

## ARCHEOLOGIA E OPEN SOURCE, IL PROSSIMO PASSO: COSTRUIRE E SVILUPPARE PROGETTI HARDWARE

### 1. LE PREMESSE

Negli ultimi anni la nostra società (Arc-Team s.n.c.) si è impegnata nella ricerca legata all'applicazione di software libero in archeologia (BEZZI *et al.* 2004). I buoni risultati raggiunti sinora, grazie soprattutto alle prestazioni altamente performanti dei programmi aperti, ci hanno permesso di soddisfare gran parte delle nostre esigenze professionali. A questo bilancio positivo, da un punto di vista strettamente funzionale, vanno aggiunte le incoraggianti prospettive future, legate in gran parte alla rapida ed esponenziale evoluzione di questo tipo di software.

Allo stato attuale siamo dunque in grado di soddisfare la maggior parte delle esigenze informatiche che un moderno scavo archeologico richiede, mantenendo un livello assolutamente competitivo rispetto alle possibilità offerte dalle alternative a “codice chiuso”. L'utilizzo di ArcheOS (BEZZI *et al.* 2005) ci permette, ad esempio, di affrontare in maniera efficace l'elaborazione, la gestione e la divulgazione dei dati raccolti.

Nonostante queste premesse positive, riteniamo che sussistano ancora dei problemi nel nostro *modus operandi*. Problemi legati soprattutto all'acquisizione di dati, un campo in cui, date le moderne tecnologie a disposizione, esistono notevoli margini di miglioramento per quanto riguarda la quantità, la qualità e la velocità di registrazione delle informazioni.

Questa situazione ci ha spinto, nel corso del 2008, da una parte a continuare la nostra linea di ricerca improntata su progetti a codice aperto, dall'altra a considerare la possibilità di risolvere alcuni di questi problemi non tanto attraverso soluzioni software, ma aprendo i nostri orizzonti al campo dell'hardware.

Naturale sbocco di queste considerazioni è stata la scelta di fare un ulteriore passo nel mondo dell'open source e di sperimentare alcune possibili soluzioni di hardware aperto.

Nei capitoli seguenti descriveremo quindi la nostra esperienza nel tentare di risolvere uno di questi problemi di acquisizione dati (legato alla fotografia aerea) tramite la costruzione di un progetto hardware open source e nello specifico di uno UAVP (Universal Aerial Video Platform).

### 2. L'ARCHEOLOGIA AEREA

Come già accennato in premessa, uno dei principali problemi da noi riscontrati nell'acquisizione di dati è legato all'archeologia aerea e, più nello specifico, riguarda la possibilità di ottenere buone foto aeree sia nell'ambito

di una documentazione di scavo (intra-sito), sia in ambiti territoriali più ampi, come possono richiedere ad esempio progetto di survey o di fotointerpretazione (extra-sito).

Ovviamente questa seconda esigenza esclude le soluzioni che prevedono l'utilizzo di bracci meccanici o impalcature mobili, visto la non elevata altezza che consentono di raggiungere e la scarsa mobilità di questo tipo di macchinari.

La nostra ricerca si è quindi orientata sin dall'inizio sulla costruzione di un dispositivo volante in grado di scattare fotografie da altezze anche elevate e nello stesso tempo di garantire una facilità di manovra ed una autonomia sufficiente ad affrontare porzioni di territorio anche considerevoli.

Le possibili soluzioni, dettate dalle nostre esigenze, si sono ridotte a questo punto a tre opzioni:

- un dispositivo tipo aquilone (volo tramite sfruttamento del vento);
- un dispositivo del tipo aerostato (pallone aerostatico oppure dirigibile, con volo per sostentazione statica);
- un drone volante del tipo UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*<sup>1</sup>).

In seguito ad una veloce analisi delle tre possibilità sopraelencate, abbiamo deciso di scartare le prime due. Infatti il volo tramite sfruttamento del vento, sebbene permetta un buon posizionamento sull'obiettivo (soprattutto tramite l'utilizzo di aquiloni statici), non si adatta alle differenti situazioni che uno scavo archeologico può comportare. Particolarmente difficile (se non impossibile) risulterebbe ad esempio il volo indoor<sup>2</sup> (come potrebbe richiedere una documentazione intra-sito in un ambiente chiuso, quale una chiesa o un palazzo).

Nel secondo caso, invece, sia un pallone aerostatico, sia un dirigibile sarebbero influenzati dalle condizioni atmosferiche più di altri velivoli, penalizzando un loro uso esterno (sebbene vi sia la possibilità di ancorarli e guidarli da terra tramite delle funi).

In definitiva le prime due soluzioni sarebbero troppo legate alla presenza/assenza di vento per un loro utilizzo costante durante uno scavo e non garantirebbero quella facilità di manovra e quella versatilità per noi indispensabile nell'affrontare realtà lavorative tanto diverse.

In base alle nostre necessità, dunque, la possibilità di costruire un drone volante teleguidato del tipo UAV sembrava delinearci come l'opzione più promettente. Rimaneva ora il problema di trovare un buon progetto open source che riguardasse la costruzione di un apparecchio all'apparenza tanto complicato.

<sup>1</sup> Cioè un veicolo aereo privo di pilota.

<sup>2</sup> Anche considerando la possibilità di creare un vento artificiale trainando il velivolo.

### 3. I DRONI OPEN SOURCE

Dopo un'accurata ricerca in internet sui possibili progetti aperti di apparecchi UAV, abbiamo ristretto il campo a due prototipi principali: il Paparazzi Project e lo UAVP.

Il primo progetto si propone di sviluppare hardware e software per la creazione di droni UAV di vario genere, mentre il secondo si concentra in maniera più specifica sulla realizzazione di un modello di "elicottero quadricottero"<sup>3</sup>. In entrambi i casi, comunque, sia il software che l'hardware necessari sono rilasciati attraverso licenze open source (GPL).

Tanto il Paparazzi Project, quanto l'UAVP presentavano quindi le caratteristiche capaci di soddisfare le nostre esigenze: entrambi prevedono la realizzazione di uno UAV ed entrambi sono da considerarsi velivoli open source.

Da un punto di vista teorico non vi erano dunque particolari motivi per scegliere un modello rispetto all'altro, anche se il Paparazzi project avrebbe lasciato maggior libertà riguardo alla tipologia del drone da costruire. Da un punto di vista pratico, però, la sperimentazione di un velivolo del tipo UAVP presentava il vantaggio di concentrarsi sin dall'inizio nella costruzione di un quadricottero, cioè del velivolo che secondo le nostre aspettative offriva una maggiore adattabilità alle diverse realtà delle possibili applicazioni archeologiche.

Infatti il Paparazzi Project, non essendo orientato su un particolare tipo di drone, non rilascia specifiche precise sulla componente meccanica ed è sinora utilizzato nella maggior parte dei casi su modelli di aerei o elicotteri, più adatti al survey o alla fotointerpretazione che alla documentazione archeologica intra-sito<sup>4</sup>. Al contrario il progetto UAVP è strettamente legato alla tipologia del quadricottero, un drone particolarmente stabile ed in grado di mantenere un volo stazionario su un punto, caratteristica fondamentale per la documentazione di piccole aree.

Per questo motivo, e per la sua grande versatilità, abbiamo infine scelto di sperimentare uno UAVP<sup>5</sup> (Fig. 1).

### 4. LA COSTRUZIONE DELL'UAVP

Analizzando la complessità di questo genere di progetti (la costruzione di hardware open source), bisogna premettere che sono richieste conoscenze specifiche di vario tipo, che normalmente non fanno parte del bagaglio culturale di un archeologo (anche se esperto di informatica).

<sup>3</sup> D'ora in avanti nel testo: quadricottero (neologismo che sta attualmente entrando in uso per descrivere questo genere di droni aerei).

<sup>4</sup> Ultimamente il Paparazzi Project viene utilizzato anche su droni del tipo quadricottero.

<sup>5</sup> Attualmente il progetto è evoluto nel nuovo NG-UAVP.



Fig. 1 – Il prototipo UAVP.



Fig. 2 – Wolfgang Mahringer al lavoro sull'UAVP.

Per questo motivo, durante la costruzione del nostro modello di UAVP, ci siamo avvalsi della collaborazione di Sergio Tondini (esperto in modellistica), di Mauro Martinelli (esperto di elettronica) e del prezioso aiuto di Wolfgang Mahringer, uno degli sviluppatori principali del progetto (Fig. 2).

Nello specifico, l'assemblaggio della parte meccanica del quadricottero (il frame) non ha presentato particolari difficoltà, mentre più complessa si

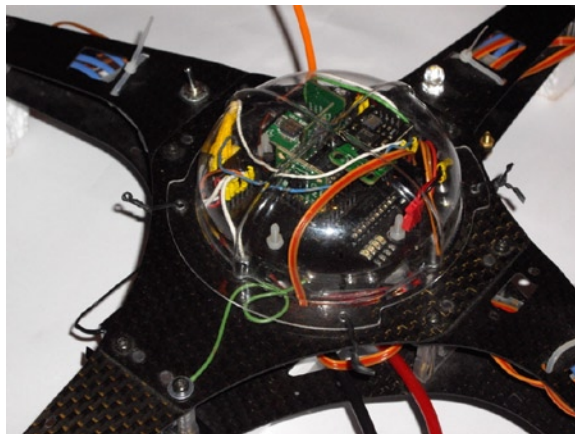


Fig. 3 – Un dettaglio della componente elettronica.

è rivelata la componente elettronica (per la quale bisognerebbe avere una minima competenza nel saldare i circuiti ed una certa confidenza con concetti quali scheda madre, processore, etc.). Gli elementi base sono comunque limitati (molti sono opzionali) ed è possibile acquistare alcune componenti elettroniche a montaggio superficiale pre-assemblate (SMD Surface Mounting Devices), come la scheda madre già popolata (Fig. 3).

Anche la programmazione del velivolo può presentare alcune difficoltà e l'aiuto di un esperto può accelerare di gran lunga i tempi. Allo stesso modo non va sottovalutata, soprattutto durante le prime fasi di realizzazione, la tempistica legata all'acquisizione delle conoscenze necessarie per la guida di un quadricottero, per molti versi differente da quella di altri droni volanti.

Nel nostro caso la meccanica del prototipo finale è composta da un frame in fibra di carbonio e da una culla per la macchina fotografica, corredata da un servomotore aggiuntivo per il suo orientamento. L'elettronica è invece limitata, oltre agli elementi essenziali (tra cui la scheda madre, tre giroscopi, un processore, etc.), ad un accelerometro e ad una bussola digitale. Al momento non abbiamo invece aggiunto un ricevitore GPS, anche se questa possibilità rappresenta una delle più probabili implementazioni future.

## 5. IL DISPOSITIVO DI TELERILEVAMENTO

Ovviamente, essendo il nostro prototipo orientato all'utilizzo nel campo archeologico, una parte fondamentale è rappresentata dal sistema di telerilevamento. Come già anticipato, si tratta di una culla a supporto di una fotocamera digitale compatta. L'aggiunta di un servomotore permette



Fig. 4 – Il dispositivo di telerilevamento.

di orientare la camera sull'asse  $z$ , mentre per l'asse  $x$  e  $y$  si può sfruttare la rotazione del velivolo (Fig. 4).

Un sistema del genere può essere gestito da terra tramite un normale radiocomando a otto canali: sei canali servono per la guida del drone (alto, basso, destra, sinistra, avanti, dietro), il settimo per l'orientamento della camera (sull'asse  $z$ ), mentre all'ottavo è delegato lo scatto. Quest'ultimo dispositivo è reso possibile da un chip (PRISM) direttamente collegato alla fotocamera, che riceve il segnale di scatto via radio (dal radiocomando) e lo converte in un segnale infrarosso, direttamente recepito dalla fotocamera. Tale sistema è reso necessario dal fatto che uno scatto comandato direttamente da un segnale infrarosso sarebbe possibile solo da distanze ravvicinate, mentre un segnale radio garantisce un campo d'azione notevolmente più ampio. Ovviamente, affinché il dispositivo funzioni, è necessario che la fotocamera utilizzata preveda la possibilità di scatto tramite impulso infrarosso.

Fondamentale è anche un sistema di controllo da terra, per verificare la corretta inquadratura dell'oggetto da fotografare. La soluzione da noi adottata si compone di una microcamera wireless da applicare in prossimità della fotocamera e da un monitor a terra, che permette di visualizzare in tempo reale, con una buona approssimazione, il campo visivo della fotocamera stessa.

## 6. I PRIMI TEST DI VOLO

Una volta terminata la costruzione dell'UAVP, siamo passati alla fase di test. Grazie all'aiuto di Wolfgang Mahringer abbiamo potuto sperimentare l'effettiva stabilità di volo e la manovrabilità del velivolo. I risultati di questo

primo test di volo sono stati assolutamente positivi e per molti versi hanno superato le nostre stesse aspettative<sup>6</sup>.

La stabilità in particolare si è rivelata assolutamente soddisfacente. Il velivolo è effettivamente in grado di mantenere un volo stazionario su un punto, premessa sicuramente incoraggiante per un suo futuro impiego in documentazioni archeologiche intra-sito; anche la manovrabilità del drone è molto elevata e sicuramente rende possibile un utilizzo indoor del prototipo.

Va sottolineato però che entrambi questi aspetti sono direttamente legati all'abilità del pilota, pertanto sono necessarie svariate ore di esercizio prima di essere in grado di manovrare in maniera sicura l'UAVP. Durante questa fase di "addestramento" ci si può comunque avvalere di simulatori al computer collegabili direttamente al radiocomando.

## 7. LE POSSIBILI APPLICAZIONI

Come già anticipato, l'obiettivo che ci siamo posti sin dall'inizio è quello di sperimentare le possibili applicazioni di un drone volante in archeologia, allo scopo di migliorare la nostra metodologia nell'acquisizione dei dati.

Allo stato attuale siamo riusciti a costruire un prototipo di UAVP funzionante, corredandolo con un sistema per il telerilevamento fotografico che permette una visione in tempo reale dell'area da analizzare e/o documentare.

In base ai primi voli effettuati, il drone ha dimostrato buone potenzialità grazie alla sua elevata stabilità di volo e alla sua manovrabilità.

A questo punto la nostra sperimentazione prevede una fase di test direttamente sul campo, per verificare che le ottime premesse dimostrate si possano concretizzare nell'effettivo utilizzo del drone in ambito lavorativo. Queste verifiche (attualmente in atto) stanno cercando di coprire il maggior numero di applicazioni archeologiche, per testare la versatilità di uno strumento come l'UAVP.

Stiamo quindi considerando i progetti che prevedono un'analisi di ampi territori, come il survey, la fotointerpretazione e la documentazione extra-sito. In questo modo si possono valutare la tenuta delle batterie (a cui è strettamente legata l'autonomia di volo) e le capacità di mobilità del dispositivo di rilevamento sull'asse z (soprattutto per la fotointerpretazione). Sempre nell'ambito di un impiego extra-sito dell'UAVP, stiamo vagliando la possibilità di implementare il prototipo con un sistema di guida automatica, anche tramite l'utilizzo di un ricevitore GPS integrato con la scheda madre dell'UAVP.

Allo stesso tempo stiamo testando le capacità del velivolo di operare in contesti più ristretti, come quelli legati ad una documentazione intra-sito

<sup>6</sup> I risultati del primo test di volo sono osservabili nel filmato visualizzabile al seguente indirizzo: [http://www.arc-team.com/wiki/doku.php?id=open\\_hardware](http://www.arc-team.com/wiki/doku.php?id=open_hardware).

sia archeologica che architettonica. In questo modo abbiamo la possibilità di sperimentare in maniera più accurata la manovrabilità del drone in contesti indoor (chiese, palazzi, monumenti), nonché la versatilità del dispositivo di telerilevamento nell'operare in orizzontale (per la mappatura di realtà archeologiche in piano) e soprattutto in verticale (per la documentazione di alzati architettonici).

Gli ultimi test saranno invece riservati alla capacità dell'UAVP di agire in contesti di difficile accesso, come in ambienti legati all'archeologia della prima guerra mondiale in alta montagna, oppure in siti castellari particolari, quali possono essere quelli che rimandano alla tipologia dei "covoli" o dei castelli "in corona" (cioè strutture fortificate costruite in anfratti nella roccia o direttamente in grotta, in zone naturalmente difendibili e difficilmente raggiungibili).

Nel caso di responsi positivi in tutti queste applicazioni, l'UAVP si dimostrerebbe uno strumento in grado di aggirare i più comuni problemi da noi riscontrati nell'archeologia aerea. Ad esempio un drone di questo tipo non comporterebbe particolari difficoltà logistiche (il modello occupa poco spazio, è facilmente trasportabile e non necessita di un complesso supporto a terra). Inoltre risolverebbe problemi di sicurezza nei casi in cui ci si troverebbe ad operare in situazioni difficili e precarie (come spesso accade nella documentazione di alzati). Sempre nel campo della documentazione architettonica consentirebbe di ottenere foto senza eccessive distorsioni, grazie alla sua capacità di posizionarsi stabilmente nel punto ottimale per lo scatto. Quest'ultima caratteristica sarebbe preziosa anche nelle aree di difficile accesso, consentendo la documentazione di strutture normalmente non raggiungibili.

Attualmente stiamo verificando le capacità dell'UAVP nei cantieri archeologici, ottenendo buone prestazioni.

## 8. UNA PIATTAFORMA "APERTA" PER L'ARCHEOLOGIA AEREA

Il risultato principale sinora raggiunto (in base ai test effettuati) è stato quello di realizzare una piattaforma aperta per l'archeologia aerea e questo grazie soprattutto all'interazione del prototipo UAVP con il sistema operativo ArcheOS.

Questa integrazione di due componenti aperte (hardware e software) ha permesso, ad esempio, di migliorare la nostra metodologia nella delicata fase di raccolta dei dati, influenzando positivamente su tutto il workflow (flusso di lavoro) successivo.

In particolare la relativa semplicità e rapidità con cui siamo ora in grado di ottenere buone foto zenitali ha sensibilmente migliorato il sistema da noi adottato nel creare fotomosaici georeferenziati ("metodo Aramus"<sup>7</sup>,

<sup>7</sup> Per una descrizione dettagliata del metodo si rimanda al sito: [http://wiki.uibk.ac.at/confluence/display/excavationtutor/creazione\\_fotomosaici/](http://wiki.uibk.ac.at/confluence/display/excavationtutor/creazione_fotomosaici/).



BEZZI, BEZZI, GIETL 2007; ALLINGER-CSOLLICH *et al.* 2007), che prevede l'utilizzo combinato di alcuni software presenti in ArcheOS (Kate, GRASS, e-foto, GIMP). I maggiori vantaggi a questo riguardo sono essenzialmente tre: la miglior qualità delle foto (scattate con una angolazione ottimale, in grado di ridurre le possibili distorsioni), la possibilità di variare facilmente l'altezza della ripresa fotografica e la velocità nell'eseguire l'intero processo di acquisizione dati (soprattutto quando l'area da documentare è particolarmente estesa).

Un altro vantaggio di questa piattaforma “aperta” è quello di poter integrare il sistema con componenti aggiuntive. È il caso ad esempio del dispositivo di telerilevamento che abbiamo installato sul modello, mediante il quale stiamo ottenendo buoni risultati nel campo della fotointerpretazione e della documentazione architettonica.

In sostanza tutti i possibili sviluppi futuri del prototipo da noi costruito sono positivamente influenzati dal suo essere a “codice aperto” e dalle quattro libertà fondamentali che la licenza GPL (con cui è rilasciato il progetto) garantisce:

- la libertà di eseguire il programma/utilizzare l'hardware per qualsiasi scopo;
- libertà di studiare il programma/l'hardware e modificarlo;
- libertà di copiare il programma/l'hardware in modo da aiutare il prossimo;
- libertà di migliorare il programma/l'hardware e di distribuirne pubblicamente i miglioramenti, in modo tale che tutta la comunità ne tragga beneficio.

## 9. SVILUPPI FUTURI

Come abbiamo visto, i vantaggi di un progetto “open hardware” come l'UAVP sono paragonabili a quelli che si riscontrano nell'utilizzo del software aperto. Tra questi uno dei più importanti è il fatto di poter modificare e sviluppare ulteriormente il progetto anche grazie alla collaborazione con la comunità di utenti/sviluppatori che necessariamente si viene a creare.

Questa caratteristica si traduce in un valore aggiunto per l'UAVP. Infatti, se da un lato questo prototipo rappresenta attualmente la risposta ottimale alle nostre esigenze professionali, è anche vero che è già possibile individuare alcune migliorie da apportare, in parte già previste dagli sviluppatori del progetto. È il caso del già citato ricevitore GPS, che sarebbe possibile integrare nella componente elettronica del modello.

Inoltre il rapido sviluppo dei droni volanti open source permette un continuo confronto con i progetti paralleli, quali il Paparazzi Project e il nuovo NG – UAVP, e non esclude la possibilità di una parziale integrazione tra queste realtà.

Dal nostro punto di vista, infine, avendo finalmente superato l'ostacolo rappresentato dalla mancanza di un buona piattaforma per il telerilevamento,

possiamo riattivare alcuni settori di ricerca che avevamo recentemente “congelato”. Un esempio è quello relativo ai software liberi di stereo-restituzione fotogrammetrica. Infatti, disponendo di buone foto aeree tramite un sistema collaudato ed affidabile, la documentazione in tre dimensioni tramite fotogrammetria potrebbe diventare una possibilità applicabile anche agli scavi di emergenza, notoriamente limitati in termini di tempo. Parallelamente stiamo attualmente verificando la fattibilità di un’implementazione dell’UAVP con un dispositivo hardware di rilievo tridimensionale. Quest’ultima ricerca è però ancora in una fase embrionale e attualmente è concentrata sulla scelta della tecnologia migliore. Anche in questo caso però è possibile sfruttare appieno le potenzialità dei progetti a codice aperto, considerando l’eventualità di combinare il progetto UAVP a progetti open source riguardanti la scansione tridimensionale tramite luce strutturata<sup>8</sup>.

ALESSANDRO BEZZI, LUCA BEZZI, RUPERT GIETL  
Arc-Team s.n.c./o.h.g.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLINGER-CSOLLIICH W., BEZZI A., BEZZI L., GIETL R., HEINSCH S., KUNTNER W. c.s., *ArcheOS e-learning project*, in *Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Workshop 2 (Genova, Italy 11 May 2007)*, in corso di stampa.
- BEZZI A., BEZZI L., FRANCISCI D., GIETL R. 2004, *Open Source applications in archaeology*. [Online] Arc-Team s.n.c. <http://www.arc-team.com/wiki/doku.php?id=lectures> [accessed 15 April 2009].
- BEZZI A., BEZZI L., FRANCISCI D., GIETL R. 2005, *ArcheOS 1,0 Akhenaton, the first GNU/Linux live distribution for archaeologists*, in *Kulturelles Erbe und neue Technologien. Workshop 10 Archäologie und Computer (Vienna, Austria 7-10 November 2005)*, Museen der Stadt Wien – Urban Archaeology, Vienna (Digital publication).
- BEZZI A., BEZZI L., GIETL R. 2007, *Creazione di fotomosaici [Online] Innsbruck, Austria: Digital Archaeological Documentation Project*. [http://wiki.uibk.ac.at/con-fluence/display/xcavationtutor/creazione\\_fotomosaici/](http://wiki.uibk.ac.at/con-fluence/display/xcavationtutor/creazione_fotomosaici/) [accessed 14 April 2009].

## SITI WEB

- ArcheOS Official Website. 2008. Main Page. [Online] (Updated 3 April 2009): <http://www.arc-team.com/archeos/> [accessed 14 April 2009].
- Digital Archaeological Documentation Official Website. 2007. Main Page. [Online] (Updated 20 Feb 2008): <http://wiki.uibk.ac.at/confluence/display/excavationtutor/Home/> [accessed 15 April 2009].
- Paparazzi Project Official Website, 2006. Main Page [Online] (Updated 12 April 2009): [http://paparazzi.enac.fr/wiki/Main\\_Page/](http://paparazzi.enac.fr/wiki/Main_Page/) [accessed 14 April 2009].

<sup>8</sup> Ad esempio il progetto Splinescan, anche se i nostri test a riguardo non hanno restituito risultati incoraggianti.

NG – UAVP Official Website, 2008. FrontPage – UAVP-NG – The Next Generation multicopter. [Online] (Update 24 March 2009): <http://ng.uavp.ch/moin/NextGeneration/> [accessed 14 April 2009].

UAVP Official Website, 2008. FrontPage – Wolferl – The Open Source Quadrocopter. [Online](Update 24 March 2009): <http://uavp.ch/moin> [accessed 14 April 2009].09).

#### ABSTRACT

After years spent in developing FLOSS we have reached a high quality level in computational archaeology, and therefore, in 2008 we focused our research on OS hardware projects to develop our data acquisition methodology. In this article we present our experiments in building a drone for aerial documentation.

