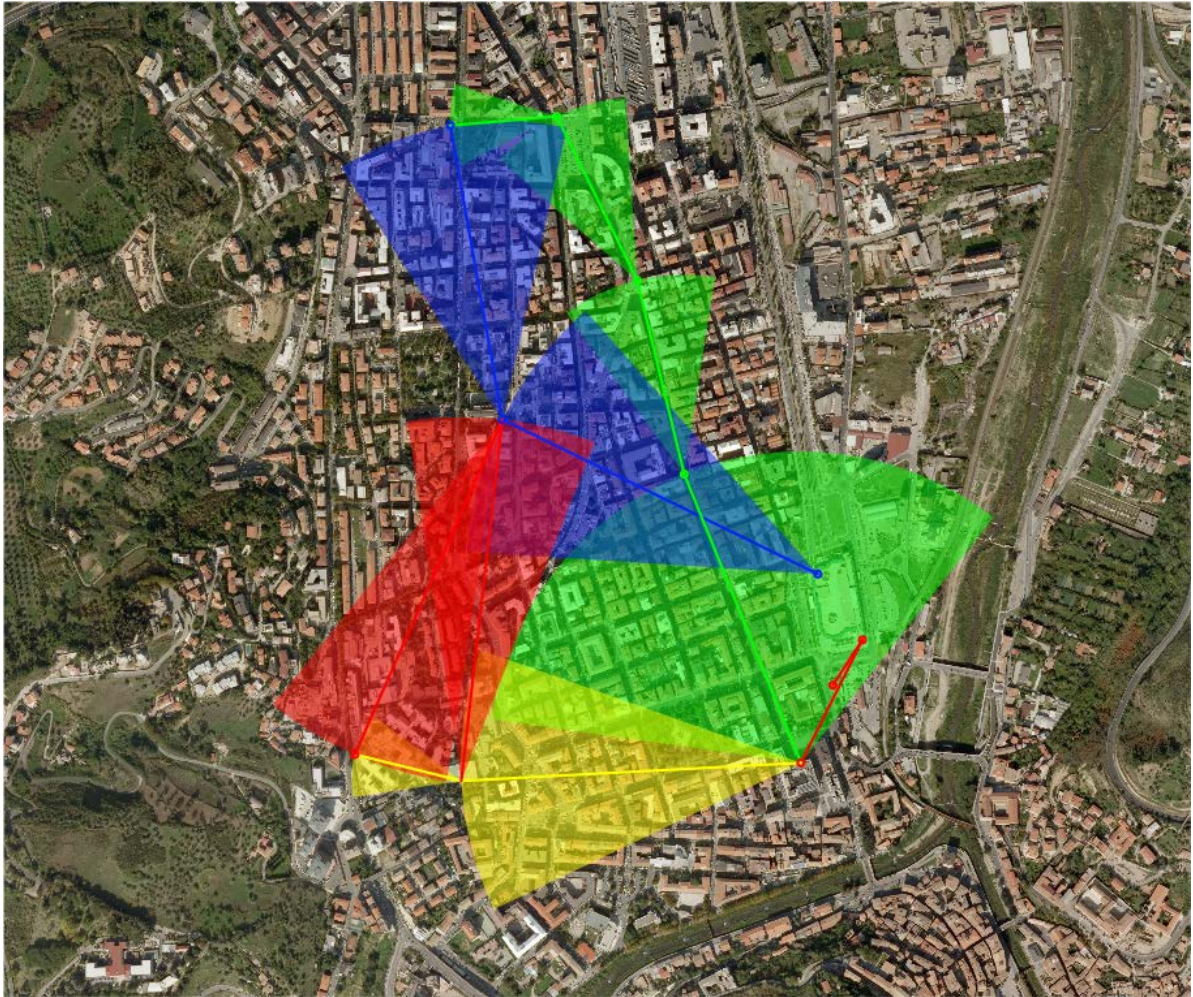
Essendo il comune di Cosenza un ASP esso gode di una maggior libertà nella scelta delle politiche societarie, nelle spese e negli acquisti, quindi può avvallare una serie di scelte mirate al potenziamento dei servizi urbani mediante l'uso della rete mesh fin qui descritta nella prima fase.

Per poter erogare ulteriori servizi è stato però necessario riqualificare e riprogettare tutti i nodi dell'infrastruttura di backbone, al fine di poter permettere la fruizione di contenuti multimediali erogati dall'ente comunale attraverso totem multimediali connessi direttamente alla rete wireless, senza per questo inficiare le prestazioni di trasmissione definite dalle richieste progettuali definite sopra (performance della rete di sensori non degradate).

IMPLEMENTAZIONE DELLA SOLUZIONE AGGIORNATA

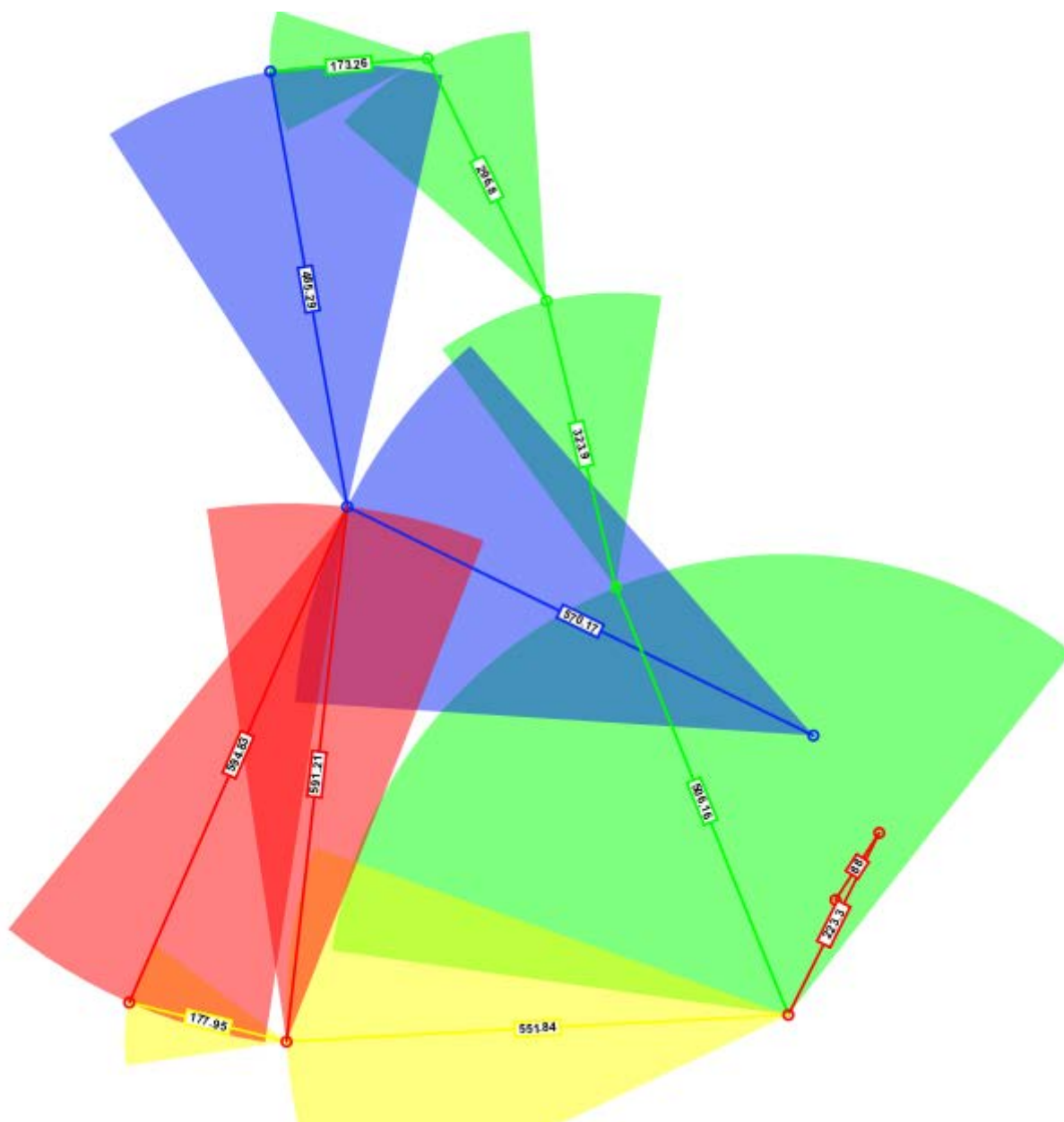
In prima istanza è stato chiarificato l'insieme delle tratte che si vogliono raggiungere per permettere la fruizione dei servizi multimediali e di monitoring dei sensori.

La mappa della nuova tratta è la seguente:



Le aree colorate indicano i singoli percorsi che le reti mesh andranno a comporre.

Si evidenziano di seguito le tratte ideali minime per garantire la copertura delle aree interessate.



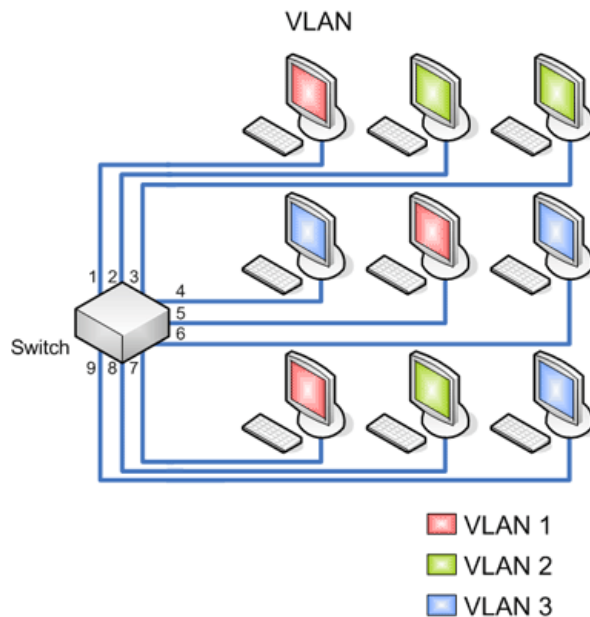
Si evidenziano dunque 4 tratte principali così definite:

- Tratta uno (verde) : 5 salti
- Tratta due (blu) : 2 salti
- Tratta tre (giallo) : 2 salti
- Tratta quattro (rosso) : 2 salti
- Oltre alle tratte specificate ne è prevista un'ulteriore per permettere la connessione dal comune al Coni e dal Coni al complesso Due Fiumi.

Il dettaglio della composizione delle tratte sarà descritto di seguito.

VLAN

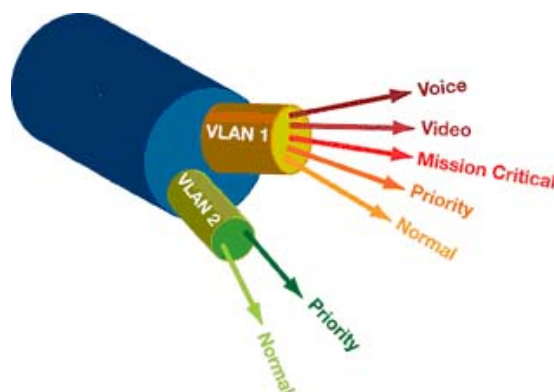
L'aumento dello scambio di informazioni in tempo reale in tutto il mondo ha accelerato la competitività crescente nelle aziende e nei fornitori di servizi in genere, incoraggiando lo sviluppo di infrastrutture di servizi basati sulla connettività e le reti. La configurazione di reti, sottoreti e VLAN è un sistema avanzato ed efficiente per risolvere esigenze specifiche delle infrastrutture che erogano servizi come l'analisi ed il monitoraggio ambientale, o le ASP, che spesso hanno la necessità di inviare dati su una singola rete e non saturare la larghezza di banda, utilizzando un'unica infrastruttura in modo che le risorse siano ottimizzate.



Gli obiettivi della corretta progettazione delle reti di dati si possono così riassumere:

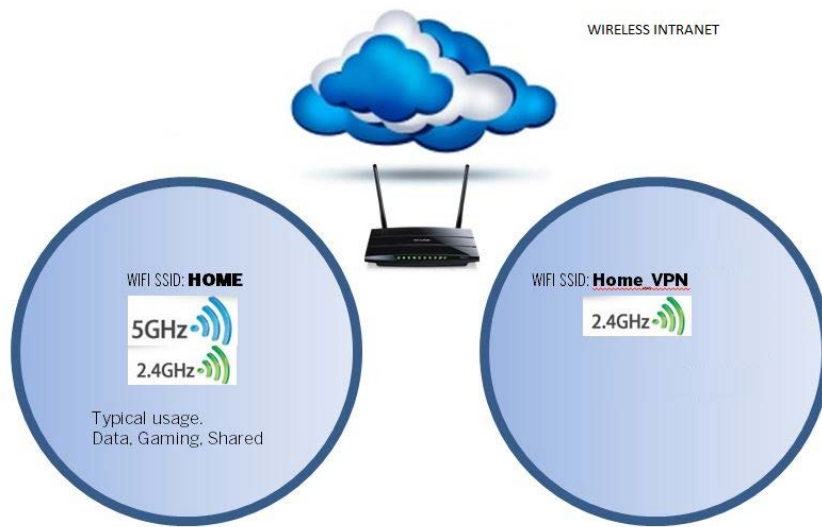
- Condividere risorse, attrezzature, informazioni e programmi in una intranet locale locale o geograficamente distribuita
- Fornire attendibilità delle informazioni, avendo alternative di storage.
- Ottenere un buon rapporto costi / benefici.
- Favorire la trasmissione di informazioni tra utenti remoti il più rapidamente ed efficacemente possibile.

Tutto questo garantendo la riservatezza dei dati che fluiscono tra una VLAN e le altre.



Flusso dati nelle VLAN

Quanto detto finora è applicabile all'infrastruttura riprogettata come esemplificato di seguito:



. Ecco un esempio di canale wireless gestito tramite VLAN

Routes

The following rules are currently active on this system.

ARP

IPv4-Address	MAC-Address	Interface
192.168.101.1	e0:3f:49:6c:19:78	eth0.2
192.168.1.210	90:f6:52:18:3a:b4	br-lan

Active IPv4-Routes

Network	Target	IPv4-Gateway	Metric
vpn	0.0.0.0/1	10.10.0.1	0
wan	0.0.0.0/0	192.168.101.1	0
vpn	10.10.0.0/16	0.0.0.0	0
vpn	128.0.0.0/1	10.10.0.1	0
lan	192.168.1.0/24	0.0.0.0	100
bridge1	192.168.10.0/24	0.0.0.0	0
wan	192.168.101.0/24	0.0.0.0	0
wan	209.99.113.18	192.168.101.1	0

Con relativa gestione delle interfacce

Zones

Zone ⇒ Forwardings	Input	Output	Forward	Masquerading	MSS clamping	
lan: lan: [icon] ⇒ VyprVPN: [icon] wan	accept	accept	reject	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Edit Delete
wan: (empty) ⇒ newzone	accept	accept	reject	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Edit Delete
VyprVPN: vpn: [icon] ⇒ lan	accept	accept	reject	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Edit Delete
newzone: Test: [icon] ⇒ wan	accept	accept	accept	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Edit Delete

[Add](#)

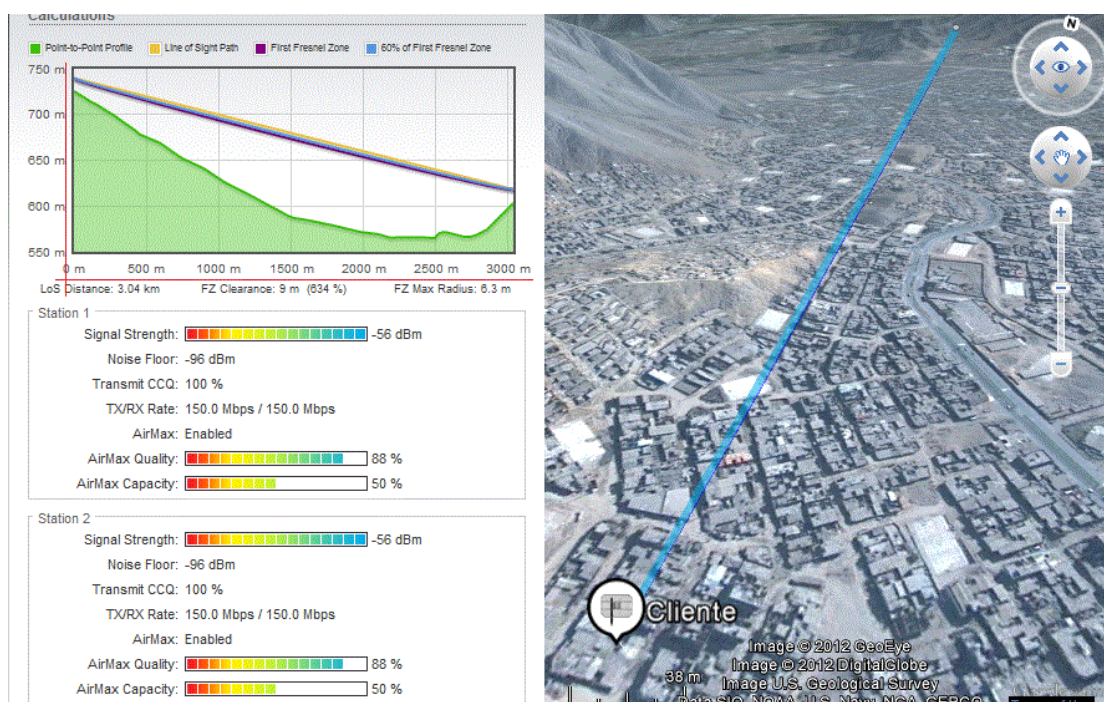
Fatte le debite premesse si può quindi sintetizzare il concetto dicendo che si avranno tre distinte VLAN:

- Management: per motivi di controllo / configurazione

- Video : per il flusso video (a seconda delle specifiche ricevute dal CED del comune andrà dimensionata ad hoc)
- Sensori : per il traffico dati riservato ai sensori

Dispositivi

La scelta dell'hardware è stata fatta per poter garantire il controllo granulare di ogni singolo device da qualsiasi punto della intranet come esemplificato in figura (e anche dall'esterno in caso di accesso VPN alla rete stessa).



L'obiettivo finale è quello di poter stimare la bontà di ogni singolo link e quindi di poter intervenire a colpo sicuro nel caso di guasti/anomalie nel minor tempo possibile.

Antenna portante della dorsale :

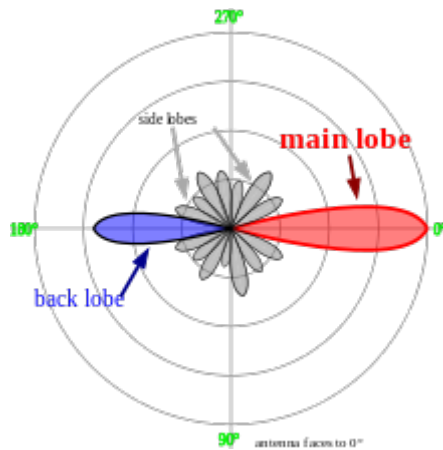
- UBIQUITI AirMax Sector 5G19-120: 5GHz 2x2 MIMO Antenna (UBNT)

Antenne di connessione dei vari nodi della rete su portante 5GHZ:

- Ubiquiti Rocket M5 MIMO, Point-to-Point Wireless Bridge/Base Station
- Ubiquiti NBE-M5-19-US NanoBeam M Series 5 GHz 19dBi dual pol
- Nano Station Loco M2 (per aggancio alla rete di sensori Libelium)

Diagramma di radiazione

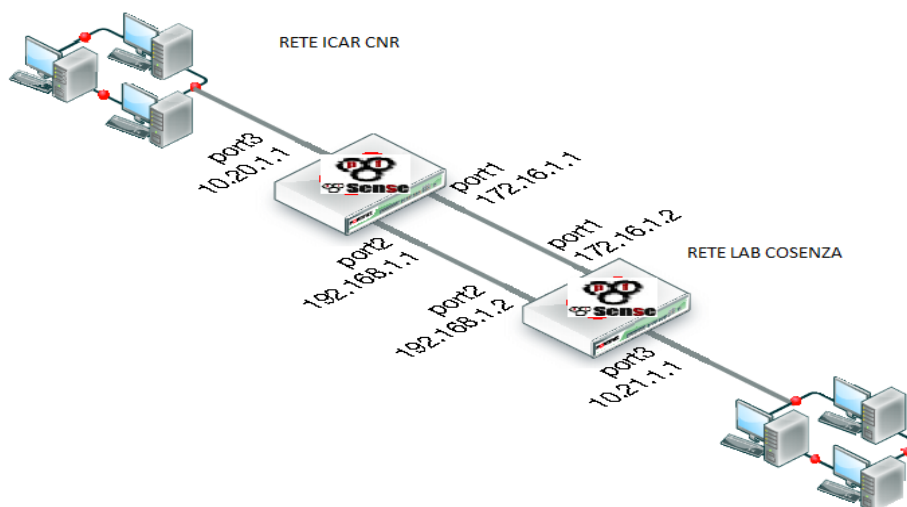
Il diagramma di radiazione di una antenna è la rappresentazione tridimensionale del guadagno della stessa. Solitamente si preferisce più comodamente considerare i diagrammi di sezioni o tagli (cut) orizzontali e verticali. Antenne ad alto guadagno solitamente presentano anche dei lobi laterali o lobi secondari: essi rappresentano dei picchi minori del guadagno rispetto al guadagno del lobo principale o "fascio" principale.



Questi lobi laterali limitano la qualità dell'antenna generando eventuale interferenza su altri sistemi di radiocomunicazione o perdita di direttività in sistemi in cui si deve massimizzare la potenza del segnale utile trasmesso o ricevuto in una certa direzione, come ad esempio nei sistemi radar, radar IFF e nei radiocollegamenti dei ponti radio. Nella figura in basso è rappresentato un diagramma di radiazione a due dimensioni (che potrebbe rappresentare una sezione verticale o una sezione orizzontale dello spettro di emissione). In rosso è rappresentato il lobo principale (main lobe), in blu l'opposto (opposite side lobe) mentre in grigio i lobi laterali (side lobe).

FIREWALL/ROUTER

pfSense è un firewall/router software open source basato su FreeBSD. Ha lo scopo di fornire un firewall potente, sicuro e completamente configurabile utilizzando l'hardware custom. Al cuore del sistema c'è FreeBSD e il firewall PF (Packet Filter) derivato da OpenBSD. Il nome pfSense deriva dall'idea di dare maggiore indipendenza e "senso" al firewall Packet Filter. Avvalendosi di questo strumento è possibile poggiarvi sopra l'intero routing dell'infrastruttura, e stabilire una connessione sicura tra il CED dell'ICAR CNR ed il Laboratorio Urban Lab.



pfSense offre innumerevoli funzionalità che normalmente sono appannaggio di costosi firewall commerciali. L'intero sistema è gestibile ed aggiornabile attraverso un'interfaccia web. pfSense può essere impiegato come firewall, router, access point, terminatore vpn, dhcp server, dns server, sniffer di rete, IDS/IPS. Da qui si dipanerà l'aggancio all'antenna settoriale sopra descritta e

partiranno i “raggi” delle tratte illustrate sul modello 3d. Avvalendosi dei router TP-LINK 3600 sarà possibile raggiungere da un qualsiasi punto della rete un altro punto in maniera trasparente. Dovendosi avvalere di totem multimediali per gestire lo streaming dei dati, la soluzione scelta prevede di connettere dei mini pc (raspberry / Cubieboard) alla intranet e di far fluire i contenuti multimediali (video streaming dei siti comunali, una pagina web con sempre aggiornati i feed RSS del comune di Cosenza) su una parte del monitor, a fianco alla schermata dello stato della rete dei sensori, oppure, in alternativa, a tutto schermo intervallando le due schermate secondo durate predefinite, come illustrato di seguito.



Ovviamente, come illustrato nella terza figura, la connessione dovrà essere di tipo wired e non wireless per ottimizzare la trasmissione dati in caso di file e contenuti molto “pesanti”.

STRUTTURAZIONE DEI SINGOLI NODI:

A seconda della topologia della zona, occorrerà distinguere due tipi ben distinti di installazioni fisiche dei dispositivi:

1. lungo strada (ad esempio Corso Mazzini)
2. sui tetti (ad esempio l'ospedale civile)

La seconda topologia di nodi e la prima sono composte dallo stesso hardware, previa verifica della “visibilità fisica” dei nodi adiacenti secondo le nuove tratte.

La strutturazione aggiornata di un generico nodo diventa quindi:

NODO "GENERICO" LUNGO CORSO MAZZINI:

PUNTO D'INSTALLAZIONE	DISPOSITIVI	QUANTITA
POSIZIONATI OGNI 400 mt CIRCA LUNGO IL CORSO	UBIQUITY NANO BEAM	2
	UBIQUITY LOCO M2	2
	TP-LINK 3600	1

PIATTAFORMA WEB PER IL MONITORING DELLA RETE/NODI

Per la gestione dei sensori e della rete è stata sviluppata una web application, modulare in grado di fornire funzionalità in ottica di service management e utility. La suddetta è stata sviluppata secondo il pattern MVC (model-view-controller) utilizzando i seguenti framework ognuno in base al layer opportuno.

Per la view è stata utilizzata la libreria Smart GWT un tool open source in quanto forniva i seguenti punti di forza:

- la riusabilità del codice,
- la possibilità di realizzare pagine web dinamiche mediante le chiamate asincrone di AJAX,
- la gestione delle modifiche,
- il bookmarking,
- la localizzazione
- la portabilità fra differenti browser.

Per il controller è stato usato Struts in quanto consente di sviluppare codice:

- modulare
- facilmente riutilizzabile

per la model è stato usato JPA con implementazione hibernate.

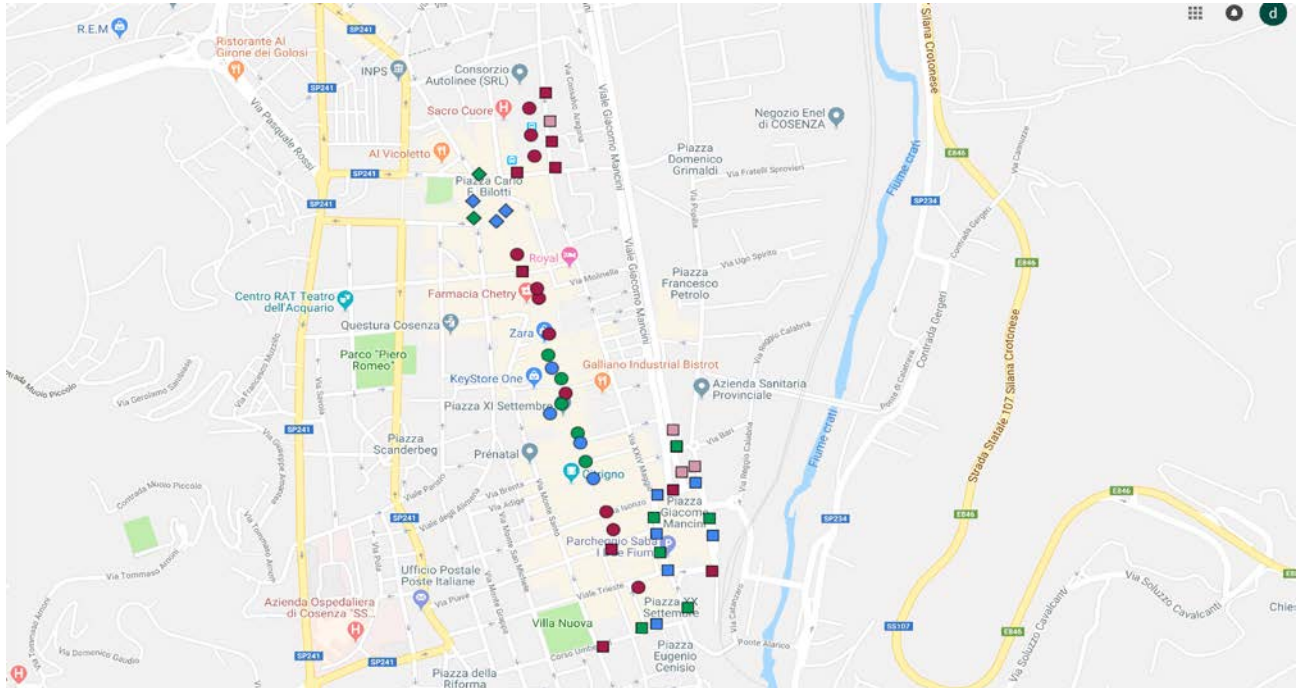
Jpa è un framework Java che si occupa della "gestione della persistenza dei dati di un DBMS relazionale nelle applicazioni che usano le piattaforme Java Standard Edition e Java Enterprise Edition".

Per lo storage dei dati è stato usato il database Mysql in quanto le performance fornite sono state ritenute soddisfacenti per gli scopi di progetto.

La web application fornisce le seguenti funzionalità:

1. Creazione utenti e profilazione
2. Visualizzazione grafica dello stato dei sensori con la rispettiva area di management
3. Possibilità di modificare da remoto la configurazione dei sensori,
4. Inserimento dei valori di soglia per ogni sensore,
5. Charting per la visualizzazione dell'andamento dei sensori
6. Scelta di un intervallo temporale per visualizzare eventuali dati storici.
 - a. Da questo modulo è estendibile ad esempio inserendo l'analisi temporale attraverso algoritmi per le serie storiche.
7. Geolocalizzazione dei sensori per garantire

- a. Visualizzazione dei sensore
- b. Verifica dei dati forniti in real-time
- c. Modulo di alerting che permette la visualizzazione dei sensori che hanno superato i valori di soglia introdotti al punto 2.



Geolocalizzazione dei sensori.

CONCLUSIONI

Il link teorico gestibile tramite Nano beam e Loco m2 garantirebbe un'area di copertura su link di 500 metri, di cui 400 utili (riferimento al quadrato circoscritto ad una circonferenza).

I dispositivi che compongono la rete in oggetto saranno :

- ✓ i sensori stessi con dati relativi all'area di riferimento ed ai sensori installati
- ✓ il server centrale che conterrà i databases globali di sistema
- ✓ una serie di totem multimediali che permetteranno agli utenti di visualizzare su una mappa i punti d'interesse coi risultati dei sensori.

La soluzione implementata :

- non permette l'accesso ad internet da parte dei dispositivi che compongono la intranet locale
- permette di utilizzare parte della banda disponibile per far fruire alla cittadinanza
 - i contenuti multimediali inviati dall' ASP locale
 - i contenuti derivanti dall'analisi della rete di sensori
- fornisce una base di progetto per poter implementare in futuro una rete parallela a quella proposta dall'ICAR CNR (con debita riprogettazione per l'aggancio ai servizi di autenticazione già in essere, eventuale tariffazione del traffico, limitazioni sui contenuti etc)
- permette cambi di topologia e configurazione veramente flessibili

L'analisi delle aree d'interesse è stata effettuata mediante smartphone e software per pc invece che con un'apposito analizzatore di spettro, quindi è stato possibile rilevare solo segnali nelle frequenze d'interesse wireless, 2,4 e 5 GHz.

Nel complesso, si può concludere che, dato il carattere sperimentale del progetto, la nuova soluzione porterà ad un abbattimento dei costi tanto significativo da giustificare l'adozione. Inoltre, permetterà virtualmente di coprire tutta la città a costi minimi.

Ing. Antonio Francesco Gentile
Ing. Davide Macrì