

## SISTEMA GVS LASER

Il rilevamento della rete stradale verrà eseguito con il sistema ad alto rendimento GVS LASER progettato e realizzato dalla GEOSOFT srl.

Il sistema GVS è un sistema hardware e software caratterizzato da componenti hardware di nuova generazione, utilizzo di rigorose procedure fotogrammetriche e da un ambiente personalizzabile ed integrabile per l'acquisizione dei dati geografici e la misura sulle immagini e sulle nuvole di punti prodotte dal laser scanner.

I componenti del sistema di acquisizione e di post processing dei filmati hanno lo scopo di produrre video georeferenziati fotogrammetricamente, cioè video di cui è nota la posizione spaziale e l'assetto angolare di ogni immagine, e di produrre nuvole di punti perfettamente congruenti con le immagini dei video georeferenziati, in modo che sia il più possibile indifferente per l'Utente impiegare i video stessi oppure i punti del laser scanner per collimare e prendere misure.

Particolare cura è stata riservata alla stabilità del sistema.

Come si vede dalla figura seguente, le telecamere, l'antenna GPS e la piattaforma inerziale sono montate su un supporto verticale in alluminio estruso di sezione quadrata a struttura irrigidita 9x9 cm e possono essere considerate un unico blocco rigido.

Eventuali movimenti tra il blocco stesso e il veicolo non rappresentano una criticità poiché verrebbero comunque misurati dal sistema inerziale.

Le differenze di coordinate tra antenna, sistema inerziale e camere sono quindi contenute in poche decine di centimetri, e questo è un aspetto fondamentale nel raggiungimento della precisione e nella calibrazione dei sistemi GPS/INS.

Infatti, anche nelle camere aeree, è raccomandato di installare il sistema inerziale il più vicino possibile alla camera ed in modo solidale alla stessa, ma il blocco (camera+INS) può essere addirittura ammortizzato rispetto al mezzo di trasporto (l'aereo).

In questo modo, il sistema GVS si può montare e smontare dal tetto del veicolo (anche per proteggerlo durante i trasferimenti tra una missione e l'altra) senza pregiudicare la calibrazione.



Figura 1 : Il sistema GVS LASER

## IL SOTTOSISTEMA DI ACQUISIZIONE E CONTROLLO

Il sistema di acquisizione è una sorta di laboratorio mobile composto da vari moduli (posizionamento, acquisizione video e laser scanner, profilometro eventuale) che sono perfettamente sincronizzati tra loro, in modo che le informazioni provenienti dai vari sensori di bordo siano riferite alla stessa *timeline* con la massima accuratezza.



Figura 2 : Workstation di acquisizione e controllo

L'unità di controllo è rappresentata da una workstation con doppio processore Xeon, RAM 1Gb, doppio HD 36Gb UWSCSI in grado di acquisire, comprimere in JPEG e memorizzare fino a 20-25 immagini al secondo alla risoluzione 1024x768 a colori. Utilizzando 5 telecamere, si possono avere fino a 5 frame per secondo per telecamera. Fissando a 3 metri la distanza di acquisizione tra i frame, la velocità massima raggiungibile senza sovraccaricare il sistema è di 15 metri al secondo, pari a 54 km orari. Se la distanza diventa di 4 metri, si possono raggiungere i 72 km/h.

I dati del laser scanner sono invece memorizzati su hard disk dedicato, in modo da non

rallentare il flusso di registrazione video. L'autonomia di memorizzazione del sistema senza scarico dati è di oltre 3 giorni di missione esterna.

---

## IL SOTTOSISTEMA DI POSIZIONAMENTO E ASSETTO GPS/INS

Il sistema è dotato di un sistema di posizionamento e orientamento Novatel BDS, basato su una coppia di ricevitori Novatel OEM4 (master e rover) a doppia frequenza L1/L2 a 24 canali e da un sistema inerziale Honeywell HG1700 AG11 da 1°/hr di bias. In aggiunta o in alternativa alla master Novatel possono essere impiegati anche ricevitori master di altre marche, per un massimo di 8 contemporaneamente.

Per quanto riguarda l'antenna del sistema rover, si tratta di una Novatel GPS-702 dotata della tecnologia "Pinwheel™" (sistema choke ring) per la riduzione del multipath.

Il sistema GPS/INS impiegato è un sistema completamente integrato, per cui non si può parlare in modo semplice di sistema inerziale che interviene solo in assenza di segnale GPS. Si tratta piuttosto di un sistema unico, in grado di fornire in continuo (alla frequenza di 100 Hz) le coordinate WGS84 e gli angoli di orientamento pitch, roll e heading, leggendo ed integrando continuamente le informazioni provenienti dai satelliti del sistema GPS, dai giroscopi e dagli accelerometri. L'integrazione tra GPS e INS avviene quindi nel corso dell'acquisizione dei dati (integrazione accoppiata).

Questo tipo di approccio, largamente descritto in letteratura ed ormai consolidato, può essere implementato in maniera *loosely coupled* oppure *tightly coupled*. Le due soluzioni si differenziano principalmente per il fatto che nel primo caso ci sono due filtri di Kalman separati (uno per il sistema GPS ed uno per il sistema INS) mentre nel secondo caso vi è un unico filtro di Kalman che elabora tutti i segnali.

Il sistema Novatel BDS durante la navigazione adotta una soluzione di tipo *loosely coupled*, mentre in fase di postprocessing si può decidere quale soluzione adottare.

Di seguito è riportata la scheda tecnica della strumentazione GPS/INS impiegata :



## BDS Series

NovAtel's Black Diamond System (BDS) is a tightly integrated inertial navigation system capable of continuous operation with fast data rates and attitude determination. Providing a high positional accuracy coupled with triple-axis attitude measurements, the BDS can be applied in avionics, sea vessels, land vehicles, navigation, mining and machine control, robotics, agriculture, military, direction finding and other demanding OEM applications.

NovAtel's BDS computes precise position, velocity, acceleration, and rotational information in highly dynamic environments. This system also provides real-time 2 cm positional accuracy with the aid of RT-2 software, and up to 100 Hz data output rates.

The BDS consists of:

- BDS Controller – A high performance, high accuracy, GPS receiver with INS processing fast data update rates and integrated memory (PC card) for data logging
- BDS Sensor – An Inertial Measurement Unit (IMU) containing 3 accelerometers and 3 gyros so that accelerations along specific axes and angle differences can be measured
- BDS Processing Software – BDS Processor Software is a full-featured PC based program that allows you to process the raw measurement data collected by the BDS and your GPS base station to provide accurate high-rate trajectory information

NovAtel's combination of the BDS sensor's Inertial Navigation System (INS) and the BDS Controller GPS receiver gives you the advantage of continuous operation even when GPS signals are unavailable.

## Features

- 2 cm real time kinematic (RTK) accuracy with "on the fly" initialization
- Fast acquisition hardware
- Autonomous Inertial Measurement Unit (IMU)
- 100 Hz raw data output rates
- 100 Hz position output rates, velocity, attitude
- On Board Real Time Carrier phase <2 cm software (RT2)
- RTCM SC104 v.2.1/2.2
- RTCA SC 159
- RTK receive NovAtel RT2, CMR v1.0/2.0/3.0
- Informative indicator status lights
- Environmentally sealed enclosure

## Performance

<b>Position Accuracy</b>	
Stand Alone	<3 m RMS <sup>1</sup>
Code Differential	0.25 to 1 m RMS
RT-20	0.05 to 1 m RMS
RT-2	0.02 m RMS
Post Processed	0.02 to 2 m RMS
<b>Velocity Accuracy RMS</b>	
0.02 m/s (nominal)	
<b>Attitude Accuracy RMS</b>	
Pitch	0.015°
Roll	0.015°
Azimuth	0.05°
<b>Acceleration Accuracy RMS</b>	
0.03 m/s <sup>2</sup>	
<b>Time Accuracy</b>	
50 ns	
<b>Time to First Fix</b>	
120 s	
<b>Reacquisition</b>	
2 s	
<b>Data Rates</b>	
Raw Measurement	100 Hz
Computed Position	100 Hz
Computed Attitude	100 Hz
<b>Measurement Precision<sup>2</sup></b>	
L1 C/A Code	6 cm RMS
L1 Differential Phase	0.75 mm RMS
L2 P Code	23 cm RMS
L2 Differential Phase	2 mm RMS
<b>Dynamics</b>	
Acceleration	< 10 g
Velocity	< 1000 knots <sup>3</sup>
Height	< 60,000 ft <sup>3</sup>
Rotation	< 1000 deg/s
<b>Channels</b>	
L1	12
L2	12

## Environmental

<b>Operating Temperature</b>	-30°C to +60°C
<b>Storage Temperature</b>	-45°C to +80°C
<b>Humidity</b>	95% non-condensing (max.)
<b>Altitude<sup>3</sup></b>	Sea level to 60,000 ft

## Input/Output Connectors:

<b>Power</b>	4-pin LEMO +12 to +18 VDC continuous at 15 W typical
<b>COM1, COM2, IMU</b>	3 x 10 pin LEMO 1 x 8 pin LEMO

## Strobes:

<b>1 PPS out, mark in Antenna Input</b>	4-pin LEMO TNC, 50 Ω impedance +4.25 to +5.25 VDC, 90 mA maximum (output from BDS Controller to antenna/LNA)
---	--

## HG 1700 AG11 IMU:

<b>Gyro Input Range</b>	± 1000 deg/sec
<b>Gyro Rate Bias</b>	1.0 deg/hr
<b>Gyro Rate Scale Factor</b>	150 ppm
<b>Angular Random Walk</b>	0.12 deg/rt-hr max
<b>Accelerometer Range</b>	± 50 g
<b>Accelerometer Linearity</b>	500 ppm
<b>Accelerometer Scale Factor</b>	300 ppm
<b>Accelerometer Bias</b>	1.0 mg

## GPS/INS Filter:

- 100 Hz update rate (IMU update)
- 15 state Kalman filter – position, velocity, attitude, gyrodrift, accelerometer biases
- 1 Hz error state update rate (GPS position update)

## On-board Recording:

- On-board 128MB PCMCIA data recorder

## Physical & Environment

<b>BDS Controller Size</b>	279.4 mm x 228.6 mm x 34.9 mm with connectors
<b>BDS Controller Weight</b>	2.15 Kg
<b>BDS Sensor Size</b>	160 mm x 160 mm x 100 mm
<b>BDS Sensor Weight</b>	3.38 Kg

Notes:  
1. Typical numbers. Official GPS specification to 10 m.  
2. Precision values listed are in ideal conditions i.e. no multipath interference present.  
3. As per export restrictions.

Version 03/04 – Printed In Canada

For detailed product technical specifications, please call:

**1-800-NovAtel**

in U.S. or Canada or +1-403-295-4900

email: sales@novatel.ca

internet: www.novatel.com

NovAtel Inc.  
1120-68th Avenue NE  
Calgary, Alberta, Canada, T2E 8S5



Nel caso urbano ed extraurbano, con prolungate e ripetute perdite di segnale GPS è assolutamente raccomandato l'impiego della modalità *tightly coupled* per ottenere i risultati migliori, ed è quello che faremo. Il calcolo in due fasi (prima il GPS e poi l'aggiunta dei dati IMU) non darebbe lo stesso risultato qualitativo, anche con IMU più performanti.

Nel software di bordo, viene comunque monitorato in tempo reale lo scostamento tra la soluzione GPS pura (che comunque è disponibile) e la soluzione combinata GPS/INS e quindi l'operatore può controllare sempre la bontà del posizionamento e/o eventualmente agire di conseguenza, per esempio effettuando una sosta per agevolare la convergenza (che verrà segnalata nello speciale logfile come descritto in seguito).

Successivamente, durante il post-processing, si provvede a calcolare la traiettoria alla massima densità (100 punti al secondo). Da questa traiettoria così definita, vengono poi estrapolate le terne di coordinate e di angoli relative agli istanti di acquisizione delle immagini (marcati nella timeline con appositi impulsi).

Quindi, anche se le immagini vengono acquisite ogni 3 metri, si dispone della traiettoria 3D a 100Hz (un punto ogni 10 cm alla velocità di 10 m/sec).

In questo modo è possibile definire con maggiore accuratezza le caratteristiche geometriche dell'asse stradale (come per esempio i raggi di curvatura planimetrici ed altimetrici).

Durante il post-processing, è possibile impostare dei vincoli alla traiettoria (es. con orientamento fotogrammetrico di alcune immagini, dove esiste cartografia di base o altro tipo di rilievi integrativi) per migliorare la congruenza e/o per sopperire a blackout troppo prolungati del GPS.

Nelle zone coperte da altri rilievi, infatti, anche le immagini possono essere impiegate come informazioni di posizionamento, in quanto il fatto stesso di inquadrare oggetti che sono presenti in cartografia (o punti in genere di cui si conoscono le coordinate) rappresenta di per se una informazione di localizzazione del veicolo quando ha scattato la foto (fotogrammetria indiretta).

In questo modo anche il sottosistema video fa parte integrante del sistema di posizionamento e assetto.

In ogni caso, la qualità del posizionamento dichiarata dalla casa costruttrice per il nostro sistema GPS/INS è riportata nella seguente tabella (il nuovo nome della nostra IMU è diventato "AG58", mentre originariamente era codificato come "HG 1700 AG11") :

Inertial Explorer 8.00 post processing performance during complete GNSS outages <sup>4</sup>								
Outage Duration	IMU	Position Error <sup>5</sup> (m)		Velocity Error (m/s)		Attitude Error (degrees)		
		2D	H	2D	H	Roll	Pitch	Heading
0 s	LN200	0.010	0.015	0.030	0.030	0.010	0.010	0.025
	AG58	0.010	0.015	0.030	0.030	0.013	0.013	0.031
	IMAR	0.010	0.015	0.030	0.030	0.015	0.015	0.041
	AG62	0.010	0.015	0.030	0.030	0.018	0.018	0.053
10 s	LN200	0.020	0.018	0.032	0.031	0.012	0.012	0.027
	AG58	0.018	0.018	0.031	0.031	0.015	0.015	0.034
	IMAR	0.022	0.018	0.032	0.031	0.017	0.017	0.044
	AG62	0.025	0.019	0.032	0.031	0.025	0.025	0.061
60 s	LN200	0.119	0.056	0.038	0.033	0.016	0.015	0.030
	AG58	0.123	0.050	0.038	0.032	0.019	0.019	0.039
	IMAR	0.163	0.061	0.040	0.033	0.024	0.023	0.050
	AG62	0.422	0.069	0.056	0.034	0.043	0.044	0.078
120 s	LN200	0.440	0.128	0.046	0.035	0.017	0.018	0.033
	AG58	0.471	0.105	0.047	0.034	0.022	0.022	0.045
	IMAR	0.651	0.147	0.053	0.035	0.028	0.029	0.054
	AG62	1.657	0.167	0.073	0.037	0.057	0.058	0.093

<sup>4</sup> Outage results were calculated by taking the RMS of the maximum errors for a minimum of 30 outages. Each outage was followed by 200 seconds of full GNSS availability before the next outage was applied. All results are from a smoothed forward and reverse solution. No wheel sensor data (DMI) was used to generate these results.

<sup>5</sup> 1 ppm should be added to all values to account for additional error due to baseline length.

Figura 3 : Precisione del sistema GPS/INS impiegato ottenuta attraverso il processing con Inertial Explorer

Si noti nella didascalia che queste precisioni sono ottenute senza l'impiego di dati odometrici (*no wheel sensor data*).

## IL SEGNALE ODOMETRICO

Per quanto riguarda l'odometro, si è scelto di leggere direttamente il segnale dei sensori utilizzati anche per il dispositivo ABS del veicolo (*wheel speed sensor*). Questi sensori per garantire una adeguata sicurezza (evitare il

bloccaggio delle ruote) devono ovviamente avere una elevata sensibilità e risoluzione, inoltre essendo montati direttamente sul veicolo garantiscono una qualità costante nel tempo.

Il valore di distanza che corrisponde ad un impulso del sensore può essere ottenuto mediante la percorrenza di un tratto di lunghezza nota. Avendo a disposizione anche un sistema GPS/INS è possibile in tempo reale valutare la distanza percorsa tra due istanti predefiniti, e quindi utilizzare l'incrocio dei due dati per tarare il sistema, cosa che comunque avviene di continuo durante il calcolo della traiettoria del veicolo in fase di *post-processing* attraverso il filtro di *Kalman*.

---

## IL SOTTOSISTEMA VIDEO

Il sistema di acquisizione delle immagini è basato su cinque telecamere digitali collegate su bus IEEE 1394 (Firewire) a 400 Mbps.

Le telecamere sono di tipo Sony DFW X710. Queste telecamere sono a colori e sono in grado di acquisire immagini alla risoluzione di 1024 x 768 pixel alla frequenza di 15 frame al secondo. Sono inoltre dotate di un ingresso trigger e quindi possono essere comandate esternamente mediante una apposita interfaccia hardware/software in modo che gli scatti avvengano in maniera sincrona. Il sensore CCD ha una diagonale da 1/3".

In pratica, il software di controllo e acquisizione dati legge le informazioni provenienti dall'odometro e/o dal sistema GPS/INS ed al raggiungimento dello spazio percorso impostato (es. 3 metri) genera un impulso di trigger che provoca l'acquisizione simultanea di una immagine per ogni telecamera.

Lo stesso segnale di trigger è inviato in maniera sincrona al sistema GPS/INS che provvede successivamente a marcare quell'evento e a generare una sequenza X,Y,Z,Pitch,Roll,Heading per quel set di immagini.

In questo modo, la frequenza effettiva di acquisizione varia in funzione della velocità ed a veicolo fermo si evita di acquisire inutilmente immagini.

Questa modalità di acquisizione, controllata dallo spazio percorso e non dal tempo trascorso tra un frame ed il successivo consente di ottimizzare lo spazio su disco occupato dalle immagini. Il mantenimento di una distanza costante tra le immagini, inoltre, permette di controllare al meglio anche la precisione raggiungibile nella collimazione 3D dei punti.

Alle telecamere Sony sono abbinati delle ottiche a focale fissa della Schneider Optics, adatte agli impieghi fotogrammetrici. Queste ottiche hanno una focale di circa 4.8mm e consentono una apertura angolare di circa 60° sul piano orizzontale.

Ovviamente ogni dispositivo (telecamera + ottica) deve essere sottoposto a taratura prima di essere impiegato per attività di misura.

Il software di acquisizione è progettato per sfruttare la presenza di più processori (doppio Xeon) ed è in grado di comprimere al volo le immagini in formato JPEG. La distanza tra i frame ed il rapporto di compressione delle immagini possono essere variati dall'operatore anche durante la missione.

---

## IL LASER SCANNER

La nostra società ha avviato da due anni una collaborazione con Riegl (Austria) nell'ambito dell'impiego di laser scanner nel campo del mobile mapping.

Per questa attività andremo quindi ad impiegare uno scanner RiegI VQ250.



Questo dispositivo viene impiegato tipicamente alla massima frequenza possibile (300Khz) il che significa che può acquisire 300000 punti al secondo effettuando 100 rotazioni complete (frequenza di rotazione pari a 100Hz), per un totale di 3000 punti ogni rotazione.

**Alla velocità di 36 Km/h (10m/sec) avremo quindi a terra una sezione ogni 10 cm ed una distanza tra i punti della sezione pari a 5 millimetri** (considerando lo scanner a 2.5 metri di altezza).

L'accorgimento di montarlo inclinato rispetto al senso di marcia del veicolo (le sezioni saranno inclinate di 14 deg circa mentre il "piano" di scansione è inclinato di 45 deg rispetto al piano strada) permette di ottenere scansioni anche delle pareti verticali dei fabbricati che sono ortogonali alla strada e di meglio identificare gli spigoli di fabbricati, muretti, pilastri ecc. rispetto al montaggio con sezione di scansione verticale e ortogonale alla direzione di spostamento. In questo secondo caso i particolari verticali presenti tra due scansioni successive vengono persi anche a frequenza di scansione elevata.

In ogni caso il software di gestione delle sezioni permette di estrapolare sezioni comunque ubicate, non solo quelle parallele al piano di scansione. Il fatto che lo scanner sia inclinato di 14 deg rispetto alla perpendicolare al senso di marcia non compromette la qualità delle sezioni né la densità dei punti lungo la sezione, come dimostrano le figure seguenti :

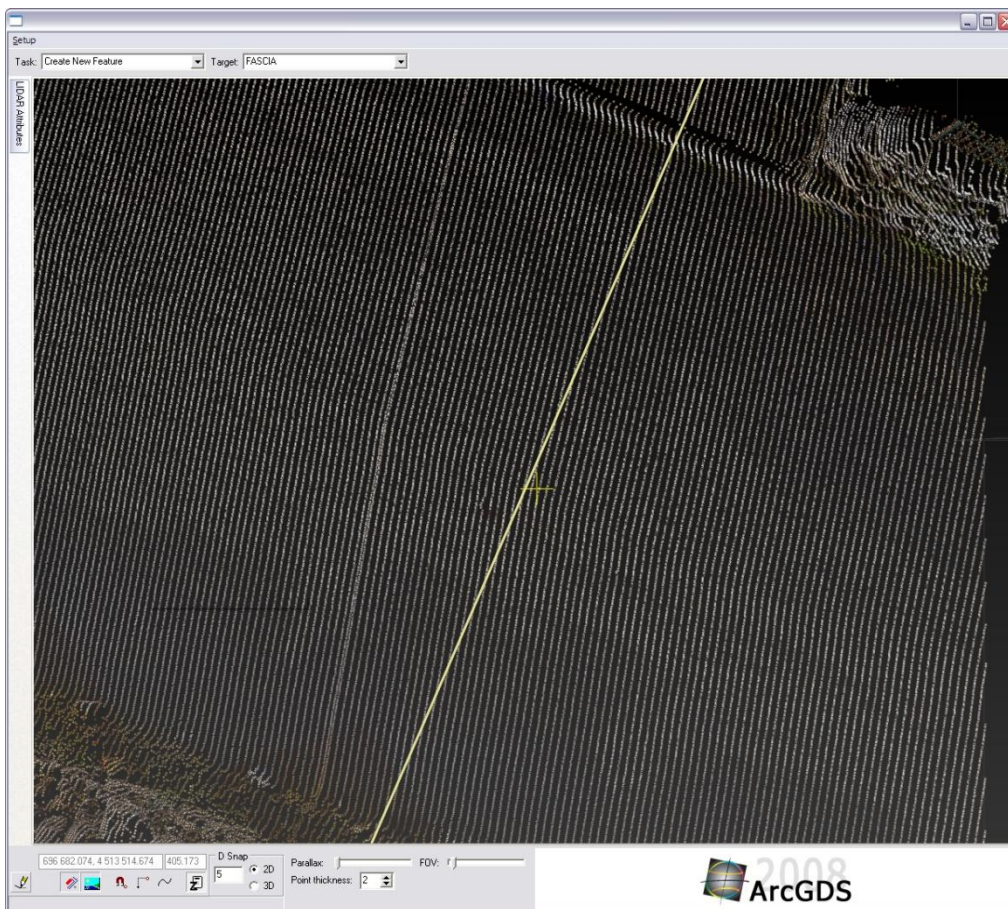


Figura 4 : Punti laser scanner e polilinea di riferimento per l'estrazione di una sezione

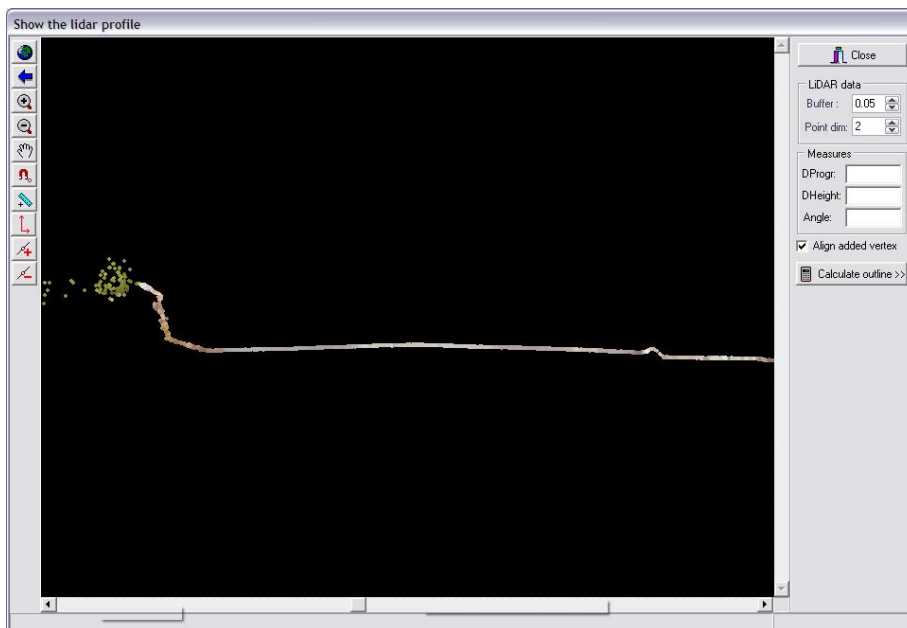


Figura 5 : Sezione ricavata dai punti laser con buffer di 5 cm

Come si può notare, la densità di punti nella sezione è comunque sufficiente a definire con continuità l'andamento, pur con un buffer di ricerca di soli 5 cm.

La portata dello scanner (quando usato a 300Khz) è di 200 metri per riflettività 80% e ben 75 metri per riflettività 10%.

Si riporta a titolo di riepilogo un estratto del datasheet della casa costruttrice :

## Technical Data *RIEGL VQ<sup>®</sup>-250*

Laser Product Classification

Class 1 Laser Product according to IEC60825-1:2007

The following clause applies for instruments delivered into the United States:  
Complies with 21 CFR 1040.10 and 1040.11 except for deviations pursuant  
to Laser Notice No. 50, dated June 24, 2007.



### Range Measurement Performance

Measuring Principle

- time-of-flight measurement
- echo signal digitization
- online waveform processing

Effective Measurement Rate <sup>1)</sup>	50 kHz	100 kHz	150 kHz	200 kHz	300 kHz
Max. Unambiguous Measuring Range <sup>2)</sup> natural targets $\rho \geq 10\%$ natural targets $\rho \geq 80\%$	180 m 500 m	130 m 380 m	110 m 340 m	100 m 300 m	75 m 200 m
Max. Number of Targets per Pulse	practically unlimited (details on request)				

Minimum Range

Accuracy<sup>3)5)</sup>

Precision<sup>4)5)</sup>

Laser Pulse Repetition Rate PRR<sup>1)4)</sup>

Max. Effective Measurement Rate<sup>1)</sup>

Echo Signal Intensity

Laser Wavelength

Beam Divergence

Laser Beam Footprint (Gaussian Beam Definition)

1.5 m  
10 mm  
5 mm  
up to 300 kHz  
up to 300 000 measurements/sec  
(@ 300 kHz PRR & 360° FOV)  
for each echo signal, high-resolution 16 bit intensity information is provided  
near infrared  
0.3 mrad  
7 mm @ exit aperture  
17 mm @ 50 m  
31 mm @ 100 m

1) Rounded values.

2) The following conditions are assumed: target larger than the footprint of the laser beam, perpendicular angle of incidence, visibility 23 km, average ambient brightness.

3) Accuracy is the degree of conformity of a measured quantity to its actual (true) value.

4) Precision, also called reproducibility or repeatability, is the degree to which further measurements show the same result.

5) One sigma @ 150 m range under RIEGL test conditions.

6) User selectable.

### Scanner Performance

Scanning Mechanism

Field of View (selectable)

Scan Speed (selectable)

Angular Step Width  $\Delta \vartheta$  (selectable)

between consecutive laser shots

Angle Measurement Resolution

Internal Sync Timer

Scan Sync (optional)

rotating mirror  
up to 360° „full circle“, without gaps  
up to 100 scans/sec  
 $0.018^\circ \leq \Delta \vartheta \leq 0.72^\circ$   
0.001°  
real-time synchronized time stamping of scan data  
scanner rotation synchronization

Vorremmo fare notare quali sono i vantaggi operativi che derivano da alcune caratteristiche di questo laser scanner :

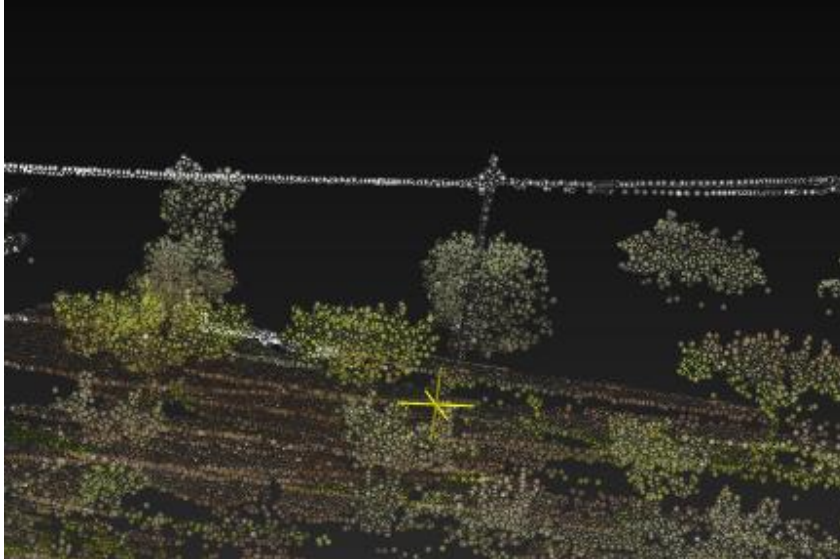
#### □ PORTATA

La portata dello scanner (200 metri) e la precisione in relativo (quella assoluta è garantita dal GPS/INS) permette di coprire un'ampia fascia attorno alla strada, utilizzabile in seguito anche per scopi diversi dal Catasto Strade (supporto alla progettazione, as built di opere costruite, analisi legate alla mitigazione all'inquinamento acustico, ecc.)

#### □ TECNOLOGIA

Questo scanner funziona con tecnologia “a tempo di volo”, che contrariamente alla tecnologia alternativa “a differenza di fase” permette di ottenere una nuvola di punti con totale assenza di rumore (noise) nell'atmosfera. E' vero che esistono molteplici filtri per l'eliminazione di questo rumore, tuttavia per oggetti molto piccoli (es. i cavi elettrici, ben visibili nelle nuvole di punti da noi prodotte) il filtraggio è inapplicabile perché eliminerebbe come disturbo anche un oggetto da rilevare. Molto meglio quindi utilizzare una apparecchiature di classe superiore, che non presenta questi problemi. Inoltre la tecnologia “a tempo di volo” (che fino a poco tempo fa era disponibile solo in ambito aereo) permette al raggio laser di proseguire anche quando incontra un ostacolo parziale nella sua traiettoria,

restituendo e discriminando quindi i vari *echo* del segnale. I benefici nella applicazione di mobile mapping sono legati alla possibilità di “passare” la vegetazione, le recinzioni metalliche e tutte quelle barriere parziali che lo scanner a “differenza di fase” non sarebbe in grado di passare generando quindi un’ombra. Tutte queste considerazioni sono state avvalorate da test effettivi comparando i risultati di scanner a “differenza di fase” con il Riegl VQ250, prima di scegliere quali scanner adottare.



#### □ ANGOLO DI VISUALE

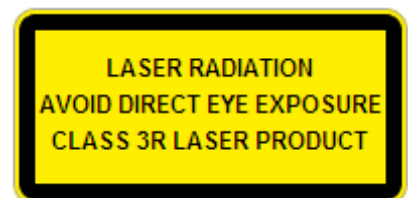
Questo scanner è in grado di acquisire sull’intero angolo giro (360 deg) senza alcuna interruzione. Le nuvole di punti quindi avranno la completezza necessaria a descrivere la sezione stradale e contemporaneamente l’impalcato dei sottopassi con precisione subcentimetrica.

Utilizzando uno scanner con apertura inferiore (angolo cieco) si perde quindi una parte importante della scansione. Considerato che la missione serve per acquisire una nuvola di punti che serva in futuro all’aggiornamento del Catasto Strade (anche se gli usi sono veramente più ampi) riteniamo che uno scanner “full circle” permetta di ottenere un dataset più completo.

#### □ SICUREZZA

Riguardo le norme di sicurezza da rispettare per l’impiego di laser scanner in ambienti aperti (come in questo caso le strade), vogliamo portare all’attenzione l’impiego per attività di *mobile mapping* di apparecchiature non sicure, come ad esempio i laser in classe 3R.

Si ricorda che, mentre i laser in classe 1 sono sicuri nelle normali condizioni di utilizzo, perché la radiazione emessa è sempre inferiore alla massima esposizione permessa (chiamata MPE) con i laser in classe 3R (ad esempio) la MPE può essere superata in certe condizioni, tanto che bisogna sempre corredare queste apparecchiature con una etichetta del tipo riprodotto qui a fianco.



E’ ovviamente impensabile che in strada si possa impedire la “direct eye exposure” raccomandata dall’etichetta, specie considerando la curiosità che suscita nella gente il passaggio o l’arresto ad uno stop di un veicolo dotato di apparecchiature come telecamere, IMU e laser scanner. Questi scanner sono tipicamente progettati per applicazioni terrestri su treppiede e sono solitamente molto economici, ma non sono destinati in modo specifico all’uso in mobile mapping.

Lo scanner Riegl VQ250 è uno scanner in **classe 1**, quindi sicuro e adatto all’impiego per il mobile mapping (per il quale uso è stato appositamente progettato).

## BENEFICI NELL'IMPIEGO PER LA GARA "ANAS"

Il principio di base è che il "Mobile Laser Scanning" eseguito con un sistema dotato anche di 5 telecamere come GVS LASER permette di acquisire una ripresa e una scansione al continuo delle pertinenze stradali.

A differenza della scansione e ripresa fotografica statica (su cavalletto) si usa un range inferiore, con meno "ombre" ed occlusioni e i sensori sono sempre quasi nadirali agli oggetti da rilevare.

Si pensi ad esempio a muri di sostegno come quelli raffigurati qui sotto :



La scansione e la ripresa fotografica in movimento produrrà sicuramente un dato più completo ed affidabile di quanto possa produrre una scansione da cavalletto, in cui il laser scanner colpisce l'estremità più lontana del muro con un angolo di incidenza molto sfavorevole.

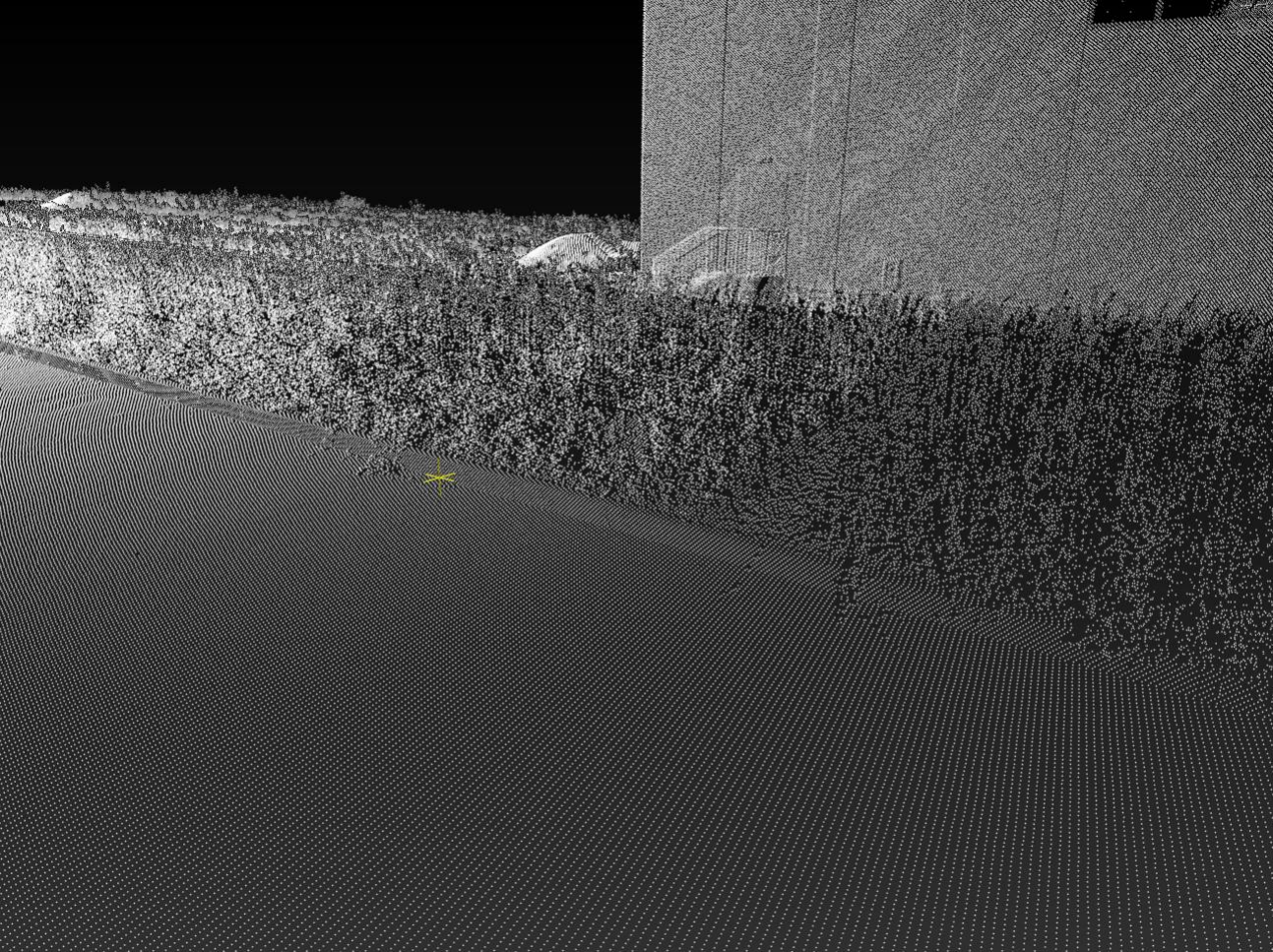
Si ricorda che viaggiando a 10 m/sec lo scanner produce una **sezione ogni 10 cm** con punti lungo la sezione distanti tra loro secondo la tabella seguente :

Distanza tra scanner e oggetto	Distanza tra due punti consecutivi di una sezione
3 m	0.6 cm
10 m	2 cm
20 m	4 cm

La qualità delle immagini prodotte dalle telecamere (che scattano comunque foto consecutive in formato JPEG) può essere valutato da questo esempio ripreso in movimento a 30 Km/h alle 15:30 del pomeriggio :



Questa invece è la densità di punti ottenuta dalla scansione :



**Rispetto al capitolato ANAS abbiamo analizzato la tipologia di oggetti da censire e secondo noi ci sono benefici nell'utilizzo di questa tecnologia nei seguenti tematismi :**

1) OPERE D'ARTE MAGGIORI (PONTI, VIADOTTI) E MINORI

La parte percorribile dell'opera viene documentata senza dubbio in modo più efficace con il mobile laser scanning. Ovviamente la parte non percorribile (es. la parte sottostante del viadotto) deve essere rilevata con metodi tradizionali. Anche la documentazione fotografica allo scopo di classificare l'ammaloramento è più completa se acquisita dalle telecamere, considerato che queste scattano un frame ogni 3 metri e abbiamo due telecamere per ogni fronte strada (una orientata verso avanti e una orientata verso dietro) per cui ogni particolare è fotografato da due differenti punti di vista.

La nostra opinione è che l'intera ripresa fotografica della rete stradale è comunque un modo economico per avere a disposizione un sistema che permette i sopralluoghi virtuali, dal quale eventualmente decidere se serve andare sul posto ad acquisire ulteriore documentazione fotografica.

Inoltre la spesa per eseguire la ripresa video non cambia se voglio fare anche la scansione laser in movimento, per cui tanto vale fare sempre anche la scansione.

2) DISPOSITIVI DI RITENUTA

Si tratta di oltre 3000Km di sviluppo lineare. Vale sostanzialmente quanto detto al punto precedente.

L'estensione e la tipologia di oggetto è difficilmente documentabile con altri mezzi in modo più efficace e veloce. Il MLS offre migliori costi, tempi di esecuzione e maggiore qualità.

3) PROTEZIONI AMBIENTALI E PROTEZIONI CORPO STRADALE

Vale sostanzialmente quanto detto ai punti precedenti, oltre alle considerazioni sulla sicurezza fatte qui sotto.

4) RETE PARAMASSI, BARRIERE PARAMASSI, MURI DI CONTRORIPA

Vale sostanzialmente quanto detto ai punti precedenti, oltre alle considerazioni sulla sicurezza fatte qui sotto.

In generale bisogna considerare anche i problemi e eventuali costi legati alla sicurezza. Il muoversi a piedi lungo la rete stradale impatta sulla circolazione e crea problemi di sicurezza agli addetti in modo molto più pesante rispetto al mobile laser scanning.

Altro aspetto è legato ai tempi di esecuzione. In produzione un sistema di MLS produce almeno 1500-2000 Km/mese di rilievo esterno, spostando poi sul post processing interno (più facilmente parallelizzabile) il tempo di esecuzione ed il costo.

Abbiamo tralasciato l'analisi su tematismi pur importanti come le gallerie ma probabilmente non impattanti nell'economia del lavoro vista la scarsa quantità.

Vorremmo ribadire che l'approccio migliore al metodo in un lavoro di questo tipo non è quello "a macchia di leopardo" ma al continuo, cioè filmando tutta la rete stradale. Da questi filmati si farà poi l'individuazione degli oggetti da censire. La maggior parte sarà censibile direttamente dai filmati e dalla nuvola di punti, il resto potrà essere completato sul posto. La disponibilità di una documentazione filmata e laser scanner di tutta la rete stradale consentirà quindi una considerevole economia nell'ottimizzazione delle trasferte.

Il mobile mapping (filmati e laser scanner) non è quindi da considerarsi un ausilio o una ottimizzazione del rilievo laser scanner (quotato al 30% su alcuni tematismi...) ma secondo noi è una attività propedeutica che interviene in tutto il censimento, anche quando il laser scanner non è strettamente richiesto. In questi casi basterebbe la documentazione fotografica dalle telecamere, ma come già detto sopra l'esecuzione della scansione non impatta nelle produzioni giornaliere e nel conseguente costo di missione.