

**G. PEZZI**

*Liceo Scientifico "F. Severi", Faenza*

## **Come misurare l'altezza di un satellite... guardando la televisione**

*(Pervenuto il 2.1.92, approvato il 2.5.92)*

### **ABSTRACT**

This article deals with a rather simple method for measuring the height of telecommunication geostationary satellites. By observing the same telecast on two side by side displays, one of which is receiving the satellite image while the other is receiving from ground relay, some delay can be spotted between the arrival times of the two images, because of the different distance covered by electromagnetic waves. By using photographic and video recordings such delay can be measured and consequently the height of the satellite can be determined.

Sono molte decine nel mondo, e fra esse la RAI TV, le emittenti televisive che diffondono i programmi utilizzando satelliti. Cominciano così a trovare una certa diffusione le attrezzature e le parabole atte a ricevere le trasmissioni via satellite: ne sono dotati, tra gli altri, i più importanti alberghi, molte emittenti locali, alcune scuole (per ricevere direttamente trasmissioni in lingue estere) e anche privati cittadini.

### **Un fenomeno curioso**

Utilizzando tale attrezzatura si provi a ricevere un'emittente che trasmette sia attraverso i ripetitori terrestri sia attraverso il satellite; la RAI TV diffonde RAIUNO e RAIDUE in questo duplice modo, con il satellite Eutelsat II F2. Occorrono due televisori affiancati, uno collegato all'antenna che riceve il segnale dal ripetitore, l'altro all'antenna parabolica che riceve il segnale trasmesso dal satellite. Si noterà che le immagini compaiono sui due schermi con un lieve, ma ben osservabile, ritardo l'una rispetto all'altra: dapprima quella del televisore collegato ai ripetitori, poi l'altra. L'effetto è particolarmente evidente nel caso di scene con rapidi movimenti, come nel corso di una gara sportiva: in una discesa con gli sci può capitare di osservare in uno schermo uno sciatore che sta per affrontare una porta, e nell'altro è già in uscita (foto 1). Anche il suono presenta effetti dovuti al ritardo, come un'eco o un rimbombo.

La spiegazione di tali effetti è facilmente individuabile: il segnale che la RAI inoltra da Roma percorre, attraverso i ripetitori terrestri, al più un migliaio di chilometri per raggiungere le case degli italiani; invece il segnale che, partito contemporaneamente all'altro, passa attraverso il satellite, per-

corre circa settantamila chilometri: i satelliti per telecomunicazioni, come è noto, sono collocati in orbita geostazionaria, con raggio di circa 42000 km, per cui sono a circa 36000 km di altezza dal suolo, sull'Equatore.

Conoscendo la velocità della luce, si può stimare il ritardo temporale tra i due segnali, che risulta essere circa un quarto di secondo.

### **Una prima misura**

Un modo semplice per misurare tale ritardo consiste nell'effettuare fotografie, con i due televisori affiancati, durante quelle trasmissioni, per lo più di argomento sportivo, durante le quali appaia in sovrapposizione un cronometro in azione. Sulla foto restano registrate due immagini, provenienti dai due schermi, leggermente diverse fra loro perché corrispondenti a tempi diversi, in cui si leggeranno i cronometri che indicano tempi diversi (foto 1 e 2). Le trasmissioni sportive in cui normalmente vengono sovrapposti cronometri sono quelle riguardanti gare di discesa con gli sci o alcune specialità di atletica. Purtroppo i tempi visualizzati sugli schermi di solito indicano al massimo il decimo di secondo; solo al termine della gara vengono mostrati i tempi fino al centesimo di secondo, ma a cronometro fermo.

Possono adattarsi allo scopo anche trasmissioni in cui non appare il cronometro, ma ci siano dei rapidi cambi di scena, come è testimoniato dalla foto n. 3.

Ho scattato varie decine di foto nel corso di una gara di sci (slalom femminile, valido per la Coppa del mondo di sci, svoltosi a Lech Am Artberg, in Austria, il 1 dicembre 1991, e trasmesso in diretta da RAIUNO). In tutte le immagini ottenute i cro-

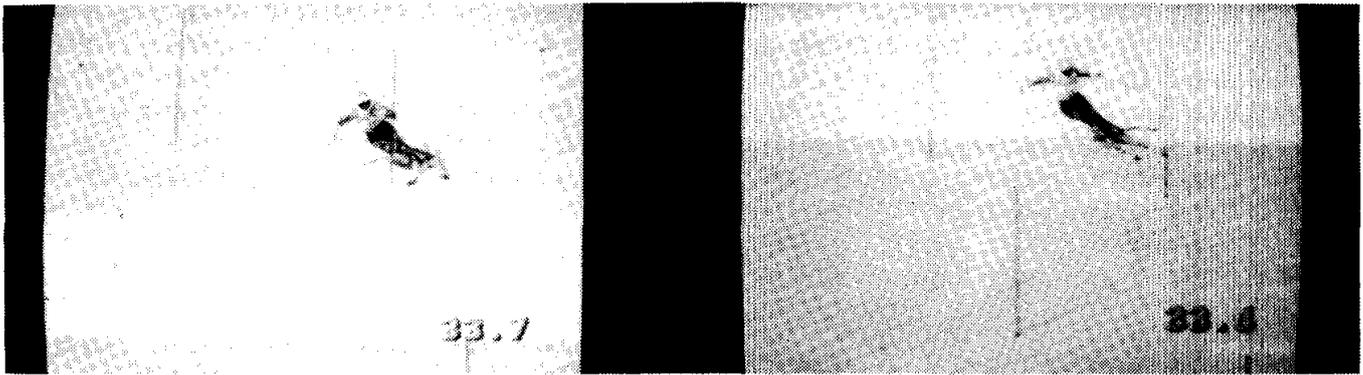


Foto 1 - L'immagine a destra proviene dal televisore collegato al ripetitore TV, quella a sinistra dall'apparecchio che riceve il segnale dal satellite; nella prima lo sciatore deve ancora affrontare la porta, nella seconda è in piena rotazione; si noti la differenza di tempo, tre decimi di secondo, tra i due cronometri. (pellicola Kodacolor 100 ASA, tempo di esposizione 1/30, diaframma 2).

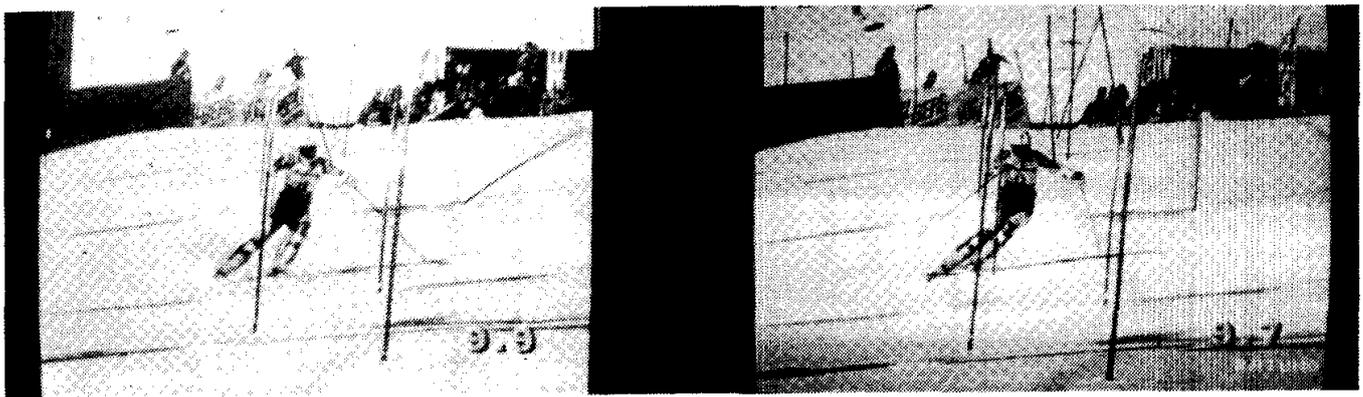


Foto 2 - Stesse caratteristiche della foto precedente; i tempi segnati dai cronometri differiscono di due decimi di secondo.



Foto 3 - In questa foto non appaiono cronometri, ma il rapido cambio nella scena rende le due immagini sufficientemente diverse per consentire ugualmente di misurare il tempo di ritardo.

nometri segnano tempi diversi di due o tre decimi di secondo (foto 1 e 2).

Questa informazione permette di stabilire un limite inferiore e un limite superiore per la distanza percorsa dal segnale:

$$s = c t = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times 0,2 \text{ s} = 6 \times 10^7 \text{ m}$$

$$s = c t = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times 0,3 \text{ s} = 9 \times 10^7 \text{ m}$$

### Una misura più precisa

Si può migliorare il risultato ricorrendo a un metodo che abbina l'analisi delle foto alla registrazione video della trasmissione, ricevuta indifferentemente dal satellite o dal ripetitore terrestre. Il metodo consiste nel contare il numero di immagini (quadri o frame) che separano, sul nastro VHS, le due immagini riprese contemporaneamente nella

stessa fotografia. La foto serve a identificare i due fotogrammi che segnano l'inizio e la fine dell'intervallo di tempo da misurare. Occorre un videoregistratore che consenta la proiezione del nastro con avanzamento un quadro alla volta.

Operativamente si procede in questo modo. Si sceglie una foto con due immagini dello schermo ben distinte e diverse fra loro: le trasmissioni sportive sono adatte allo scopo perché nell'arco di un paio di decimi di secondo uno sciatore o un atleta percorrono vari metri. Si osserva la registrazione video della trasmissione ricercando le immagini impresse nella fotografia; per prima si incontra quella corrispondente alla foto dello schermo collegato ai ripetitori a terra. Individuata la prima, si fa avanzare il nastro, un quadro alla volta, contando il numero di fotogrammi che intercorrono fino alla seconda immagine impressa sulla foto, quella proveniente dal satellite. Il procedimento è illustrato nella figura 1.

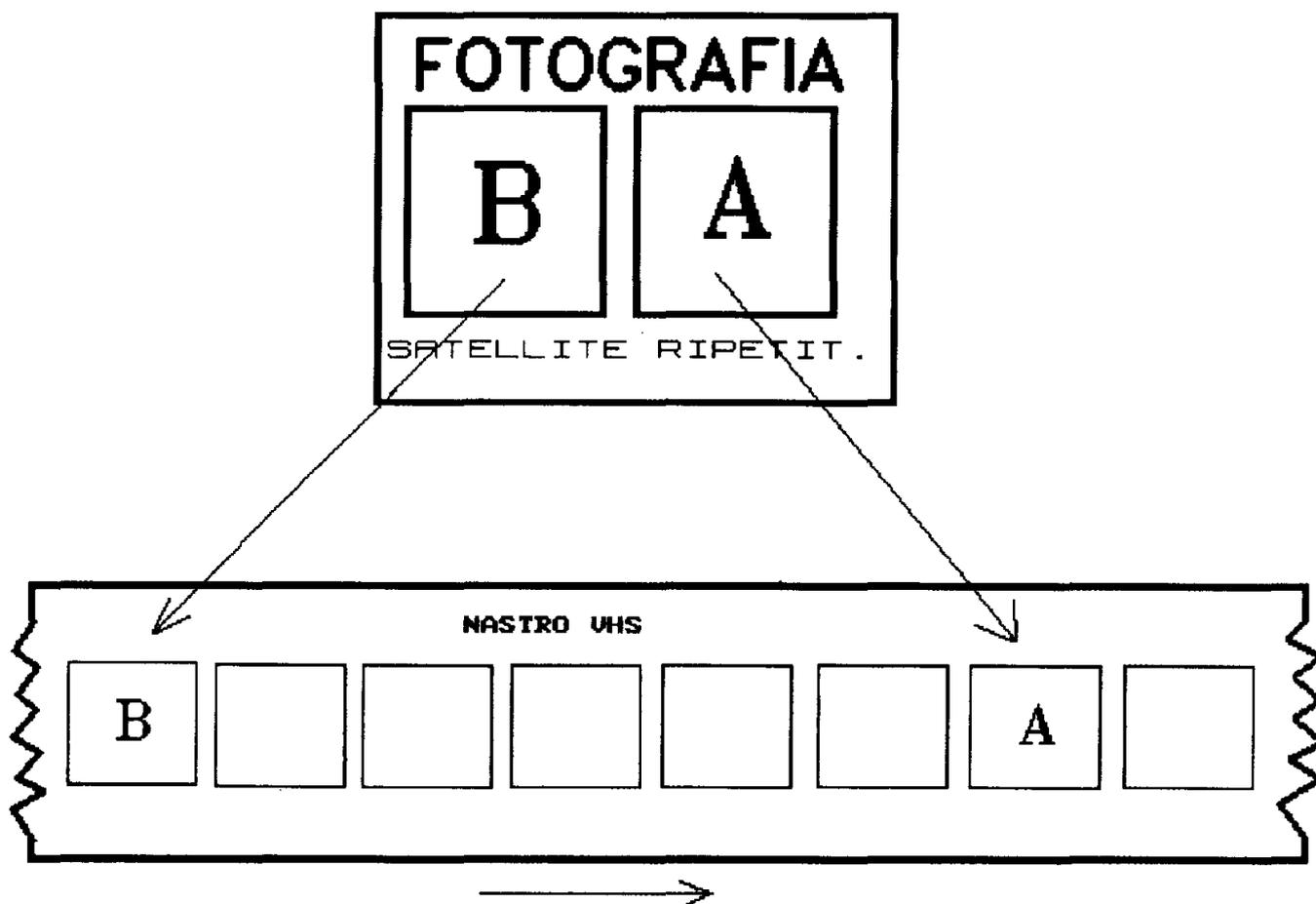


Fig. 1 - Lo schema illustra il procedimento di conteggio usato per migliorare la risoluzione temporale. Nella foto appaiono due immagini, indicate con A e B, provenienti rispettivamente dal ripetitore terrestre e dal satellite; le stesse due immagini vengono ricercate sul nastro VHS, procedendo fotogramma per fotogramma.

Ho effettuato questo controllo su decine di foto della ripresa citata, ottenendo sempre un intervallo di sei quadri. Lo standard video europeo prevede la trasmissione di 25 quadri al secondo, per cui l'intervallo di tempo che intercorre tra un fotogramma e l'altro è di 4 centesimi di secondo. Un controllo di questo dato è facilmente eseguibile: osservando il cronometro che compare sullo schermo durante la gara, e avanzando un quadro alla volta, si contano sempre 25 scatti ogni secondo che passa.

Con questo metodo si è dunque ricavato:

$$s = c t = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times (0,04 \text{ s} \times 6) \\ = 7,2 \times 10^7 \text{ m}$$

Poiché la distanza viene coperta dal segnale per

giungere al satellite e ritornare a terra, l'altezza del satellite è la metà, cioè:

$$h = 3,6 \times 10^7 \text{ m}$$

Il metodo utilizzato non consente di migliorare la risoluzione oltre i quattro centesimi di secondo, per cui è perfettamente legittimo trascurare il tempo impiegato dal segnale a raggiungere il televisore attraverso i ripetitori terrestri e il fatto che il satellite non sia sopra la verticale né dell'emittente né del ricevente.

### Ringraziamenti

Ringrazio il signor Cristiano Portaluri che ha gentilmente messo a disposizione le sue attrezzature di ricezione da satellite e il prof. Maurizio Francesio con cui ho osservato l'effetto la prima volta e impostato un metodo di misura.

## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI URBINO

### Corso di perfezionamento in

### “Catalogazione e tecnica del restauro di strumenti scientifici del XVIII e XIX secolo”

Presso la Facoltà di Farmacia dell'Università degli Studi di Urbino è attivato nell'anno accademico 1992/93 il corso di perfezionamento in “Catalogazione e tecnica del restauro di strumenti scientifici del XVIII e XIX secolo”.

Il corso riguarderà i seguenti insegnamenti: 1) Lineamenti propedeutici di Fisica e di storia della Fisica - 2) Fisica e chimica dei metalli - 3) I metalli nella strumentazione scientifica - 4) Restauro dei metalli - 5) Catalogazione ed ipermedia - 6) Museografia - 7) Laboratorio per il restauro dei metalli.

Il corso comprenderà 100 ore di lezioni ed esercitazioni, di cui 80 svolte in Urbino e 20, sotto forma di ciclo applicativo per piccoli gruppi di studenti, presso laboratori nazionali in cui si svolgono restauri di strumenti antichi. Il corso si terrà nel mese di maggio; il calendario delle lezioni è a disposizione degli interessati presso la Segreteria indicata in fondo al presente bando.

Il titolo di studio richiesto è la laurea; è ammessa la partecipazione in qualità di uditori ai diplomati di scuola media superiore in numero non superiore a dieci unità. La frequenza è obbligatoria. Il concorso per l'ammissione sarà per titoli (voto di laurea o di diploma, pubblicazioni, titoli professionali); per i laureati costituirà titolo preferenziale la laurea in discipline scientifiche ed in particolare in Fisica, per i diplomati, il diploma ad orientamento tecnico-scientifico. Il corso si terrà se si raggiunge un numero minimo di 10 iscritti tra laureati e diplomati (uditori) e per un numero massimo di 20. Per poter partecipare al concorso per l'ammissione, i candidati devono far pervenire **entro e non oltre l'8 Aprile 1993** i seguenti documenti: 1) domanda di ammissione, redatta in carta semplice, indirizzata al Magnifico Rettore dell'Università di Urbino (via Saffi, 2) specificando se rivolta ad ottenere l'iscrizione normale o come uditore; 2) certificato di laurea (o di diploma) in carta semplice con l'indicazione del voto di laurea (o di diploma); 3) ogni altro titolo ritenuto utile ai fini della graduatoria.

La domanda si considererà prodotta in tempo utile anche se spedita a mezzo raccomandata entro il termine indicato; a tal fine farà fede il timbro a data dell'Ufficio Postale accettante.

I candidati ammessi al corso, ai quali verrà data tempestiva documentazione, dovranno far pervenire entro la data stabilita nella lettera di comunicazione di ammissione al corso, domanda di iscrizione (in carta legale da L. 15.000) indirizzata al Magnifico Rettore dell'Università di Urbino. Alla domanda dovranno essere allegati: - certificato di laurea (o diploma) in carta legale da L. 15.000; - quietanza di versamento dell'intera quota di iscrizione di L. 500.000 (cinquecentomila) da effettuare presso la Tesoreria dell'Università, Cassa di Risparmio di Pesaro - Filiale di Urbino, o eccezionalmente tramite modulo di C/C postale N. 170613 intestato a Tesoreria dell'Università dell'Università presso Cassa di Risparmio di Pesaro, Filiale di Urbino; dovrà essere in ogni caso specificata chiaramente quale causale del versamento l'iscrizione al corso di perfezionamento di cui al presente bando.

La cifra di iscrizione è comprensiva delle spese di materiale didattico e della copertura assicurativa per l'intera durata del corso. Al termine del corso, su richiesta degli interessati, sarà rilasciato attestato di frequenza a chi avrà frequentato più dei 4/5 delle lezioni ed avrà svolto le prove di applicazione presso uno dei laboratori scelti per gli stages applicativi.

Per informazioni: Segreteria studenti, via Saffi 2 (Urbino) tel. (0722) 305226/305250.

Urbino, 1 febbraio 1993

Il Direttore Amministrativo, Gianfranco Rossi

Il Rettore, Carlo Bo

Il Direttore del Corso, Flavio Vetranò