



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

***Planning of Wireless
sensor Network for
ResNovae Smart Cities
Project***

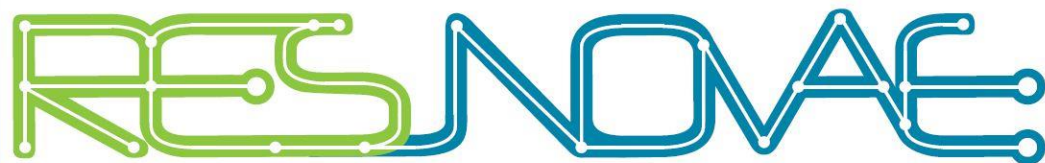
Antonio Francesco Gentile¹,

RT-ICAR-CS-15-07

Novembre 2015



Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR)
– Sede di Cosenza, Via P. Bucci 7-11C, 87036 Rende, Italy, URL: www.icar.cnr.it



Reti Edifici Strade Nuovi Obiettivi Virtuosi per l'Ambiente e l'Energia

Progetto della copertura di rete wireless per Smart Street Cosenza

A cura dell' ICAR CNR

Ing. Antonio Francesco Gentile



Indice

- ▶ Architettura di base
 - ▶ Nodi Computazione (Raspberry)
 - ▶ Logica della rete di interconnessione
- ▶ Rete di interconnessione
 - ▶ idea di base
 - ▶ materiale
 - ▶ composizione nodi
 - ▶ ulteriori sopralluoghi/verifiche di potenza da fare
 - ▶ testbed unical
- ▶ Soluzione progettata
 - ▶ prestazioni
- ▶ Implementazione della soluzione proposta
 - ▶ caratteristiche
 - ▶ implementazione ottimizzata per sviluppi futuri



Reti di nodi wireless per le città intelligenti

- ▶ Costituiscono la tecnologia base per creare Smart Cities.
- ▶ Rete di nodi intelligenti in grado di misurare molti parametri per una gestione più efficiente della città.
- ▶ Dati accessibili in modalità wireless real time ai cittadini ed alle autorità competenti
- ▶ Esempi:
 - ▶ controllo della concentrazione di inquinamento in ogni strada della città
 - ▶ Ottimizzazione dell'irrigazione dei parchi pubblici
 - ▶ Ottimizzazione dell'illuminazione della città
 - ▶ Rilevazione di perdite d'acqua
 - ▶ Analisi del traffico veicolare
 - ▶ Controllo delle luci della città in modo dinamico

Raspberry



- ▶ Per onorare le richieste dell'ambito 2 del progetto 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 o simili al fine di creare una rete di sensori ed attuatori.
- ▶ Il chipset di riferimento per le connessioni wireless è della serie realtech 8081eu, ed i driver sono stati compilati per l'inserimento automatico nel kernel.
- ▶ Sono state pensate e realizzate due diverse configurazioni:
 - ▶ un generico nodo "computazionale" capace di collegarsi ad altri nodi ed ai dispositivi di sensing/attuazione mediante connessioni wireless e via cavo;
 - ▶ un nodo "gateway wireless", in grado di permettere la connessione di diversi gruppi di nodi

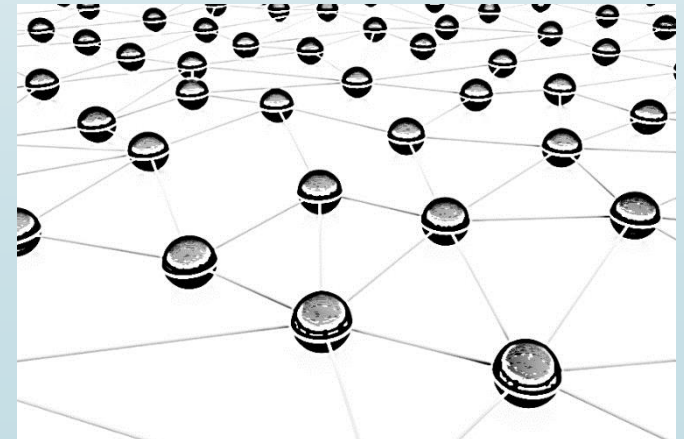
TOTEM MULTIMEDIALI

- ▶ Noti anche come chioschi o punti informativi
- ▶ PC disponibile all'uso pubblico
- ▶ dotati di sistemi di protezione
- ▶ preimpostati per visualizzare solo una serie di informazioni predeterminate
- ▶ protetti da strutture tali da renderne impossibile la rimozione e la modifica delle impostazioni
- ▶ modelli moderni dotati di touchscreen / riconoscimento vocale
- ▶ Esempi tipici:
- ▶ nelle stazioni ferroviarie per l'emissione automatica dei biglietti
- ▶ bancomat
- ▶ display per strumenti pubblicitari



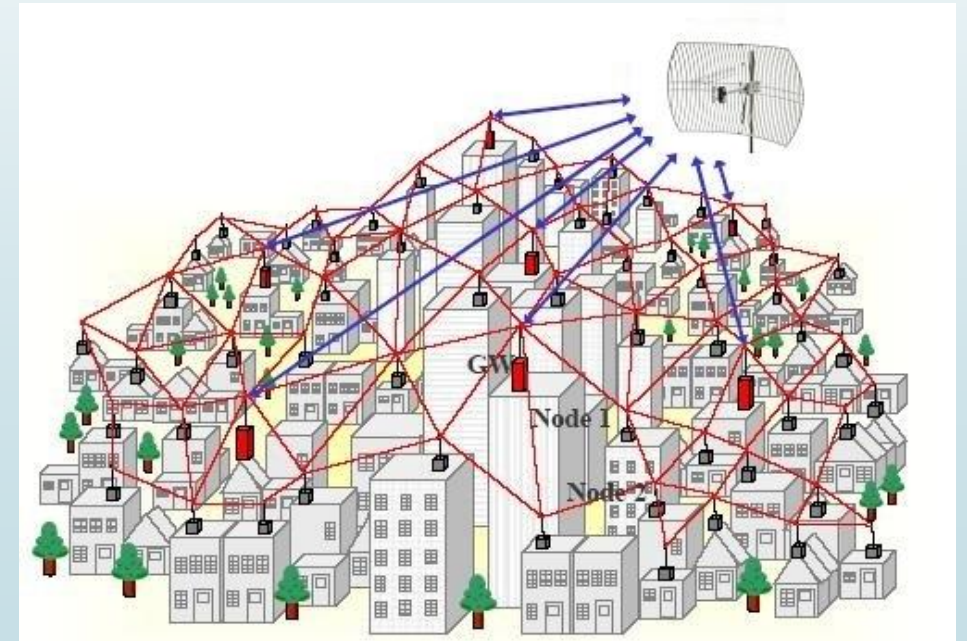
Infrastruttura di rete «MESH» 1/2

- ▶ Ulteriori requisiti fondamentali da soddisfare:
 - ▶ progettazione di un'architettura di rete wireless per interconnettere tra loro i gruppi di nodi.
 - ▶ Il sistema di interconnessione studiato per la realizzazione del progetto si appoggia sulle topologie di reti a maglia, le cosiddette "mesh",
 - ▶ la connessione verso il mondo esterno sarà espletata attraverso un particolare nodo di riferimento, da qui in poi "SERVER", che si occuperà instradare quanto inviato dai sensori al centro di elaborazione dati.



Infrastruttura di rete «MESH» 2/2

- I vantaggi di un'architettura «MESH»:
 - strutturazione a celle della topologia che si va a realizzare di facile replica
 - facilità d'implementazione
 - gestione semplice dei device
 - scalabilità
 - ridondanza dei servizi



Sistemi Embedded

- ▶ Con il termine sistema embedded si identificano i sistemi elettronici:
 - ▶ progettati appositamente per una determinata applicazione
 - ▶ con una piattaforma hardware ad hoc
 - ▶ integrati nel sistema che controllano
- ▶ Esempi di sistemi embedded :
 - ▶ pc dedicati all'automazione industriale e il controllo di processo,
 - ▶ sportelli Bancomat
 - ▶ apparecchi POS
 - ▶ telefoni cellulari
 - ▶ termostati
 - ▶ condizionatori
 - ▶ console per videogiochi



OpenWrt e sistemi embedded

- Sistema operativo utilizzato su dispositivi embedded specializzati nella gestione del traffico network.
- Componenti principali:
 - kernel Linux
 - uClibc
 - BusyBox
- Componenti ottimizzate e ridimensionate per uniformarsi alle limitazioni in storage e memoria dei comuni routers.
- Configurabile attraverso linea di comando (ash), oppure un'interfaccia web (LuCI).
- Più di 2000 software disponibili per gestire le operazioni del sistema.





Routing a terra (Ground Routing)

- ▶ Tipologia di configurazione per un nodo in cui tutta l'attività di inoltro del traffico ad opera del demone di routing (il sistema di gestione dei dati che viaggiano all'interno della rete)
- ▶ In generale il maggior numero di componenti software necessarie, risultano concentrate in un unico dispositivo diverso dall'antenna, detto appunto router a terra o ground router (GR).
- ▶ Due “standard di rete” che consentono di attuare questi meccanismi:
 - ▶ Bridge
 - ▶ VLAN (Virtual LAN).

Funzionamento del routing a terra

- ▶ Principi base del routing a terra :
 - ▶ il trasferimento di tutta “l’intelligenza di rete” in un unico dispositivo che non sia l’antenna
 - ▶ La funzione delle antenne diventa quella di link wireless.
 - ▶ Tutto il traffico che l’antenna riceve dagli altri nodi via etere è direttamente inoltrato sul cavo verso il router a terra
 - ▶ tutto il traffico che l’antenna riceve via cavo dal router a terra verrà spedito nell’etere direttamente
 - ▶ L’antenna non prende nessuna decisione di nessun tipo sulla destinazione del traffico
- ▶ Il router a terra :
 - ▶ sarà in grado di distinguere il traffico in arrivo tra un’antenna e l’altra (anche nel caso di antenne multiple)
 - ▶ farà girare un’unica istanza del demone di routing che gestirà l’instradamento di tutto questo traffico da/verso gli altri nodi.

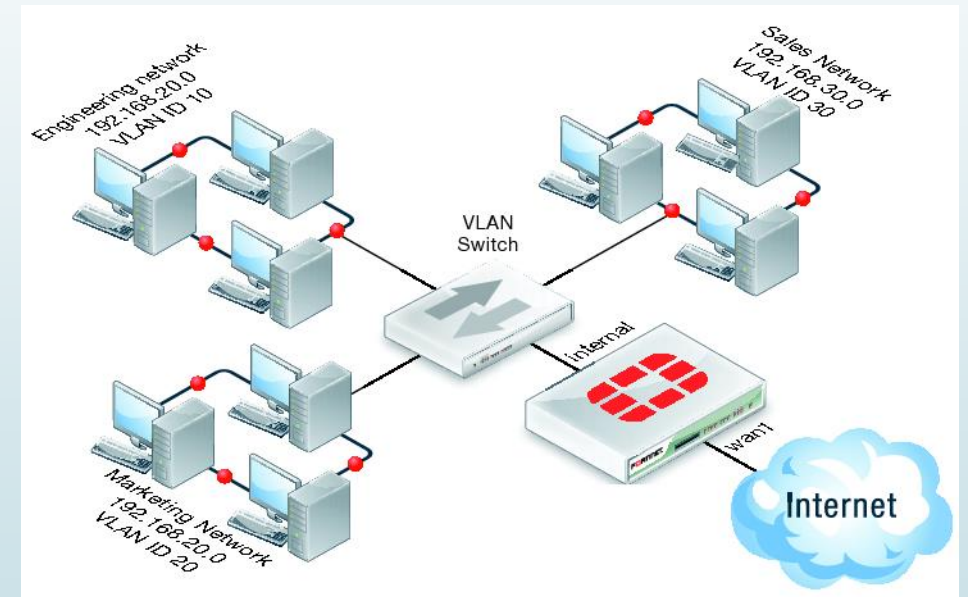


Bridge

- ▶ Un bridge è un'interfaccia logica :
 - ▶ non ha una corrispondente “porta” o “interfaccia” fisica
 - ▶ raggruppa due o più interfacce di rete
 - ▶ ci si deve occupare di inoltrare il traffico in ingresso verso quella che rappresenta la corretta destinazione
 - ▶ mette in comunicazione “tutti con tutti” anche con “mezzi fisici” completamente diversi, come porte ethernet, segnali wireless, cavi in fibra
 - ▶ Il bridging tra wireless e cavo impostato sull'antenna replica “direttamente” il traffico da e verso il router a terra

VLAN

- I modelli di switch di fascia media alta mettono a disposizione una funzionalità avanzata chiamata Virtual LAN (VLAN) che consente di:
 - partizionare uno switch in tanti "switch virtuali", da un minimo di 16 ad un massimo di 4096, completamente separati tra loro a livello logico
 - gestire un numero di porte variabile da 1 al numero di porte totali dello switch
- Proprietà delle VLAN sfruttate nel routing a terra:
 - Una determinata porta dello switch può far parte, contemporaneamente, di più di una VLAN
 - sullo stesso cavo collegato ad una porta possono viaggiare contemporaneamente diversi flussi di dati
- Si possono creare VLAN che includono 1 sola porta quindi dedicate a ognuna delle antenne inserite in una porta del router
- Le VLAN sono completamente separate tra loro ma possono comunicare
- Ogni comunicazione tra due VLAN sarà il frutto di una decisione di routing



Vantaggi del routing a terra

- Prestazioni - Possibilità di usare i firmware più adatti per il proprio device
- Aumento esponenziale del parco Hardware - col routing a terra l'unico compito dell'antenna diventa quello di stabilire e gestire il link radio
- Centralizzazione della configurazione - tutta la configurazione di rete avrà luogo sul ground router
- Flessibilità - un router di terra ha più interfacce ed un supporto protocollare più esteso rispetto all'apparato radio
- Sicurezza - il ground router rappresenta un unico dispositivo "di frontiera" tra la propria rete locale e le reti esterne





Routing dinamico

- ▶ Col termine «routing» s'intende l'instradamento effettuato a livello di rete.
 - ▶ I router usano tabelle di instradamento in base a diverse serie di blocchi di indirizzi IP contigui detti rotte.
- ▶ Il routing dinamico è realizzato mediante :
 - ▶ popolazione automatica delle tabelle di instradamento
 - ▶ opportuni protocolli che permettono ai router di scambiarsi tra loro informazioni
 - ▶ aggiornamenti automatici della topologia della rete
 - ▶ aggiornamento automatico delle tabelle di instradamento
- ▶ La rete è così in grado di adattarsi automaticamente ad eventuali modifiche e di reinstradare il traffico in caso di caduta di un collegamento su percorsi alternativi.



OLSR

- ▶ OLSR (Optimized Link State Routing Protocol) è :
 - ▶ un protocollo di routing dinamico di tipo proattivo per reti mobili ad hoc
 - ▶ Mantiene la topologia di tutta la rete, aggiornandola ad intervalli fissati di pochi secondi.
 - ▶ Tutti i nodi sanno come raggiungere ogni altro nodo ad ogni istante
 - ▶ facilita l'instradamento dei pacchetti in ogni parte della rete
 - ▶ minimizza i tempi di attesa nella propagazione delle rotte

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

NODI COMPONENTI LA STRUTTURA DORSALE

► 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



NODI OPZIONALI DELLA STRUTTURA DORSALE

- ▶ 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"

NODI OPZIONALI DELLA STRUTTURA DORSALE

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

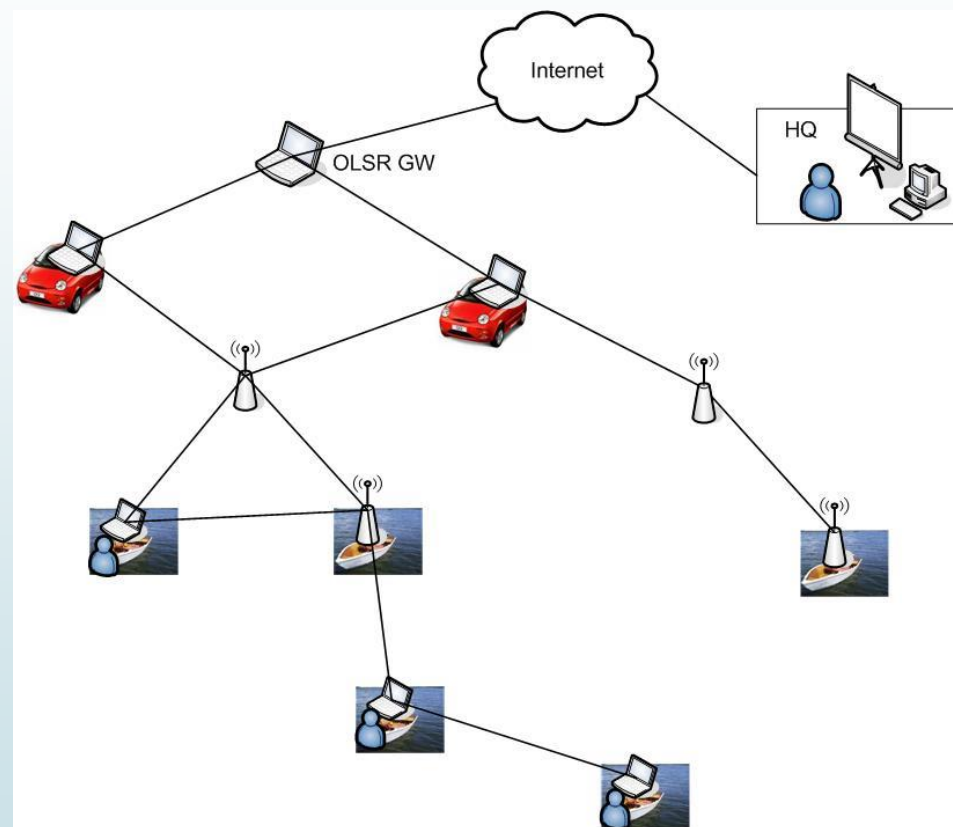
PUNTO D'INSTALLAZIONE	DISPOSITIVI	QUANTITA'
PALAZZO DA INDIVIDUARE VIA PASQUALE ROSSI	UBIQUITY NANO BEAM	2
	TP-LINK 3600	1

- 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.
- Fatte le opportune valutazioni si è optato per una scelta caratterizzata da celle meno definite ai bordi, scegliendo la forma del quadrato come base.



STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE

DIMENSIONAMENTO :

la diagonale del quadrato
corrisponde al diametro del cerchio

$$AC = 2r$$

$$AO = OC = r$$

Il triangolo BOC è rettangolo ed
Isoscele.

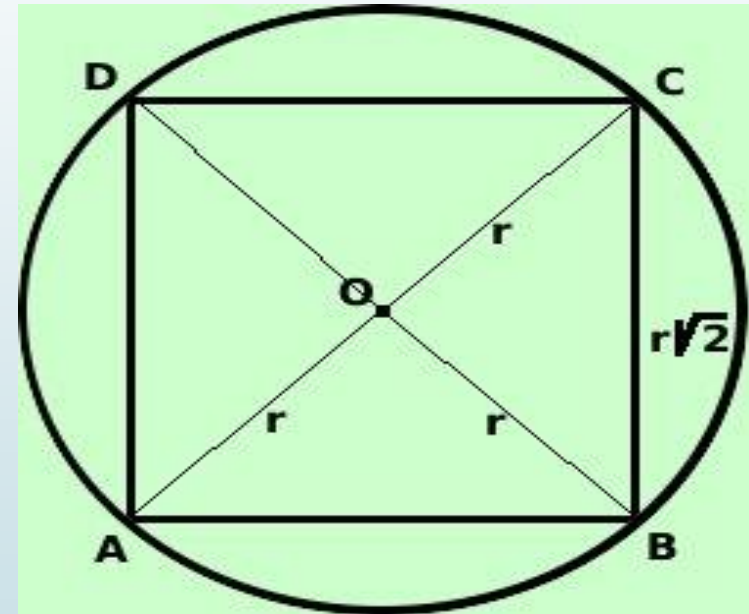
Applicando il teorema di Pitagora si
può trovare il valore del lato BC

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

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

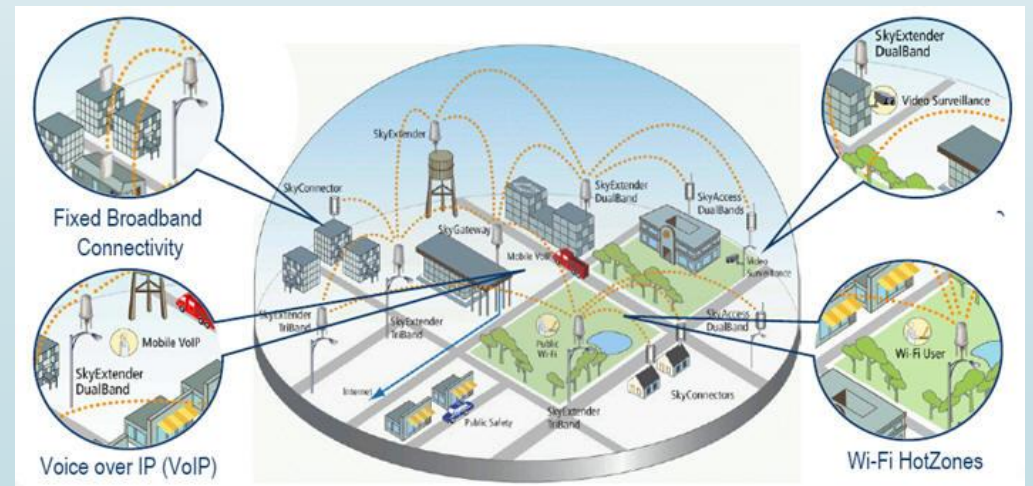
$$BC^2 = 2 r^2$$

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



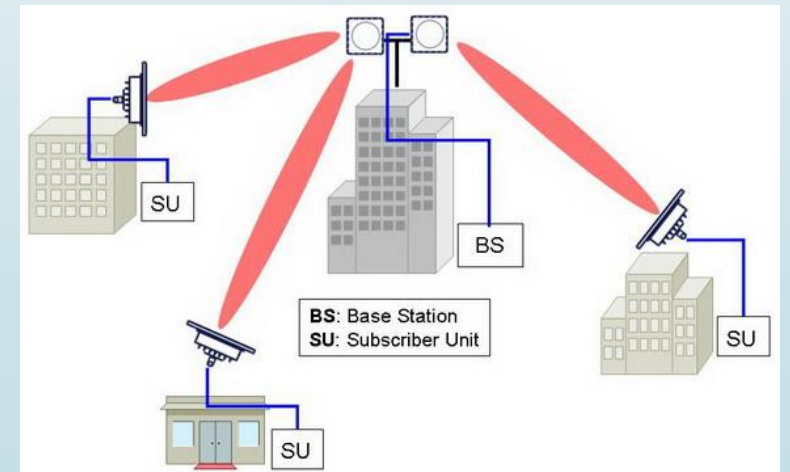
STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE

- In particolare i punti A,B,C,D del quadrato saranno costituiti da link “punto a 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.



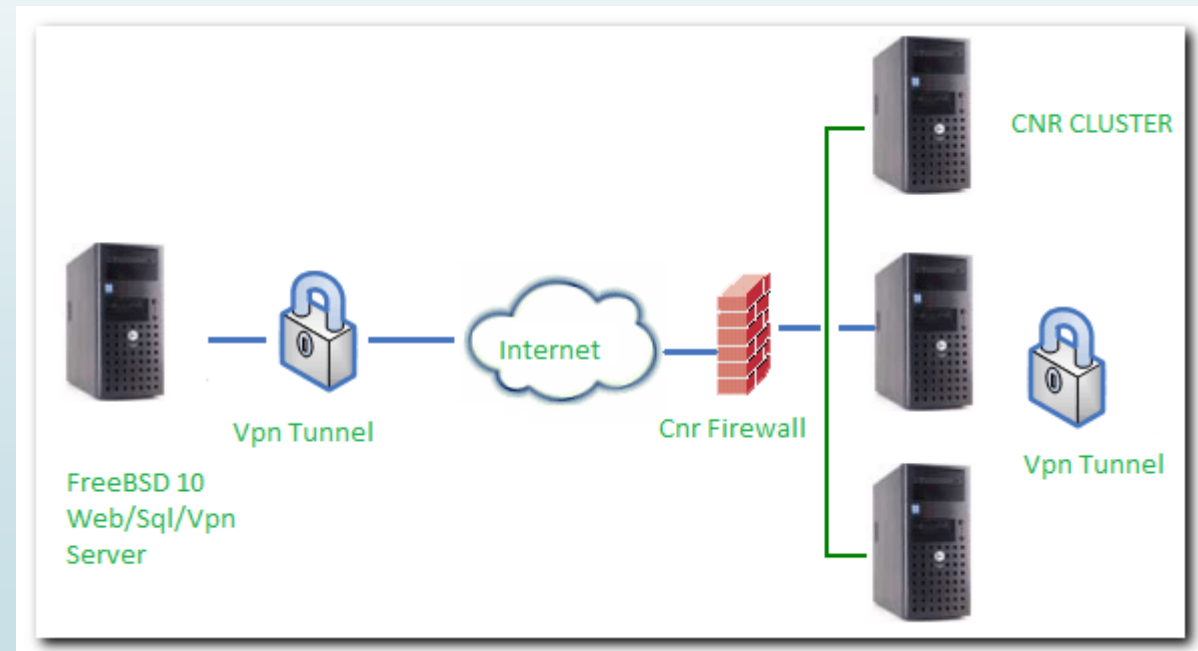
STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE

- Data la scelta architettonica votata al contenimento dei costi si è scelto di implementare il protocollo di routing 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.



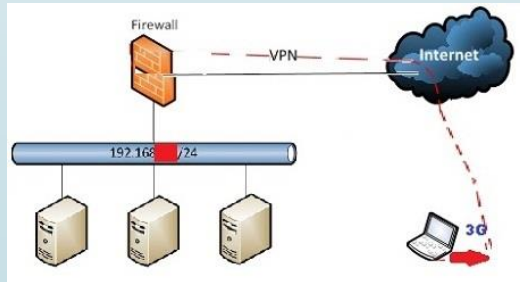
STRUTTURAZIONE DELLE SINGOLE CELLE

- Tutti i dati generati dai nodi 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"



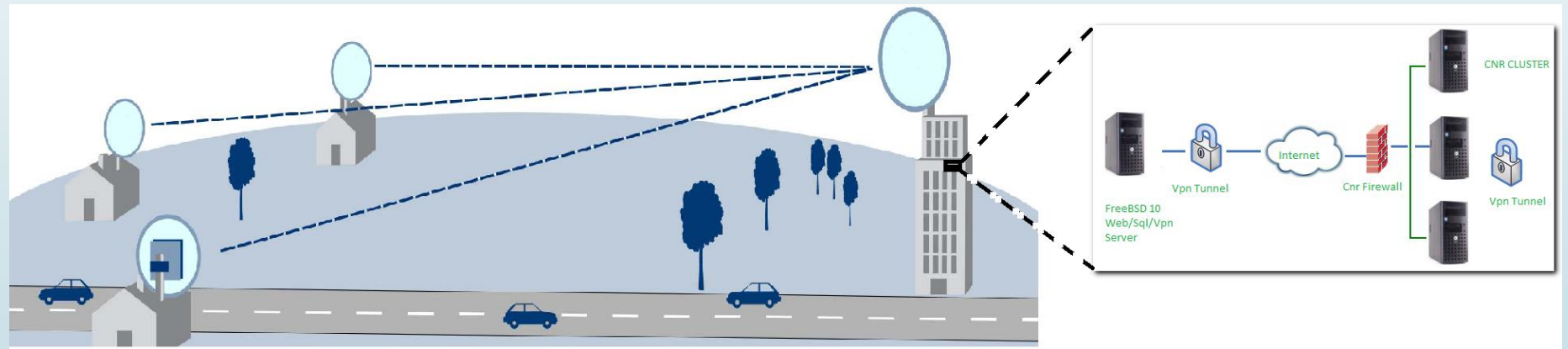
STRUTTURAZIONE DEL SERVER

- In uno scenario futuro si potrebbe pensare di gestire tante vlan quanti sono i servizi da pubblicare e magari dedicarne uno alla navigazione internet.
- Il server in oggetto viene installato con sistema operativo FreeBSD 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.



STRUTTURAZIONE DEL SERVER

- 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:

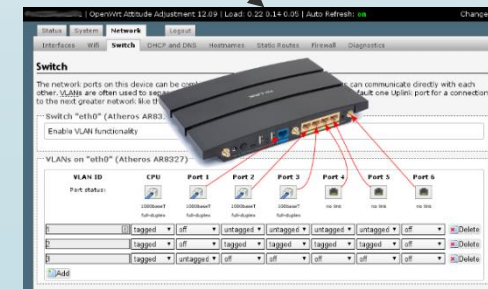




Conclusioni e Sviluppi futuri

- ▶ Il link teorico gestibile tramite picostation oppure nanostation garantisce:
 - ▶ un'area di copertura su link di 500 metri,
 - ▶ 400 utili (riferimento al quadrato circoscritto ad una circonferenza)
- ▶ I dispositivi componenti la rete in oggetto saranno :
 - ▶ i nodi sensori/attuatori
 - ▶ I nodi computazionali
 - ▶ il server centrale che instraderà i dati di sistema
 - ▶ una serie di totem multimediali che permetteranno agli utenti di visualizzare su una mappa i punti d'interesse con lo stato della Smart Street.
- ▶ Nel complesso la soluzione proposta può :
 - ▶ portare ad un abbattimento dei costi molto significativo
 - ▶ fornisce un buon compromesso qualità/prestazioni
 - ▶ si adatta all'implementazione di sviluppi futuri in modo agile

Una vista d'insieme





GRAZIE PER L'ATTENZIONE