



**Regione Umbria**  
DIREZIONE AMBIENTE TERRITORIO E INFRASTRUTTURE  
Servizio Informatico/Informativo: geografico ambientale e territoriale

**Università degli Studi di Perugia**  
Facoltà di Ingegneria  
DICA - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

**Sessione tematica IV**  
Servizi regionali di posizionamento  
satellitare. Applicazioni ed esperienze

[www.umbriageo.regione.umbria.it](http://www.umbriageo.regione.umbria.it)

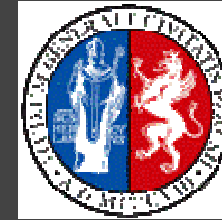
# Controllo di mezzi d'opera in cantiere

**Giacomo Trovati**

Fratelli Trovati Snc



# Il Machine Control



Regione  
Umbria

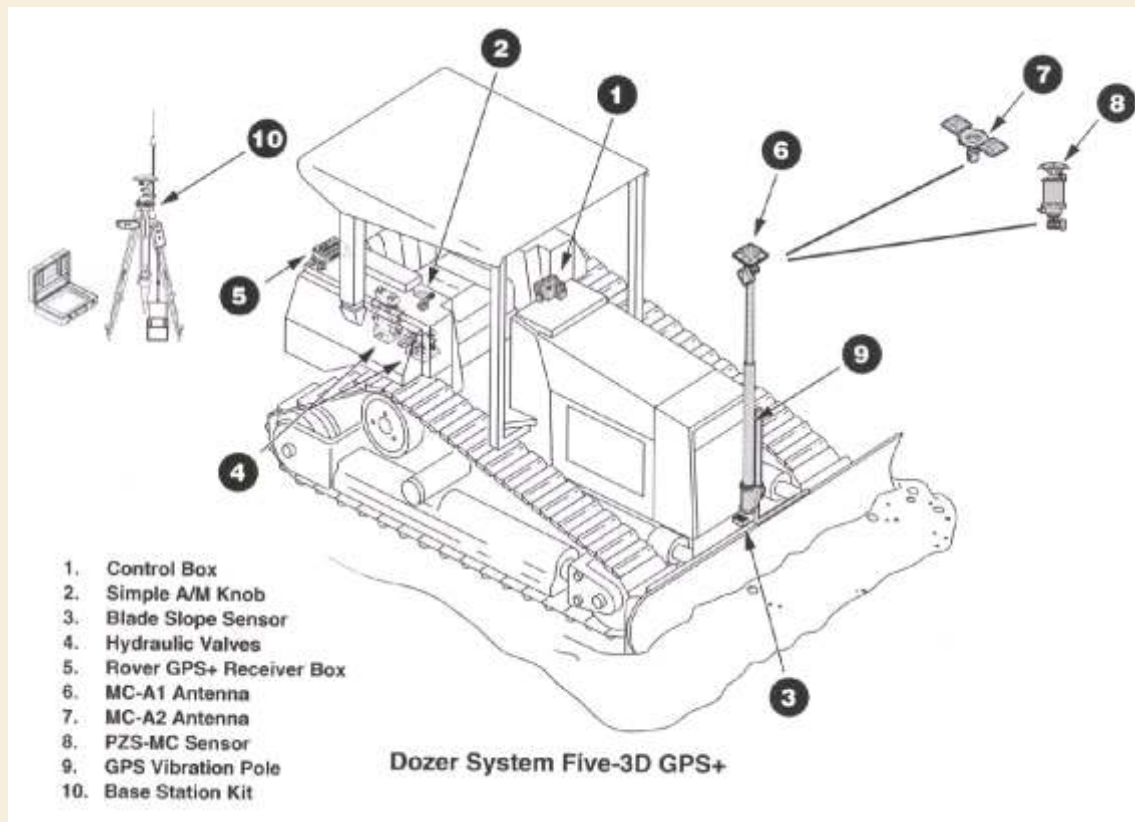


Il settore dell'edilizia e delle costruzioni stradali è interessato da notevoli innovazioni dovute all'impiego di sistemi che integrano diversi sensori, che hanno portato ad una trasformazione delle tecniche di lavoro in cantiere.

Una delle principali innovazioni riguarda le **operazioni di movimento terra**, assistite da **ricevitori GNSS** integrati da sensori di inclinazione e assetto. Queste tecniche sono raggruppate sotto la denominazione MACHINE CONTROL, e consentono di **eliminare completamente o quasi le operazioni di tracciamento in cantiere**, lasciando l'esecuzione del lavoro al solo operatore del mezzo, che ne controlla l'esito in tempo reale sullo schermo di un computer di bordo, nel quale sono stati preventivamente caricati gli esecutivi CAD di progetto.

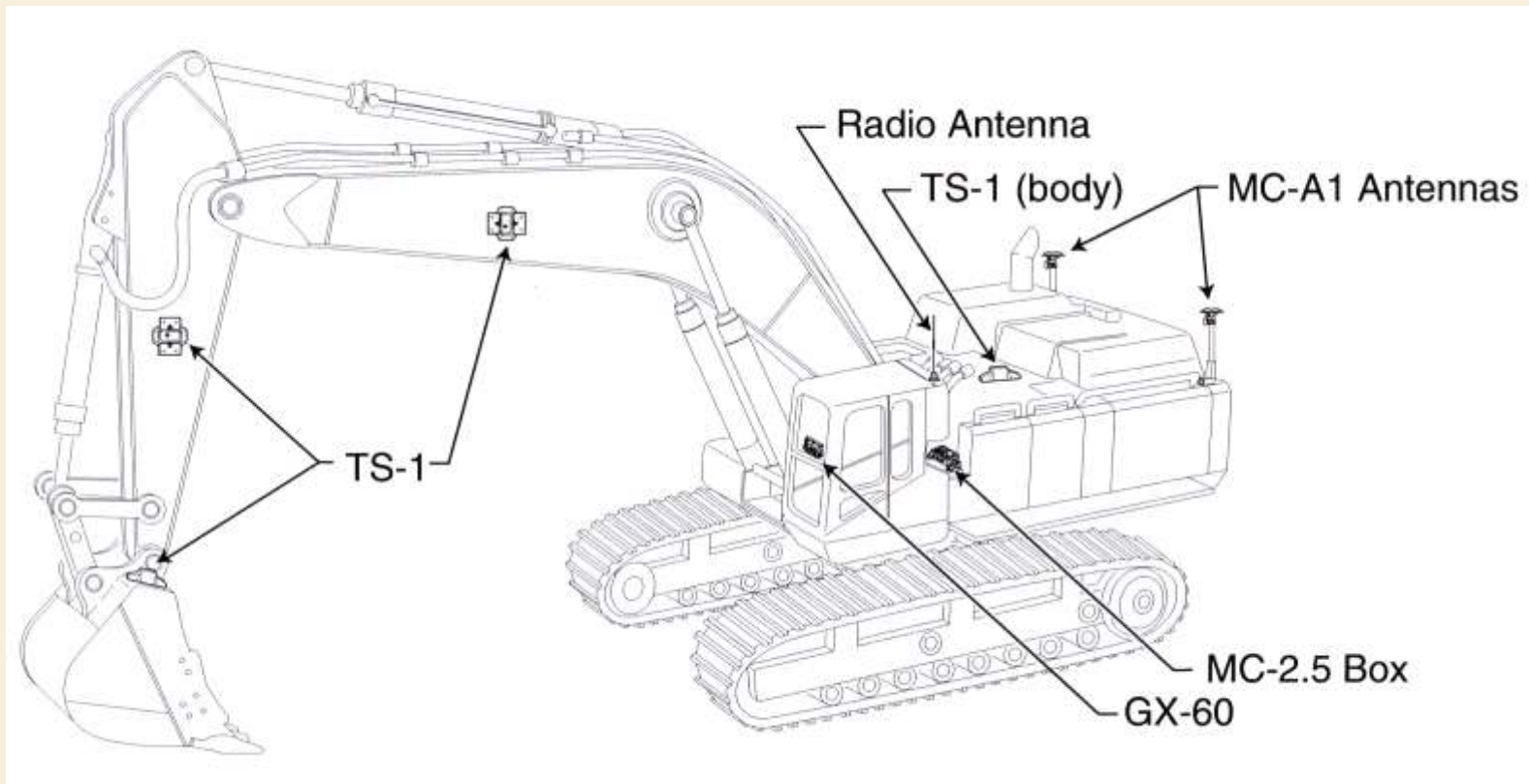


Nelle macchine di tipo **dozer** l'antenna **GNSS** è installata sulla pala frontale, con un sistema di montaggio che smorza le vibrazioni. L'inclinazione trasversale della pala viene determinata da un  **sensore di inclinazione**.



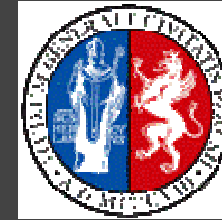


Negli **escavatori** è necessario installare **due antenne** nel corpo macchina, che ruota intorno a un asse verticale. La **posizione della benna** di scavo rispetto al corpo è ricavata per mezzo di un sistema di **tilt sensors** di tipo MEMS (da uno a tre assi) montati sul corpo e sui bracci articolati della macchina.





# Il Machine Control - 4

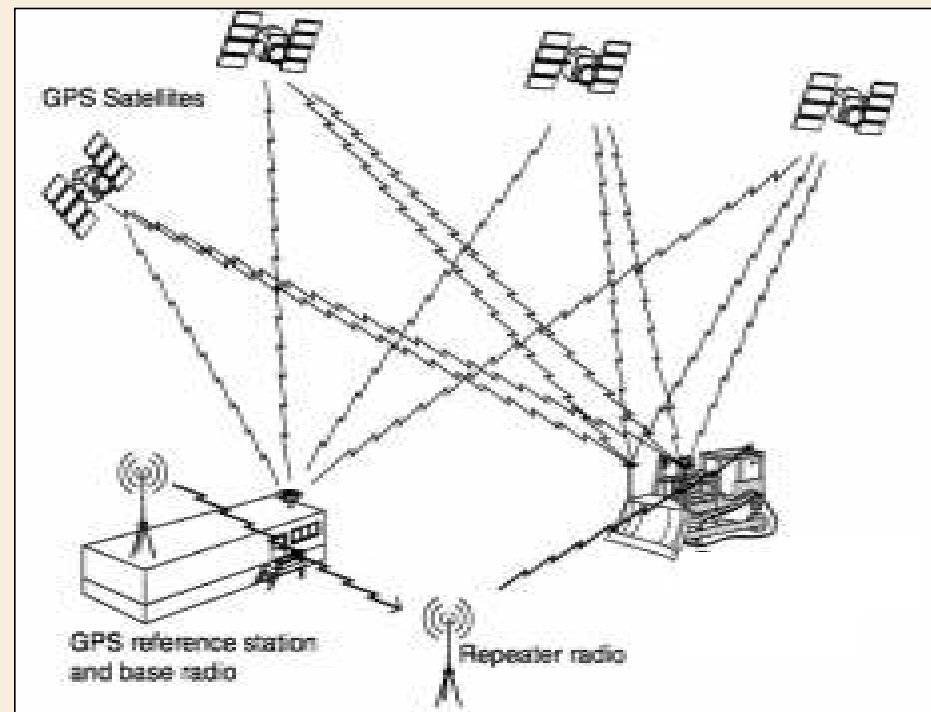


Regione  
Umbria



Il **posizionamento in tempo reale** dei mezzi viene effettuato di norma con la tecnica **GNSS RTK** base-rover, installando una **stazione base** fissa nel cantiere, e permette di raggiungere accuratèzze di posizionamento in tempo reale di circa 5 cm, sufficienti per gli scavi.

Lavorazioni successive come la posa di pavimentazioni richiedono accuratèzze maggiori (alcuni mm), che vengono raggiunte integrando il sistema con livelli laser.





# Il Machine Control - 5



Regione  
Umbria



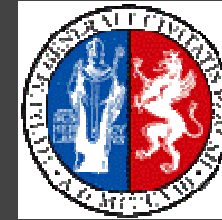
Il machine control si sta diffondendo in Italia e all'estero, considerando i notevoli vantaggi che comporta in termini economici e di qualità rispetto al modo di operare tradizionale.

Alcuni aspetti applicativi di questa tecnica appaiono migliorabili:

- necessità di una **stazione base** in ogni cantiere, con conseguenti costi di acquisto, installazione, posizionamento, sorveglianza;
- comunicazione tra stazione base e rover installati nei mezzi, con le limitazioni di portata dovute ai radio modem; per grandi cantieri va previsto uno o più ripetitori radio;
- problemi di affidabilità e integrità del posizionamento ottenuto con una sola stazione base, privo di ridondanza, con conseguente necessità di frequenti controlli su picchetti noti.



# La ricerca sviluppata



Regione  
Umbria

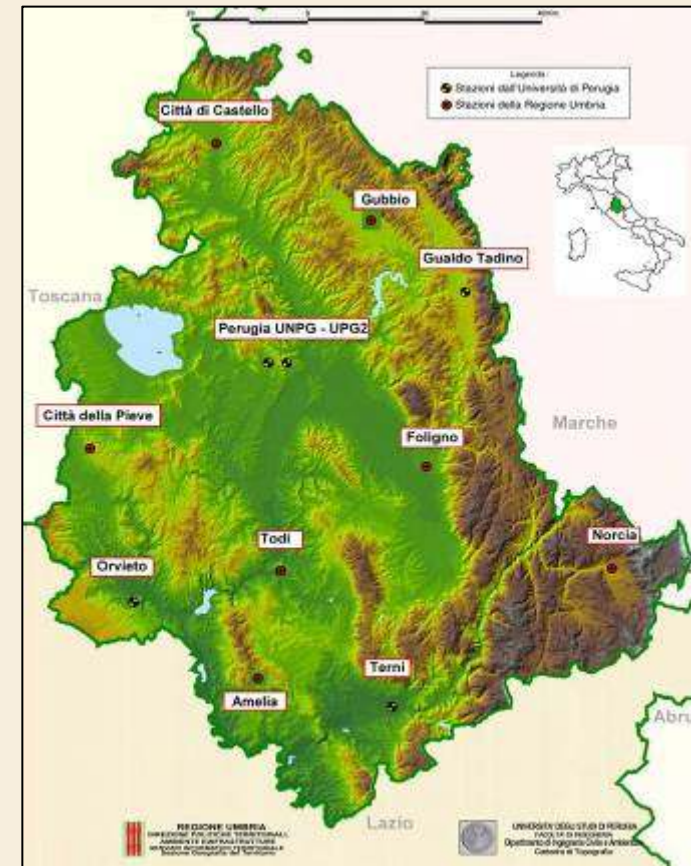


Presso il DICA dell'Università di Perugia è stata sviluppata una ricerca allo scopo di valutare l'applicabilità al machine control della tecnica **NRTK**, con **correzioni di fase ricevute da una rete GNSS permanente**.

La ricerca è stata svolta sul sistema di controllo mezzi della Ditta Fratelli Trovati S.n.c. di Perugia con la collaborazione della Ditta Geotop S.r.l. di Ancona (distributrice dei sistemi Topcon), con un contributo finanziario della Regione Umbria (bando progetti di innovazione tecnologica)

Per la sperimentazione è stata utilizzata la rete dinamica **GPSUMBRIA**

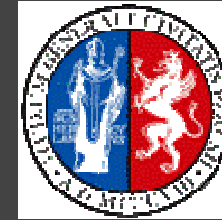
Sono state utilizzate correzioni di codice e fase nella modalità **VRS**, acquisite via internet con il protocollo **Ntrip**







## La ricerca sviluppata - 2



Regione  
Umbria



L'elemento "chiave" del sistema sperimentato è costituito dallo **SmallTRIP + GPS**, componente realizzato dalla Ditta danese Smalltouch ([www.smalltouch.com](http://www.smalltouch.com)). Si tratta di un dispositivo che include un chip di controllo, un **ricevitore GPS** di solo codice (mediante il quale viene calcolata una posizione approssimata) e un **modem GSM** che trasmette il messaggio NMEA alla rete permanente e riceve da essa le correzioni di codice e fase calcolate per la posizione in cui si trova.

Le correzioni vengono poi ridistribuite su tutta l'area del cantiere da un **radio modem** e raggiungono i mezzi senza richiedere alcuna modifica all'hardware standard già presente su di essi.

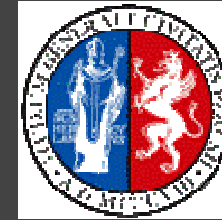
Lo SmallTRIP viene posizionato in un **punto qualsiasi** del cantiere (non serve determinarne le coordinate) con **buona copertura GSM** e da cui sia possibile inviare le correzioni via radio raggiungendo i mezzi nel raggio di qualche km. La configurazione dello SmallTRIP si effettua una volta per tutte inviando ad esso un opportuno codice mediante un messaggio SMS.







# I test eseguiti - 1



Regione Umbria



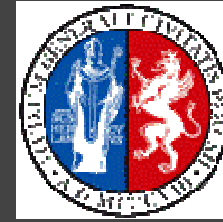
I primi test sono stati effettuati su un'area campione presso la sede della Ditta Trovati. E' stato eseguito un progetto test di un tratto stradale lungo circa 100 metri, comprendente un rettilo e una curva. Il progetto, redatto in coordinate ETRF89, è stato caricato nel computer di bordo di un dozer (CAT D6M) equipaggiato con un sistema di machine control Topcon 3DMC.

Il movimento terra è stato eseguito affidandosi completamente al sistema, senza alcun picchettamento, e successivamente verificato su punti determinati mediante un rilievo indipendente.





## I test eseguiti - 2



Regione  
Umbria



Durante l'esecuzione di questo primo test si sono evidenziati **alcuni problemi di ordine tecnologico** che ne hanno penalizzato in parte i risultati:

- scarsa copertura GSM (superato cambiando l'ubicazione dello SmallTRIP e l'operatore telefonico),
- interferenze radio (superato cambiando la frequenza dei radio modem)
- discontinuità nel flusso dei dati di correzione dovuta alla limitata larghezza di banda del radio modem, considerando che i satelliti disponibili (GPS + GLONASS) erano più di 14. Per superare il problema si è adottato per l'invio delle correzioni il più compatto formato **CMR**

In definitiva la prima serie di test è stata utilizzata per mettere a punto il sistema

# I test eseguiti - 3

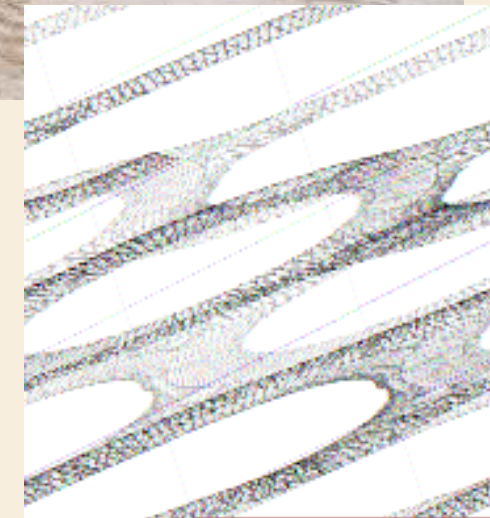
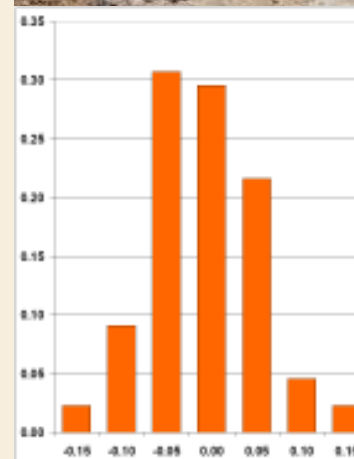


Un secondo test è stato effettuato sull'area di un cantiere reale, per la realizzazione di una rotonda stradale presso l'Istituto Tecnico "Capitini" di Perugia.

Sono state utilizzate tre diverse macchine operatrici:

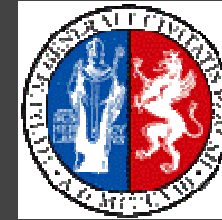
- il **dozer** della prova precedente
- un **escavatore** (CAT 320CS) equipaggiato con il sistema Topcon a 2 antenne 3DXi
- una **livellatrice trainata** nella quale viene montato lo stesso sistema installato nel dozer

La verifica è consistita in un **confronto tra progetto e rilievo** delle lavorazioni eseguite, ed ha mostrato un'ottima corrispondenza, in linea con le accuratezze attese (inferiori ai 5 cm), come da istogramma degli scarti riportato in figura.





## I test eseguiti - 4



Regione  
Umbria



Una ulteriore serie di prove, semplice ma efficace, è stata effettuata per verificare la correttezza della “catena” di angoli e distanze che va dalla coppia di antenne alla benna passando per i bracci dell’escavatore dotati di tilt sensors.

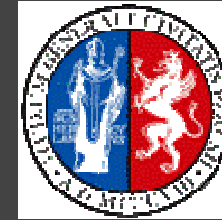
La posizione di alcuni punti di controllo determinati in cantiere nel rilievo preliminare è stata “ribattuta” con il dente centrale della benna, trovando anche in questo caso scarti inferiori ai 5 cm, che confermano la buona calibrazione del sistema.







# Conclusioni



Regione Umbria



E' stato sperimentato con successo l'impiego di correzioni differenziali di rete nell'ambito del machine control

L'applicazione è stata resa possibile dall'utilizzo di un dispositivo (Smalltrip) in grado di ricevere le correzioni dalla rete e redistribuirle ai mezzi

La nuova modalità NRTK consente di ottenere posizionamenti direttamente nel datum geodetico ETRF89-WGS84, coerente con la cartografia numerica e i DB topografici attuali, senza transitare per un sistema "pseudo-WGS84" come accadeva utilizzando la stazione base locale.

L'Impresa Trovati sta attualmente operando con il sistema messo a punto nel corso della ricerca.

Il lavoro è stato pubblicato nella rivista internazionale GPS WORLD

