

## **Ricevitore Soft diversity**

**Versione 1v0**

---

### **Radio Activity S.r.l.**

Sede legale e operativa: Via Ponte Nuovo 8 - 20128 Milano MI  
Email: [radio.activity@fastwebnet.it](mailto:radio.activity@fastwebnet.it)  
Tel. 0236 514 205 – Fax 0236 514 312 – Internet fax 1782 242 408  
Registrazione CCIAA Milano N° 1728248 - P.I./C.F. 04135130963

**[www.radioactivity-tlc.it](http://www.radioactivity-tlc.it)**

## **Sommario**

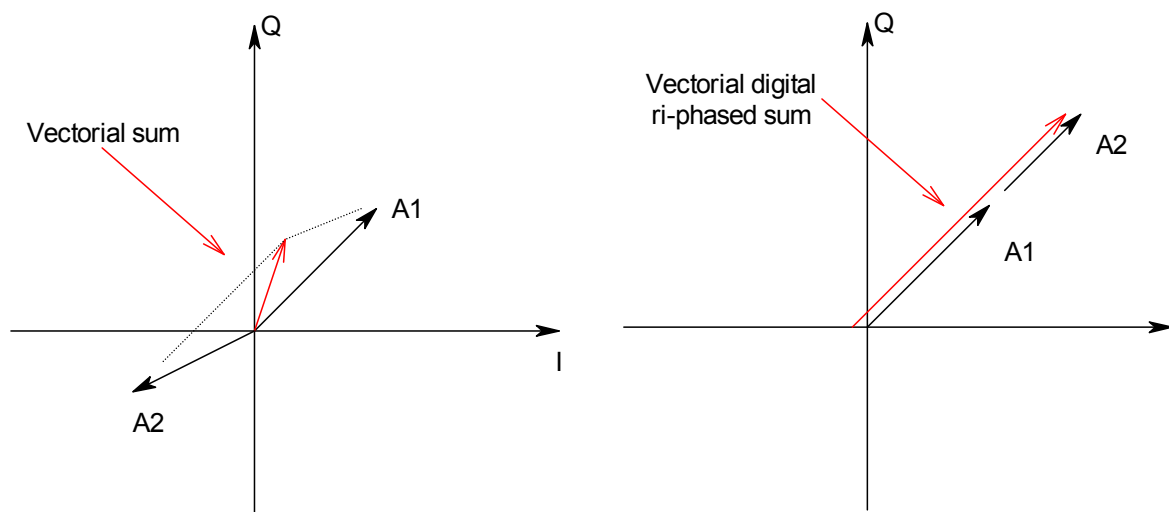
<b>COSA SI INTENDE PER “SOFT DIVERSITY”?</b> .....	<b>3</b>
<b>MULTIPATH FADING</b> .....	<b>4</b>
<b>MIGLIORAMENTO DELLA SENSIBILITÀ DEL RICEVITORE</b> .....	<b>6</b>
<b>SIMULCAST MACRO-DIVERSITY</b> .....	<b>7</b>
<b>SISTEMA DI ANTENNE CONSIGLIATO</b> .....	<b>8</b>

## COSA SI INTENDE PER "SOFT DIVERSITY"?

Il termine soft diversity indica una particolare e innovativa tecnica di ricezione basata su un'elaborazione vettoriale del segnale ricevuto. Un ricevitore radio moderno infatti utilizza la tecnica "Software Defined Radio" in cui la demodulazione dei segnali viene realizzata mediante algoritmi software implementati su processore DSP (Digital Signal Processor) piuttosto che da appositi circuiti hardware.

Il processo di demodulazione si può considerare come un'operazione matematica da applicare al segnale ricevuto. I segnali ricevuti dalle antenne sono amplificati e filtrati dai due ricevitori coerenti, che condividono cioè lo stesso oscillatore locale.

All'uscita dei ricevitori saranno quindi disponibili le componenti I e Q dei segnali, come si può vedere nella figura sottostante.



I segnali ricevuti sono quindi vettori nel piano I/Q con fasi differenti dipendenti dalle fasi dei segnali in arrivo sulle antenne. Il DSP dovrà quindi riallineare i segnali ricevuti effettuando alcune operazioni matematiche in tempo reale su di essi.

In questo modo, dopo aver riallineato tra loro i segnali ricevuti, questi due potranno finalmente essere sommati per ottenere un segnale risultante migliore, ottenuto dalla somma costruttiva dei due contributi.

Il segnale risultante a questo punto è demodolato.

La tecnica di ricezione in diversità implementata consente quindi di ottenere un ulteriore significativo miglioramento delle caratteristiche del ricevitore della Base station:

- ∞ Consente di guadagnare altri 3 dB di sensibilità in ricezione
- ∞ Compensa il fading dovuto ai cammini multipli
- ∞ Riduce l'effetto di de-sensibilizzazione per ricevitori posti ad altitudini elevate
- ∞ Contribuisce ad aumentare notevolmente l'area di copertura del ripetitore

Le tecniche di ricezione in diversità sono molto efficaci sia per segnali digitali che analogici. Per segnali che utilizzano modulazioni analogiche i benefici ottenuti con questa tecnica sono notevoli, ma non determinanti. Per quanto riguarda segnali digitali invece la ricezione in diversità si rivela fondamentale per ottenere una comunicazione di alta qualità: per questo motivo tutti i produttori di sistemi di comunicazioni digitali la implementano sui loro ricevitori (TETRA, GSM, GPRS, etc.).

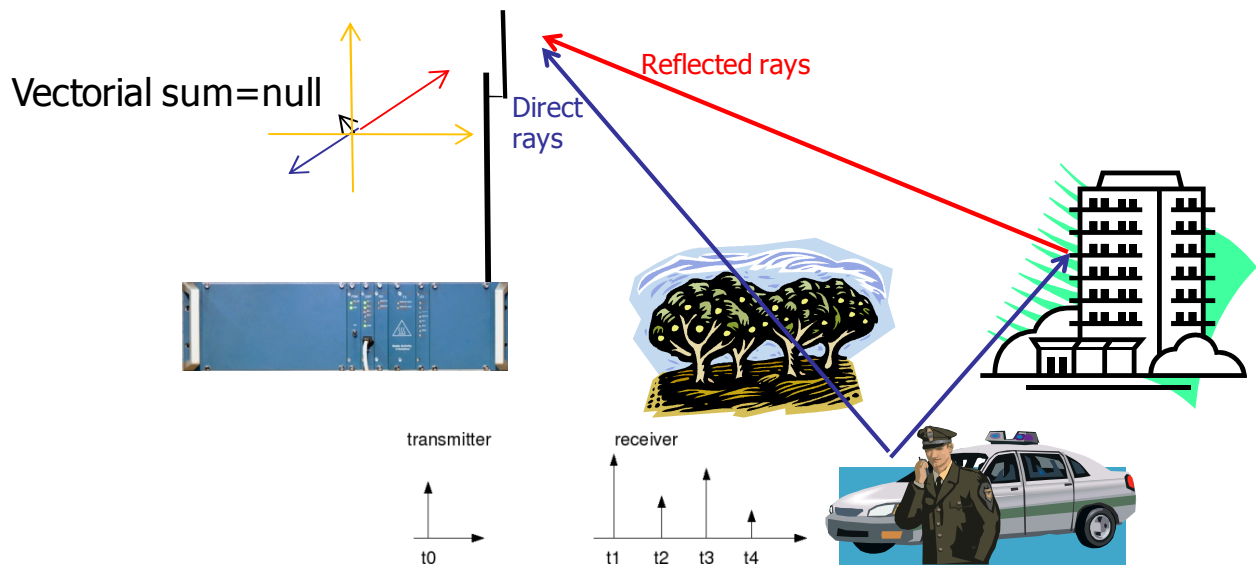
La ricezione in diversità è fondamentale in tutti i sistemi di comunicazioni digitali come il DMR. Le Base Station Radio Activity implementano la ricezione in diversità in modo molto efficiente.

## MULTIPATH FADING

Uno dei problemi principali dei sistemi di comunicazione wireless digitali è il “multipath fading”.

Quando il segnale si propaga in un ambiente complesso e variegato, l’onda elettromagnetica può subire riflessioni e diffrazioni: il ricevitore riceverà quindi più volte la stessa copia del segnale con ritardo e ampiezza casuali. Il segnale risultante è quindi anch’esso casuale in quanto somma di contributi casuali.

Considero il caso riportato in figura, in cui al ricevitore giungono il cammino diretto e un raggio riflesso:



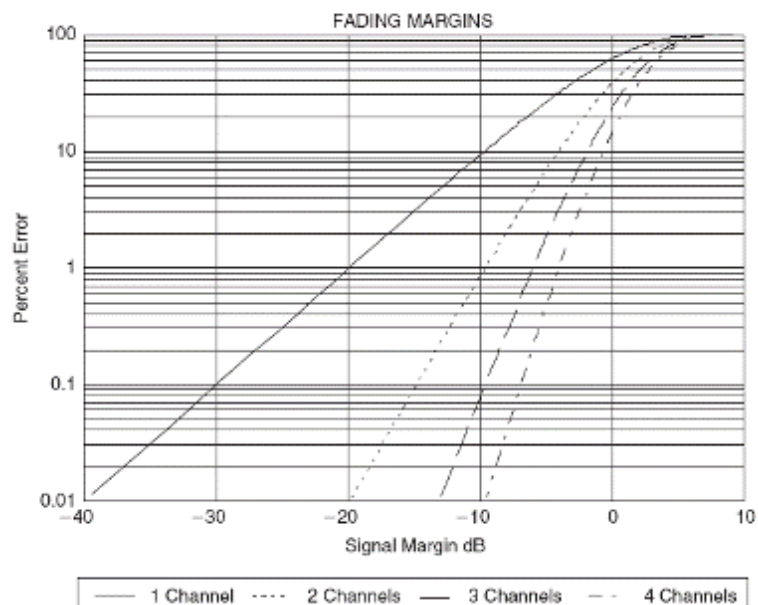
Le due copie del segnale, provenienti da percorsi differenti, arriveranno al ricevitore con ampiezza e ritardo (fase) non note. Nel caso peggiore, in cui cioè il raggio riflesso ha un ritardo che comporta uno sfasamento pari a mezza lunghezza d’onda (sfasamento di  $180^\circ$ ) rispetto al raggio diretto, il segnale risultante è dato dalla somma di due contributi in opposizione di fase che interferiscono tra loro in modo distruttivo.

Per avere un annullamento perfetto del segnale risultante, che è dato dalla somma vettoriale dei due contributi, è necessario che questi arrivino al ricevitore con la medesima ampiezza e in perfetta opposizione di fase. Se così non fosse, se cioè l’ampiezza dei due segnali è leggermente differente o se non sono perfettamente in opposizione di fase, il segnale risultante sperimenterà una attenuazione.

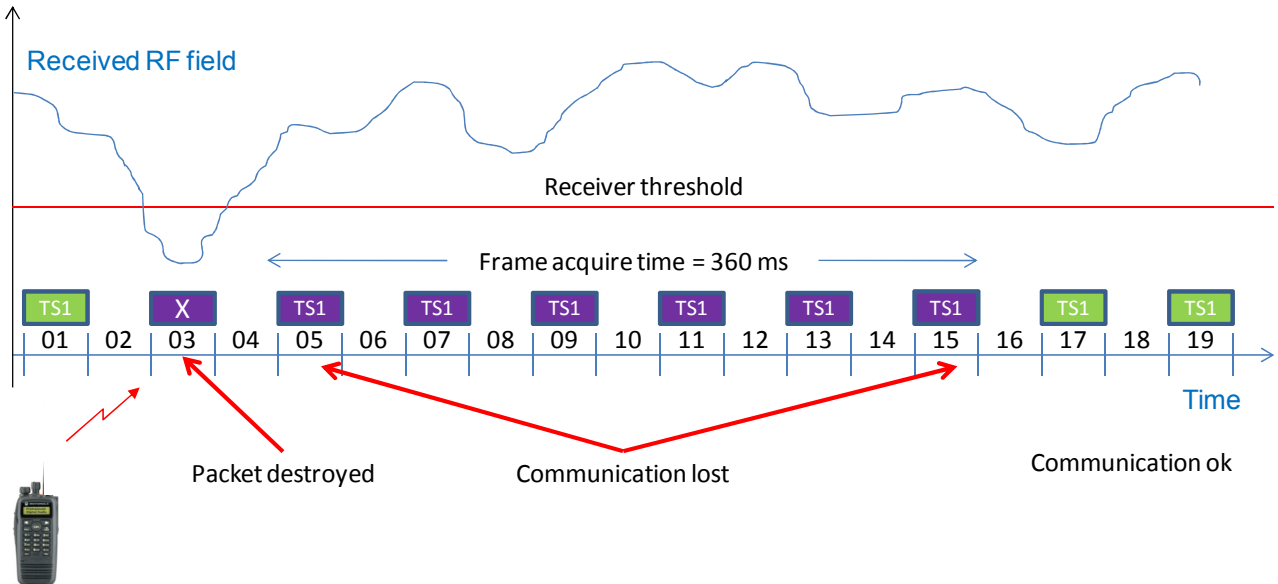
Nella realtà si hanno diversi raggi che si sommano al ricevitore: ciascuno caratterizzato da un’attenuazione casuale e una fase casuale uniformemente distribuita nell’intervallo tra 0 e 360 gradi.

Si dimostra che l’attenuazione complessiva è la somma di variabili casuali con queste caratteristiche statistiche e quindi è essa stessa una variabile casuale che segue la distribuzione di probabilità di Rayleigh. Come si vede nel grafico, **un sistema con due 2 antenne comporta un miglioramento (anche in termini di M.E.R.) di 10 to 20 dB!**

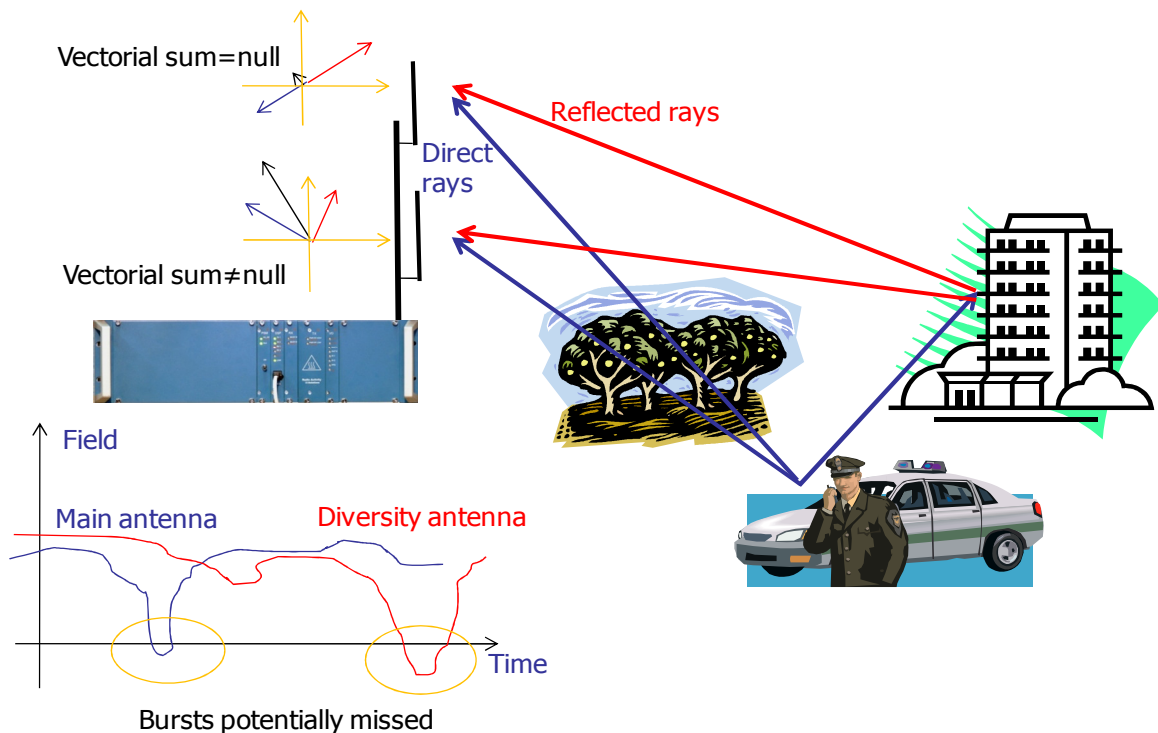
Il fenomeno del multipath fading assume maggiore rilevanza ai fini della qualità della comunicazione al



diminuire del campo ricevuto, cioè ai limiti dell'area di copertura radio. Questo è vero sia per le comunicazioni analogiche come per quelle digitali. Tuttavia, mentre per le prime l'attenuazione casuale comporta un peggioramento della qualità del segnale ricevuto (simile all'effetto prodotto da un rumore) che però non compromette l'intelligibilità del segnale, nel caso di comunicazioni digitali invece l'effetto è la distruzione di pacchetti dati essenziali che possono causare la perdita totale di informazioni per tempi relativamente lunghi (360 ms nel caso di DMR). Questa situazione non è accettabile, perché la comunicazione subirebbe continue e fastidiose interruzioni.



La soluzione di questo problema è semplice, efficace e largamente impiegata dai principali sistemi di comunicazione digitali (GSM, GPRS, TETRA, WiMAX, ...), operanti specialmente alle micronde. La soluzione consiste nel realizzare un ricevitore a diversità di spazio, con due ricevitori coerenti e indipendenti tra loro collegati a due differenti antenne. In questo modo infatti, scegliendo opportunamente la distanza tra le due antenne (almeno due lunghezze d'onda), la probabilità di avere contemporaneamente su entrambe le antenne effetti di fading distruttivi è minima perché i segnali ricevuti sono indipendenti tra loro. In questo modo se il segnale ricevuto da un'antenna è affetto da fading, è molto probabile che l'altro non lo sia. Così sommando in fase i segnali ricevuti dalle due antenne è possibile, anche in caso di fading, ottenere un buon segnale all'uscita del demodulatore e avere un flusso dati senza interruzioni.

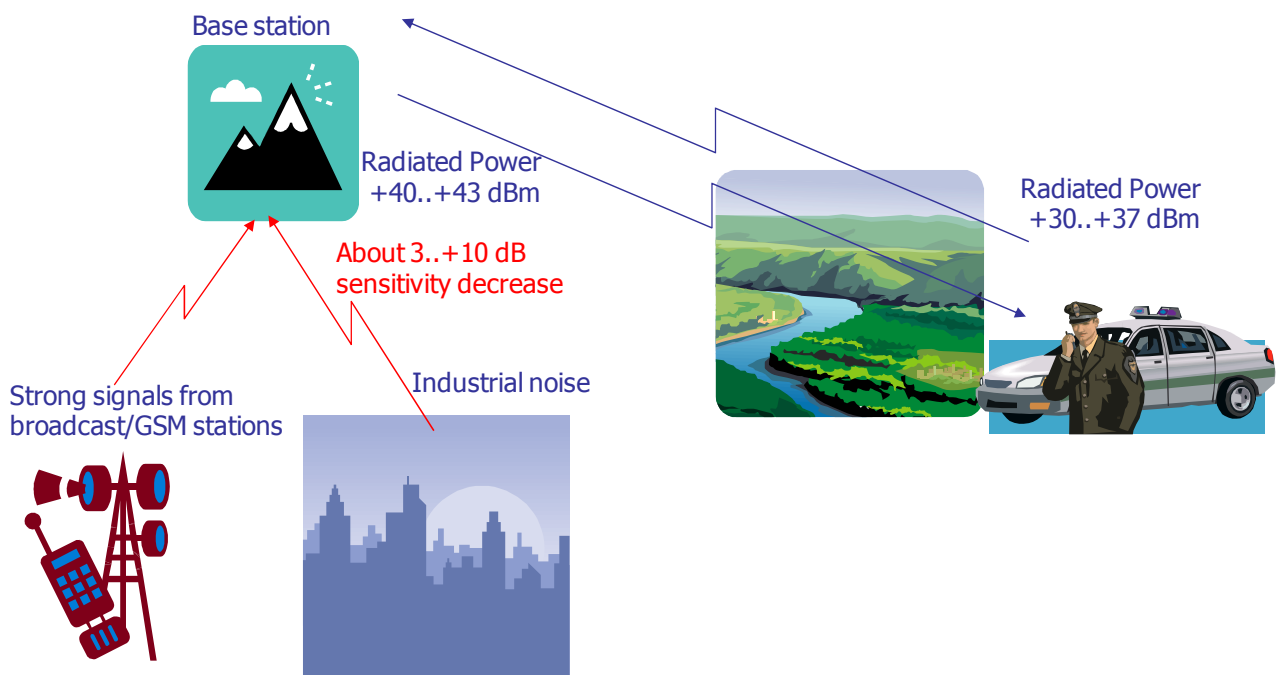


## MIGLIORAMENTO DELLA SENSIBILITÀ DEL RICEVITORE

Le reti radio normalmente soffrono uno sbilanciamento tra up-link and down-link, dovuto principalmente a tre fattori:

- ∞ Differente potenza di trasmissione (10-20 W trasmessa dalle Base Station, contro 1-5W dei terminali)
- ∞ Maggiore rumore di fondo ricevuto dalle Base Station che, essendo di solito collocate in quota, ricevono un contributo di rumore maggiore rispetto ai terminali
- ∞ Maggiori disturbi dovuti a segnali interferenti ricevuti dalle Base Station

Le Base Station di una rete radiomobile sono di solito collocate in cima a colline o rilievi montuosi per ricoprire vaste aree. Questa scelta è ottima per la massimizzazione del Power Budget in down-link ma può introdurre alcuni problemi per quanto riguarda la tratta up-link. Infatti un ripetitore collocato ad altitudine elevata riceverà anche diversi segnali interferenti, riducendo così la sua sensibilità.

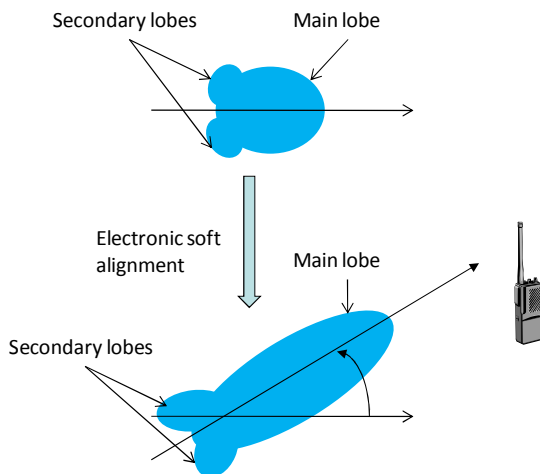


Segnali molto forti provenienti da ripetitori GSM o da ripetitori TV Broadcast possono creare inquinamento elettromagnetico nella banda di ricezione del ripetitore. Questo contributo di rumore provoca una riduzione della sensibilità del ricevitore.

Inserire un filtro passabanda all'ingresso del ricevitore può aiutare a risolvere solo i problemi più gravi dovuti a forti segnali interferenti fuori dalla banda del ricevitore ma non comporta alcun vantaggio per quanto riguarda i segnali interferenti che cadono all'interno della banda del ricevitore. Non c'è un modo per filtrare questi segnali, che hanno l'effetto di un ulteriore contributo di rumore e possono provocare un peggioramento di sensibilità del ricevitore variabile dell'ordine di 3-10 dB (i sistemi operanti alle frequenze VHF sono più esposti a questo problema dei sistemi operanti nel range UHF).

L'utente che col terminale portatile cerca di instaurare una chiamata, riceverà invece un contributo di rumore di fondo molto più basso rispetto al ripetitore e riceverà molto bene il segnale della Base Station. Tuttavia, quando proverà a trasmettere, la Base Station potrebbe avere difficoltà a ricevere il segnale del terminale a causa della desensibilizzazione del ricevitore, a cui si aggiunge il fatto che i terminali mobili trasmettono in bassa potenza (1-5 W). L'effetto risultante è che in certe zone l'utente riceve un buon segnale dalla rete ma non è in grado di comunicare con la Base Station e col resto della rete.

Questa situazione produce evidentemente effetti indesiderati: l'utente sente molto bene la Base Station senza ricevere alcuna risposta dalla centrale operativa, che non è in grado di sentirlo.



Il power budget associato alla tratta di down-link può essere migliore di 5-15 dB rispetto a quello della tratta di up-link. L'opzione "Soft diversity" migliora significativamente la qualità del segnale ricevuto dalla Base Station nella tratta up-link, sia per comunicazioni analogiche che digitali.

Il ricevitore della Base Station RA-XXX fornisce al DSP le componenti I e Q del segnale ricevuto dalle due antenne senza eseguire alcuna operazione di demodulazione. In questo modo il DSP può sommare i due segnali ricevuti dopo averli immediatamente rifasati e realizzare una ricezione in diversità in modo completamente "soft". Questa operazione corrisponde ad allineare automaticamente le antenne nella direzione di provenienza del segnale in modo da poter sempre ricevere il massimo del segnale utile e il minimo contributo di rumore legato a segnali interferenti

La figura rende l'idea del guadagno che si può ottenere sommando i segnali ricevuti dalle due antenne dopo averli opportunamente rifasati.

Questo si traduce in un miglioramento delle prestazioni in quanto:

- ∞ Corrisponde a ricevere un campo più forte (guadagno d'antenna)
- ∞ L'operazione di rifasamento e somma coerente dei segnali ricevuti operata via software equivale a riallineare automaticamente le antenne nella direzione di provenienza del segnale utile
- ∞ Comporta una maggiore attenuazione dei segnali interferenti provenienti da altre direzioni

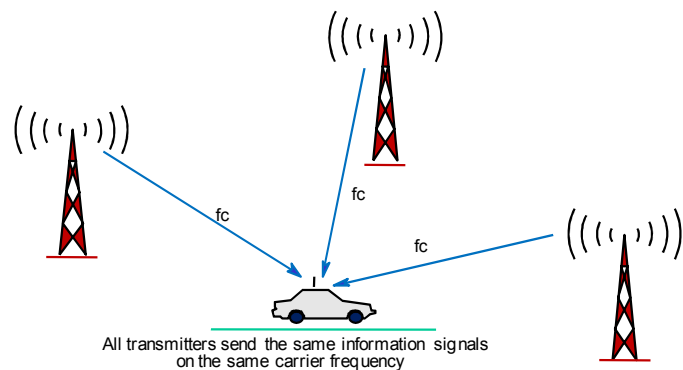
Si può quindi ottenere l'effetto di un'antenna molto direttiva, che contribuisce a risolvere il problema della desensibilizzazione del ricevitore dovuta a segnali interferenti nella banda del ricevitore.

## SIMULCAST MACRO-DIVERSITY

Le reti simulcast utilizzano il medesimo canale radio (una frequenza per accedere alla rete e una per il broadcast dei segnali) su tutta l'area di copertura. La rete esegue la selezione automatica dei terminali in accesso e ridiffonde il segnale in broadcast su tutta l'area di copertura alla stessa frequenza. I terminali sono serviti indipendentemente dalla loro posizione come se fossero tutti sotto lo stesso ripetitore.

Il segnale generato da un terminale può essere ricevuto da una o più Base Station.

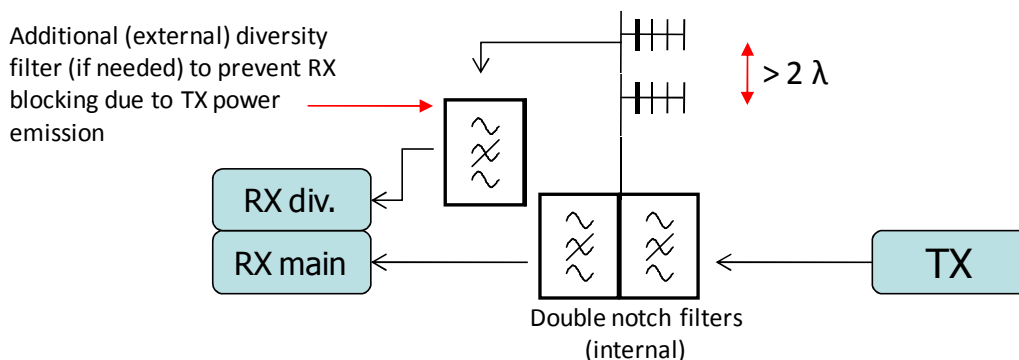
Ogni Base Station che riceve un segnale valido lo invia al master mediante collegamento LAN. Il Master aspetta l'arrivo di tutti i segnali e seleziona continuamente (ogni burst ricevuto) il migliore in base al rapporto segnale rumore (per segnali analogici) o in base al criterio di massima verosimiglianza (per segnali digitali DMR). Il master invia via LAN il segnale selezionato a tutti i suoi satelliti, identificati dall'appartenenza allo stesso gruppo di multicast IP.



Lo schema di accesso ad una rete simulcast sintetizza quindi una antenna "macro-diversity" in grado di fornire una protezione molto robusta ed efficace contro effetti di fading in sistemi di comunicazioni digitali DMR.

**SISTEMA DI ANTENNE CONSIGLIATO**

L'inserimento di un'antenna per realizzare la ricezione in diversità di spazio è una operazione molto semplice. La figura sottostante illustra il classico sistema di branching.



La separazione spaziale tra le due antenne deve essere almeno il doppio della lunghezza d'onda (e.g. >4m in VHF band).

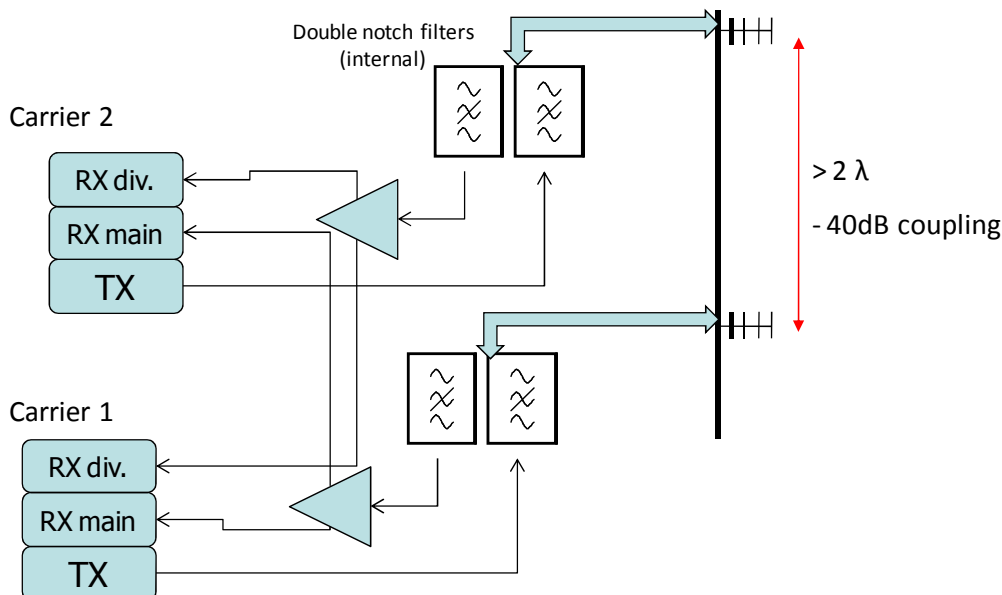
In questo modo l'accoppiamento dei due dipoli posti sullo stesso asse verticale è circa -40dB.

Non è richiesto l'uso di alcun particolare componente per realizzare un sistema di ricezione in diversità: è sufficiente utilizzare un semplice dipolo.

L'antenna main è collegata tramite un duplexer al ricevitore principale e al trasmettitore.

L'antenna diversity è collegata al ricevitore diversity preceduto da un filtro notch che serve per sopprimere il residuo del segnale di TX, per evitare effetti di blocking sul ricevitore secondario. Un valore accettabile di attenuazione del TX facilmente ottenibile è 40 dB o più.

Nel caso di un sistema di branching multicarrier, la figura sottostante riporta una corretta implementazione (gli isolatori RF non sono riportati):



L'approccio suggerito massimizza la potenza RF disponibile alle antenne e allo stesso tempo ottimizza le prestazioni del ricevitore.

Un simile approccio può essere utilizzato per realizzare un sistema multicarrier combinando TX e RX per sfruttare al meglio le caratteristiche della ricezione in diversità.