



Izazov integracije INS-a, GNSS-a i kamere na kopter

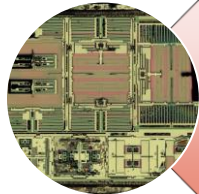
JOSIP GULIN, ANJA BATINA, DOMAGOJ ČOTA

U ZAGREBU, 20. SIJEČNJA 2015.

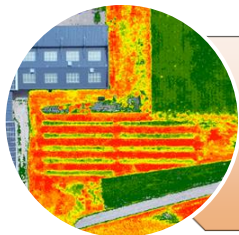
Sadržaj



Osnovne karakteristike kvadkoptera



Senzori: INS, GNSS, kamera



Primjena

Uvod

UAV, UAS

BESPILOTNA LETJELICA - letjelica bez posade koji se može nadzirati na daljinu ili letjeti samostalno uporabom unaprijed programiranog plana leta ili pomoću složenih autonomnih dinamičkih sustava

Bespilotne letjelice

po veličini:

VRLO MALE

MALE

SREDNJE

VELIKE

po modelu:

S FIKSNIM KRILIMA

POMOĆU PROPELERA

Osnovne karakteristike kvadkoptera

Trajanje leta	15' – 30'
Visina leta	do 250 – 300 m
Upravljanje letjelicom	upravljajč / mobitel
Veza za upravljanje	radio veza / Wi-Fi
Propeleri	2 u smjeru kazaljke na satu, 2 suprotno
Brzina leta	do 50 – 60 km/h

Osnovni funkcionalni dijelovi

Kontolor leta 52 €



4 ESC-a 25,6 €



Punjač 19 €



Propeleri 2,5 €



4 motora 52 €



Baterija 20 €



Okvir 14 €



Odašiljač i prijamnik
– 2.4 GHz 48 €



Izvor struje 8 €



4 adaptera za propelere 6 €

Adapter za bateriju 3 €

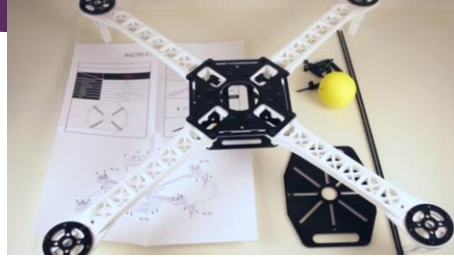
Visoki i niski najlonski umeci 2 €

3.5 mm priključci 2 €

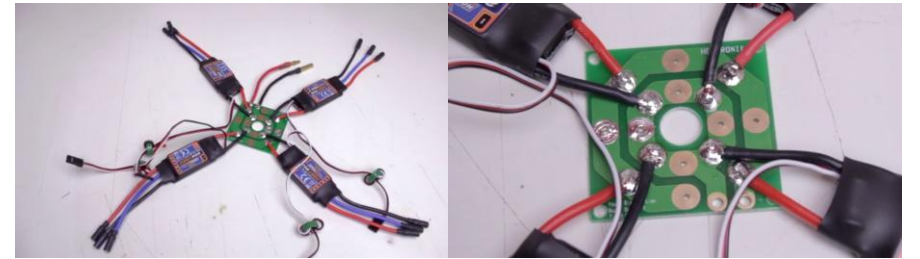
Tiskana pločica 1,7 €

Spajanje funkcionalnih dijelova

1. Spajanje okvira



2. Postavljanje motora i spajanje ESC-a i tiskane pločice



3. Ugradnja elektronike

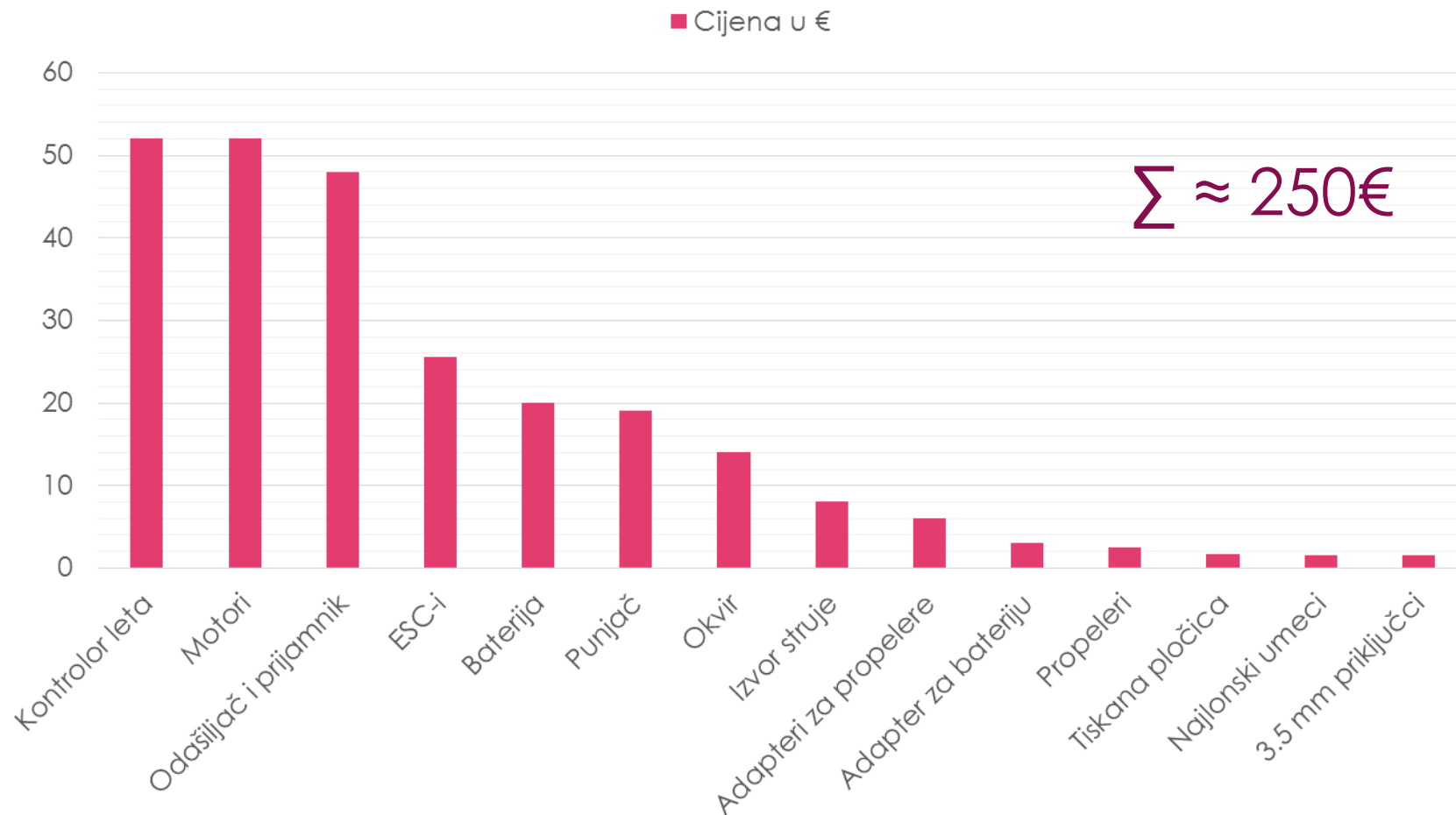


4. Kalibracija odašiljača



5. Ugradnja propelera

Cijene pojedinih dijelova





REZULTAT:

Ekvivalent:

Kvadrkopter, 450 mm x 450 mm, cca 250€



QR X400, 485 mm x 485 mm, cca 325€



Senzori

- ▶ INS podaci



RS232
→

Podaci senzora:
temperatura
žiroskop (x/y/z)
akcelerometar (x/y/z)

- ▶ GNSS podaci



RS232
→
NMEA format

GNSS podaci:
NMEA rečenice → parsiranje
pozicije i prikaz na karti

- ▶ podaci kamere



→

Podaci kamere:
fotografije
videa

- ▶ podaci udaljenosti



RS232
→

Podaci senzora:
udaljenost

Komunikacijske platforme

Croduino Basic

Arduino kompatibilna pločica.

Na sebi ima ugrađen FTDI USB drive, što omogućava komunikaciju s računalom preko USB porta.

Mikrokontroler na pločici je Atmega328 koji ima 14 digitalnih i 8 analognih izlaza/ulaza.



Raspberry Pi

Računalo veličine kreditne kartice.

Sve neophodne komponente smještene su na samoj pločici.

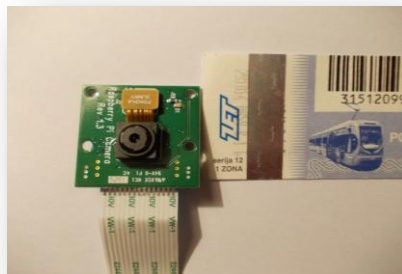
Središnja komponenta je Broadcom BCM2835 system on a chip (SoC), koja se sastoji od procesora ARM1176JZF-S radnog takta od 700 MHz-a, grafičkog procesora VideoCore IV i RAM memorije od 512 Mb.



Kamera: Raspberry Pi

Specifikacije :)

Veličina	25 mm x 20 mm x 9 mm
Težina	3 g
Senzor	OmniVision OV5647
Rezolucija senzora	2592 px x 1944 px (5 Mpx)
Veličina senzora	3.76 mm x 2.74 mm
Žarišna duljina	3.60 mm +/- 0.01 mm
Širina horizontalnog kuta objektiva	53.50° +/- 0.13°
Širina vertikalnog kuta objektiva	41.41° +/- 0.11°
Cijena	251 kn + PDV



Podržani slikovni formati	JPEG, JPEG + RAW, GIF, BMP, PNG, RGB888
Podržani video formati	RAW h.264
Max. broj slika u sekundi	90 fps

Gnss: U-Blox EVK M8N kit

- ▶ namijenjen testiranju u-Blox čipova za pozicioniranje
- ▶ sastoji se od:
 - ▶ USB porta za povezivanje s računalom
 - ▶ 14 pinskog sučelja za olakšan pristup specifičnim funkcionalnostima sustava
 - ▶ 9 pinskog D-SUB „ženskog” sučelja za serijsku komunikaciju
 - ▶ prekidača I^2C i SPI komunikacijskog sučelja
 - ▶ LED indikatora
 - ▶ restart prekidača
 - ▶ SMA antenskog konektora



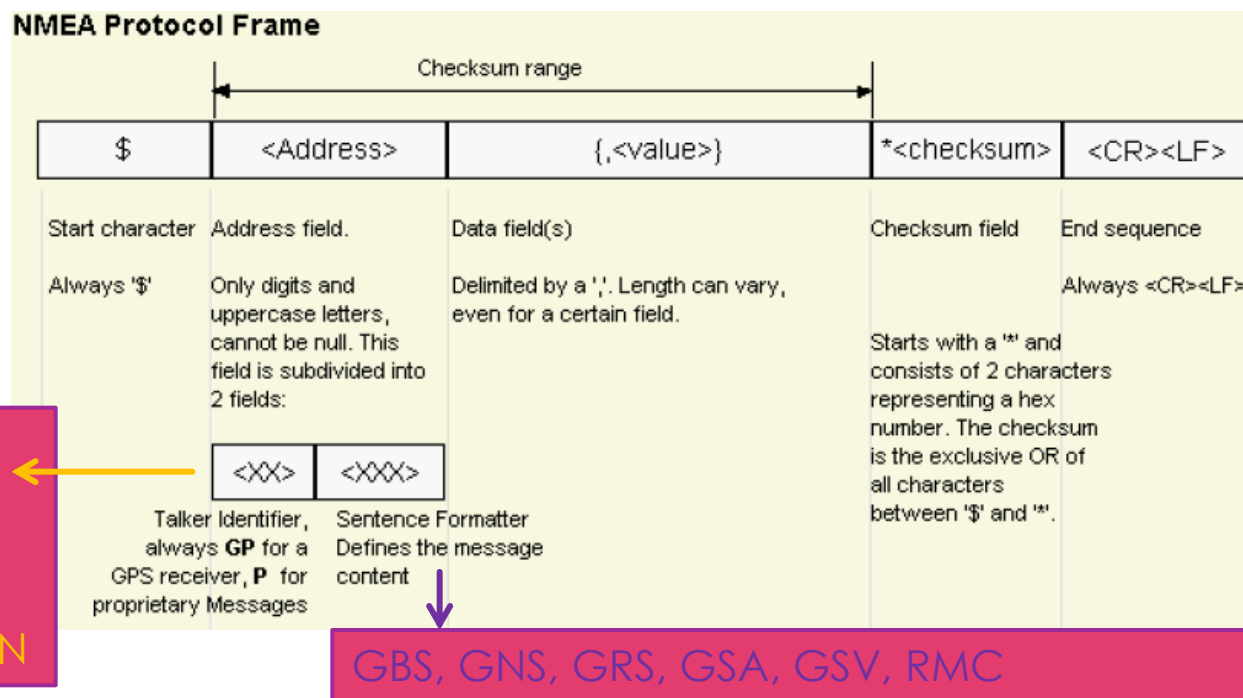
24 pin LCC (Leadless Chip Carrier): 12.2 x 16.0 x 2.4 mm, 1.6 g

Pinout

NEO-M8 Top View			
13	GND	GND	12
14	ANT_ON/Reserved	RE_IN	11
15	Reserved	GND	10
16	Reserved	VCC_RF	9
17	Reserved	RESET_N	8
18	SDA	VDD_USB	7
19	SCL	USB_DP	6
20	TxD	USB_DM	5
21	RxD	EXTINT	4
22	V_BCKP	TIMEPULSE	3
23	VCC	D_SEL	2
24	GND	Reserved	1

Gnss: U-Blox EVK M8N kit

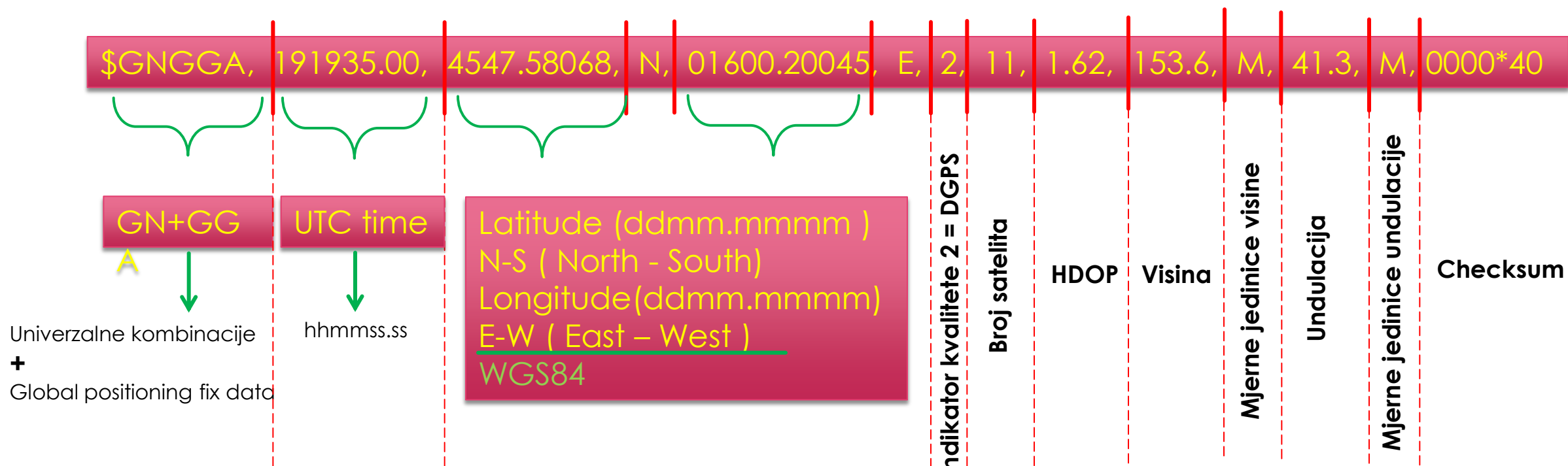
- ▶ U-blox M8N → NMEA format (tempo prikupljanja podataka 1 Hz) → obrada i vizualizacija podataka
- ▶ struktura NMEA rečenica:



GPS, SBAS, QZSS → **GP**
 GLONASS → **GL**
 Galileo → **GA**
 BeiDou → **GB**
 Univerzalne komb. → **GN**

Gnss: U-Blox EVK M8N kit

► Primjer NMEA rečenice:



Gnss: U-Blox EVK M8N kit

► Primjer prikupljenih podataka t = 1s:

Global positioning fix data \$GNGGA,191938.00,4547.58062,N,01600.20027,E,2,11,1.62,153.4,M,41.3,M,,0000*41

GNSS DOP & Active sat. \$GNGSA,A,3,07,28,30,17,19,13,,,,,,,,2.02,1.62,1.21*19

\$GNGSA,A,3,76,84,65,75,85,,,,,,,,2.02,1.62,1.21*1A

GNSS Satelittes in view \$GPGSV,4,1,14,05,40,215,,07,11,071,47,10,04,172,25,13,78,097,49*74

\$GPGSV,4,2,14,15,27,304,,17,06,139,43,19,06,029,41,21,01,314,*74

\$GPGSV,4,3,14,24,01,259,18,26,71,313,,28,67,104,53,30,42,064,45*76

\$GPGSV,4,4,14,33,29,221,,39,37,167,39*72

\$GLGSV,2,1,08,65,32,174,34,66,70,256,28,67,29,325,23,75,38,042,49*68

\$GLGSV,2,2,08,76,71,295,20,77,22,247,18,84,13,031,40,85,12,077,44*68

Lat/Lon & time of fix & status \$GNGLL,4547.58062,N,01600.20027,E,191938.00,A,D*72

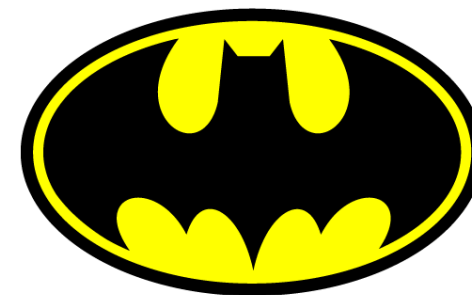
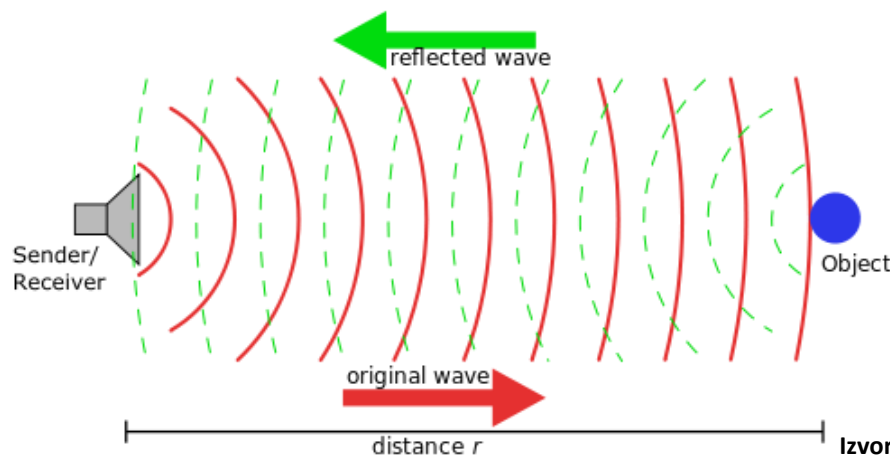
Recommended min. data \$GNRMC,191939.00,A,4547.58059,N,01600.20017,E,0.062,,151214,,,D*67

Course & ground speed \$GNVTG,T,,M,0.062,N,0.115,K,D*39

\$GNGGA,191939.00,4547.58059,N,01600.20017,E,2,11,1.62,153.3,M,41.3,M,,0000*4C

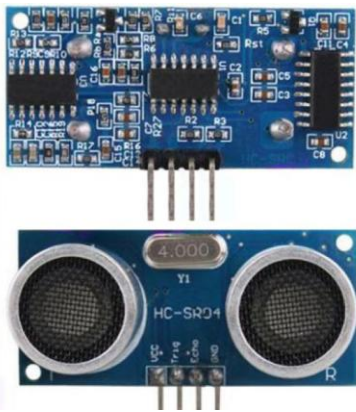
Senzor udaljenosti: HC-SR04

- ▶ HC-SR04 – **ultrazvučni senzor** koji koristi princip rada **sonara** pri određivanju udaljenosti od objekta
- ▶ **SONAR** → Sound navigation and ranging → **aktivni** (odašilje zvučni puls i registrira echo) Vs. pasivni (samo “registrira/slušā”) → tehnika koja koristi propagaciju zvuka pri detekciji objekata
- ▶ **ultrazvučni senzor** (“transceivers aka. Transducers”) → radi na principu SONAR tehnike



Senzor udaljenosti: HC-SR04

- ▶ princip rada: senzor **odašilje** 8 ultrazvučnih valova na frekvenciji od 40 kHz i **čeka** prvi reflektirani zvučni val → **mjeri vrijeme** (mikrosekunde)



SPECIFIKACIJE:

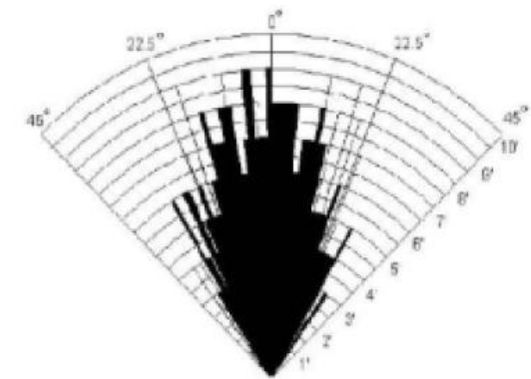
min. / max. udaljenost: 2 – 400 cm

preciznost mjerenja: 0.3 cm

kut odašiljanja : 15°

kut detekcije : 30°

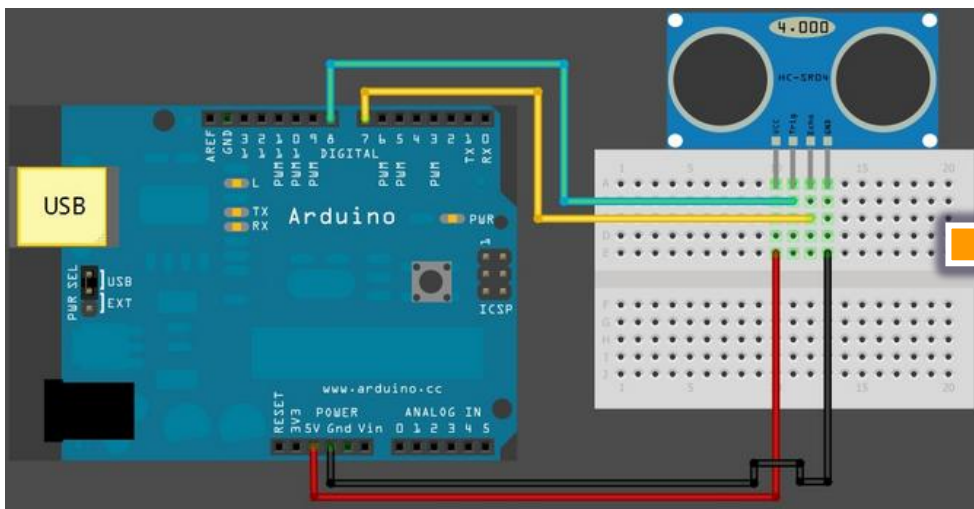
napajanje: 5 V



*Practical test of performance,
Best in 30 degree angle*

Senzor udaljenosti: HC-SR04

Shema spajanja HC-SR04 senzora i Croduino platforme:



```
36 digitalWrite(trigPin, HIGH);
37 delayMicroseconds(10);
38 digitalWrite(trigPin, LOW);
39 duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
40
41 //Calculate the distance (in cm) base
42 distance = duration/58.2;
43
44 if (distance > maximumRange)
45 /* Send a negative number to computer
46 to indicate out of range */
47 Serial.println(" ");
48 digitalWrite(LEDpin, HIGH);
49 }
50 else {
51 /* Send the distance to the computer
52 turn LED OFF to indicate successful r
53 Serial.println(distance);
54 digitalWrite(LEDpin, LOW);
55 }
56 }
```

duration = pulseIn(pin, HIGH);

Vizualizacija podataka by:

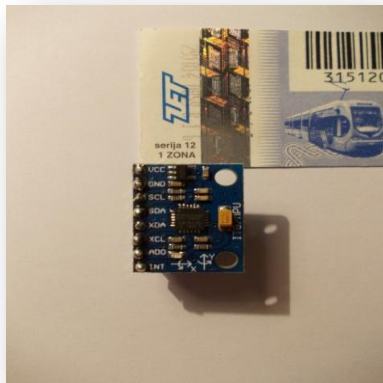


& cat /dev/ttyUSB0

- VCC → Croduino 5v
- GND → Croduino GND
- Echo → Croduino pin 7
- Trig → Croduino pin 8

Invensense MPU-6050 mikroprocesor

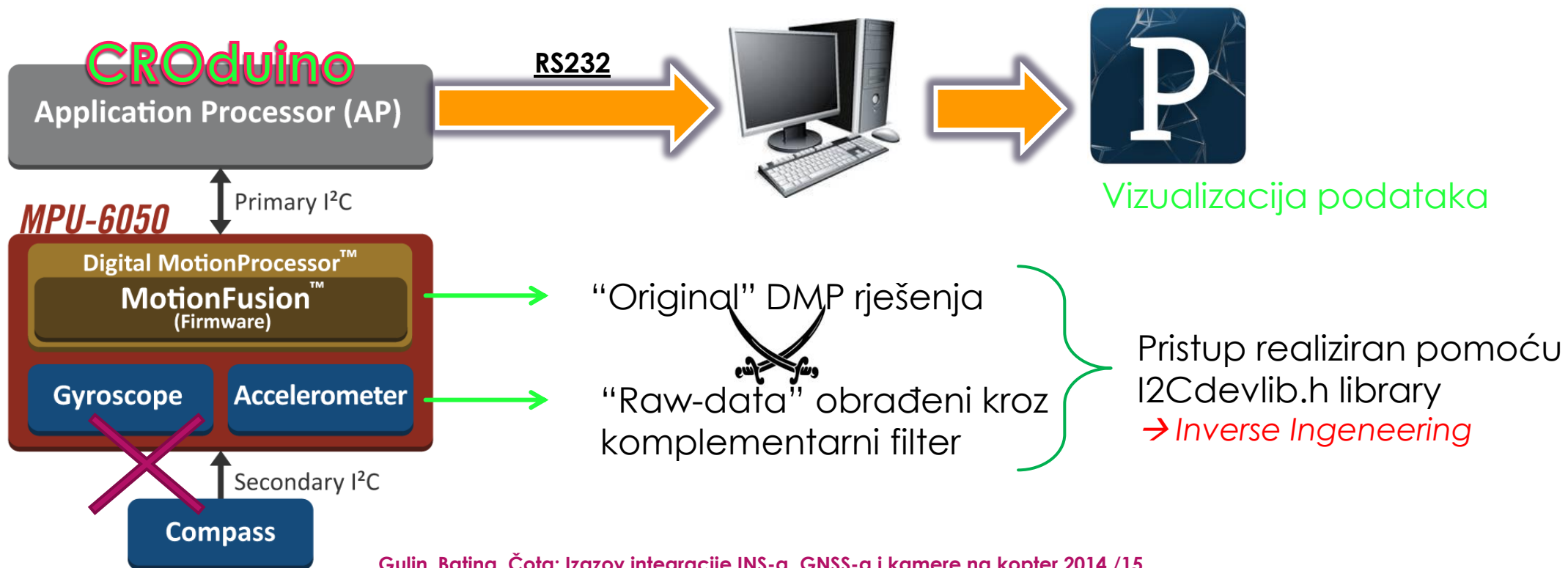
- ▶ jedinstven uređaj na svijetu koji objedinjuje 3-osni žiroskop, 3-osni akcelerometar i DMP (Digital Motion Processor)
- ▶ s uređajem se mogu upariti i ostali senzori preko I2C protokola (npr. magnetometar ili kompas)



Vrsta	Gyro Full Scale Range	Gyro Sensitivity	Accel. Full Scale Range	Accel. Sensitivity	Digital Output	Operating voltage Supply	Package size
Jedinice	(°/sec)	(LSB/°/sec)	(g)	(LSB/g)		(V)	(mm)
	± 250	131	± 2	16384	<i>I²C</i>	2.375-3.46	4x4x0.9
	± 500	65.5	± 4	8192			
	± 1000	32.8	± 8	4096			
	± 2000	16.4	± 16	2048			

Invensense MPU-6050

Vizualizacija tijeka prikupljanja podataka:



Invensense MPU-6050

Osnovni pojmovi:

DMP – Digital Motion Processing → obrađuje podatke samog senzora (3-osni žiroskop, 3-osni akcelerometar i podaci o temperaturi) → oslobađa resurse ATmega328 procesora na Croduinu

Specifikacije o načinu rada DPM-a nisu javno dostupne, ali je za pretpostaviti da je tvrtka Invensense napravila kvalitetno rješenje firmwera MPU-6050 senzora



I2Cdevlib.h library → biblioteka klasa koja omogućava komunikaciju s MPU-6050 senzorom, tj. naknadnu obradu "Raw-data" senzora

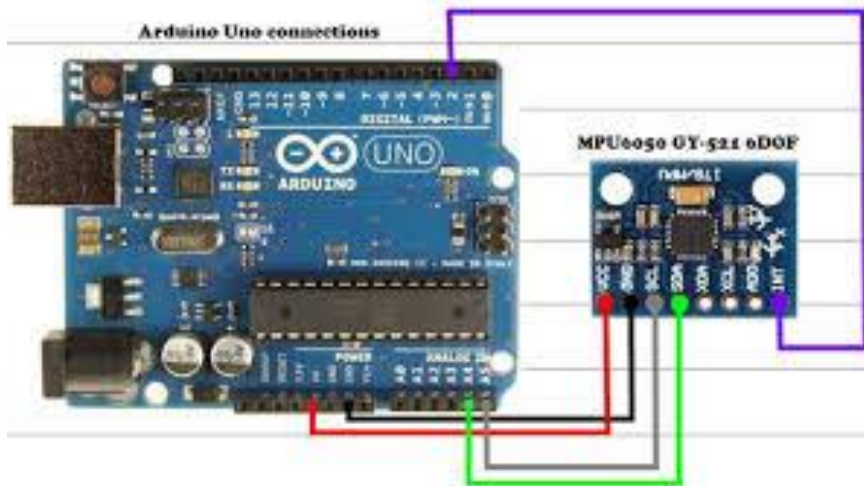
Komplementarni filter:

- * podaci akcelerometra → pojava "šuma" u kratkim vremenskim intervalima
- * podaci žiroskopa → pojava nestabilnosti podataka u dužim vremenskim intervalima

Komplementarni filter koristi oba skupa podataka u cilju veće kvalitete izlaznog rješenja

Invensense MPU-6050

Shema spajanja MPU-6050 senzora i Croduino platforme:



Izvor: <http://42bots.com/wp-content/uploads/2014/03/MPU6050-Arduino-Uno-Connections.jpg>

- VCC → Croduino 5 / 3.3 V pin
- GND → Croduino ground pin
- SCL → Croduino Apin 5
- SDA → Croduino Apin 4
- INT → Croduino Dpin 2

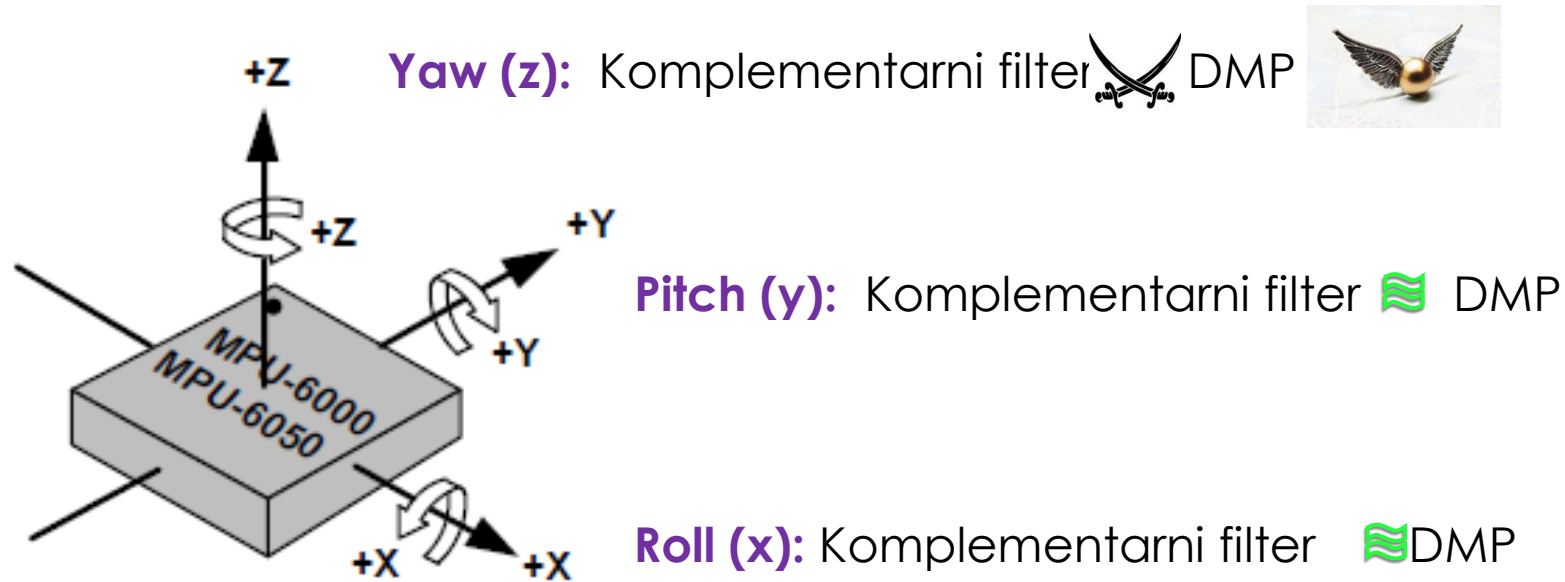
Invensense MPU-6050

Osvrt na dobivene rezultate:

- ▶ podaci komplementarnog filtera nisu generirani zbog visoke frekvencije (100 Hz) slanja podataka u FIFO – buffer, te samim time dolazi do nesinkroniziranosti izvršavanja algoritma komplementarnog filtera na CROduino platformi. Problem je detektiran u I2Cdevlib.h biblioteci!
- ▶ nisu prikazani kvantitativni podaci koji bi omogućili egzaktnu usporedbu algoritama, te donošenje zaključka o izboru boljeg
- ▶ kvalitativni podaci vizualizirani pomoću softvera Processing feat.mp4 video

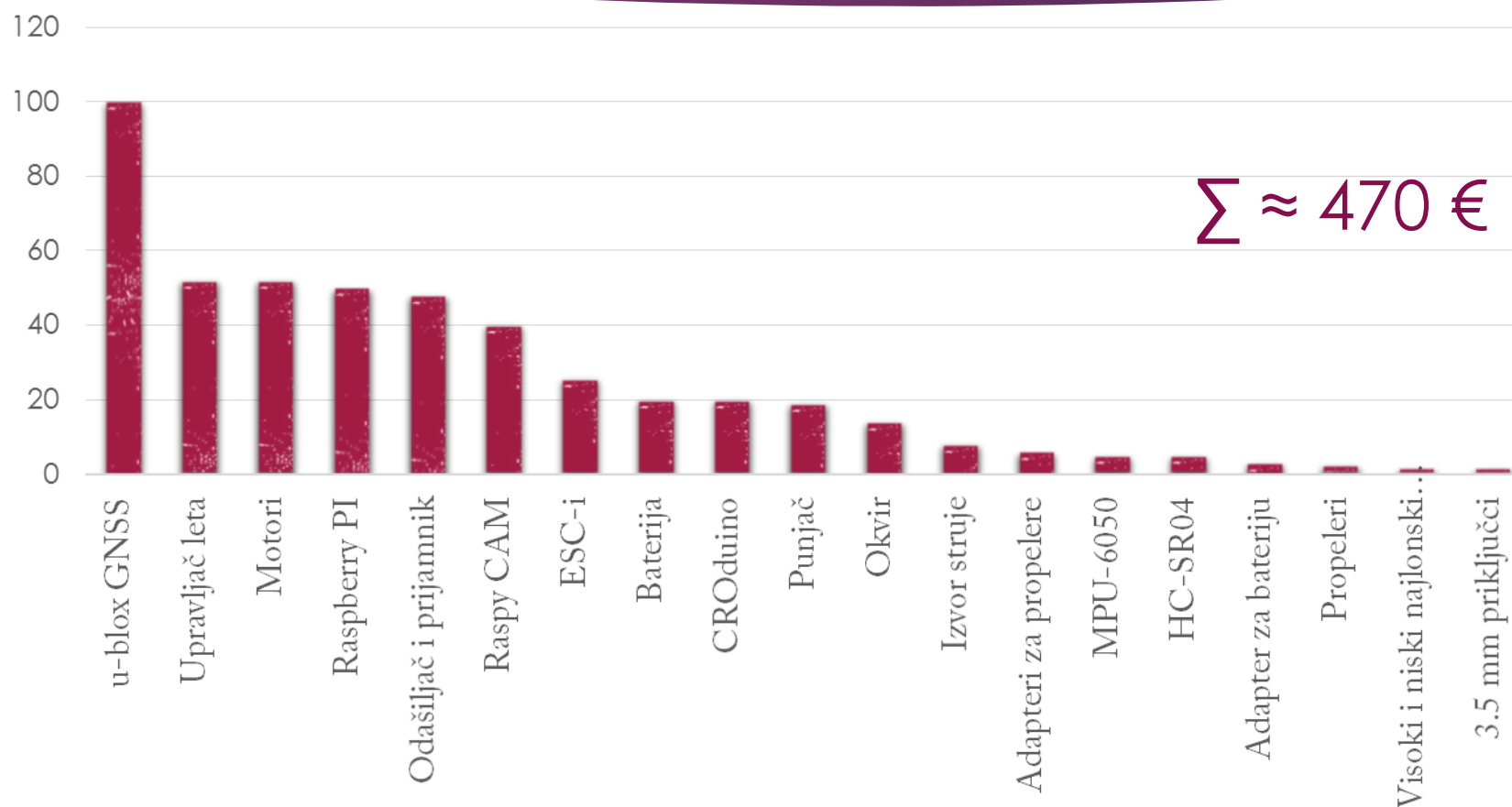
Next slide 

Invensense MPU-6050



Zaključak donesen na temelju video prikaza u potpunosti operativnog primjera dostupnog na:
<https://www.youtube.com/watch?v=2t-5CCyPJ74> (12.01.2015.)

Cijene pojedinih dijelova integriranog koptera



Gulin, Batina, Čota: Izazov integracije INS-a, GNSS-a i kamere na kopter 2014./15.

■ Cijena u €

Raspon cijena (gotovih koptera)

Sofisticirani kvadrokopteri s GPS-om i naprednim značajkama koji su pogodni za fotografiju, video ili druge kvazikomercijalne upotrebe ili ozbiljan hobi:

Phantom 2 Vision – 700€



Phantom 2 Vision + V3.0 (GPS, 1080p kamera, kardanski povezane 3 osi) – 1150€



...integriranjem koptera s
INS-om, GNSS-om i kamerom
razvile su se brojne primjene
koptera...

Primjena koptera

Fotogrametrija i daljinska istraživanja

DOF

Georeferencirani video

Razne druge implementacije

Fotogrametrija i daljinska istraživanja

„Dajte im da lete i stvorit će novo tržište za daljinska istraživanja u vašoj zemlji.”

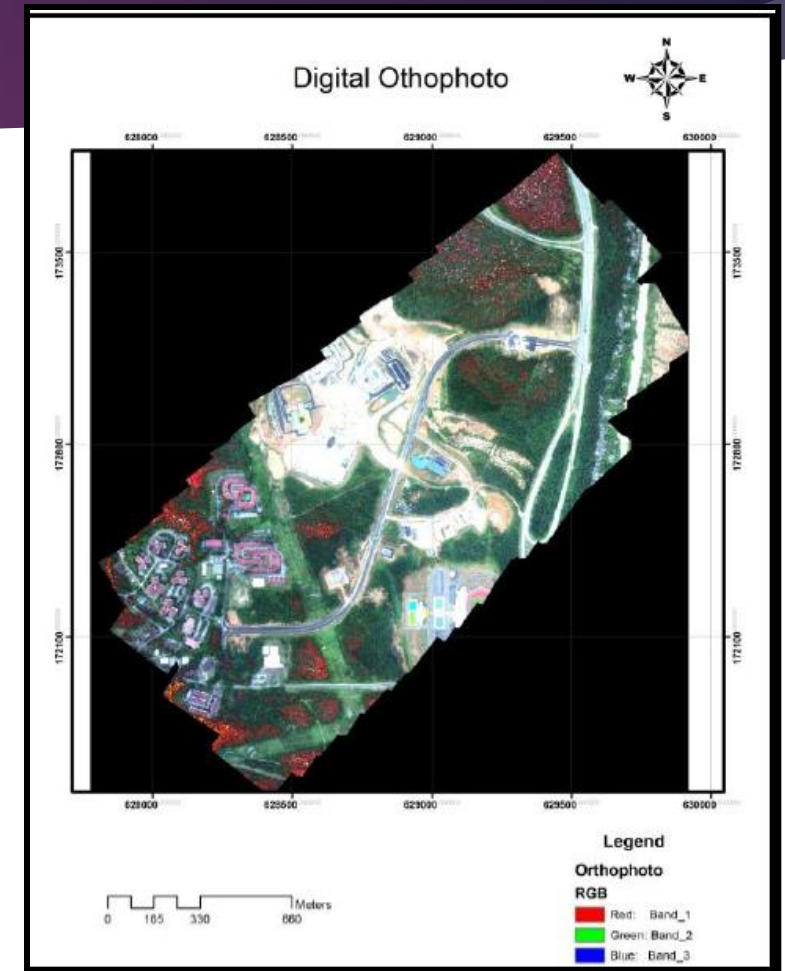
Colomina & Molina: Unmanned Aerial Systems for
Photogrammetry and Remote Sensing

- tehnološki razvoj → proširena upotreba letjelica
- prikupljanje informacija o stanju na terenu
- potrebno navesti kopter do točne pozicije i na točan smjer leta
- mogu se opremiti kamerama u vidljivom, blizu infracrvenom i infracrvenom spektru
- **cilj:** napraviti funkcionalan kopter sposoban za potpuno samostalan let

DOF

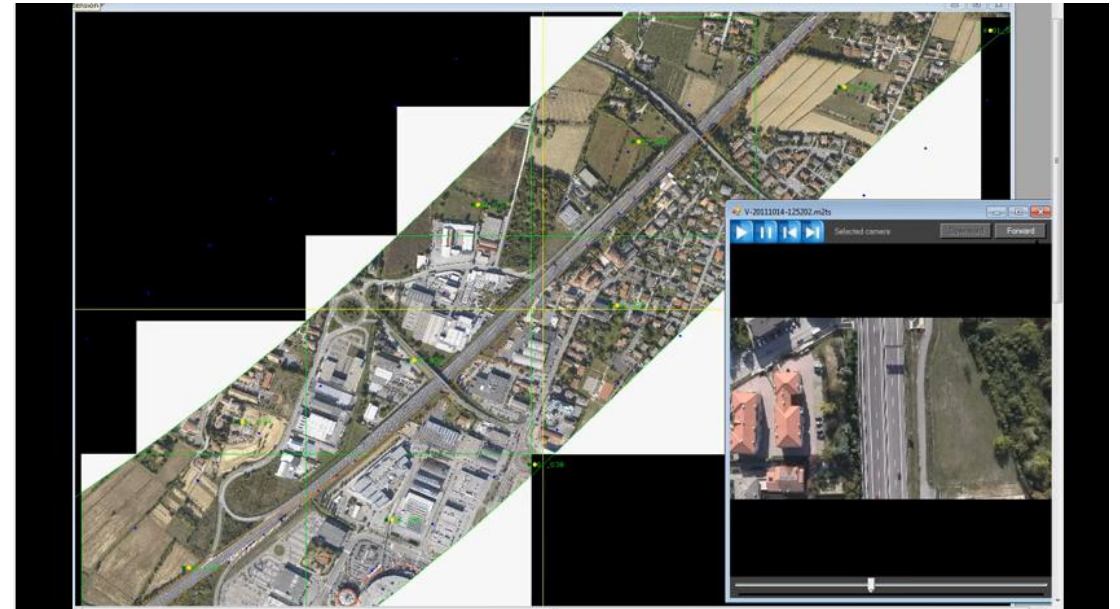
veća brzina izrade, manji troškovi → jedna od najpopularnijih metoda kartiranja

obratiti pažnju na točnost



Georeferencirani video

- ▶ svakoj slici georeferenciranog videa pridružene su globalne koordinate lokacije na kojoj je slika pribavljena
- ▶ omogućava dodatnu dimenziju virtualne vizualizacije prostora
- ▶ **prednosti:** jednostavnost prikupljanja podataka i mogućnost naknadne, vremenski neograničene, detaljne analize te ponovljivost analize



Druge implementacije

- ▶ krizne situacije – potreba brzog reagiranja
- ▶ nadzor prometa
- ▶ nadzor državne granice
- ▶ vojna upotreba
- ▶ nadzor nepristupačnih dijelova industrijskih objekata
- ▶ filmska industrija
- ▶ ...

Zaključak

1

- brz, jednostavan, relativno jeftin način prikupljanja prostornih podataka

2

- široka područja primjene u fotogrametriji i geodeziji

3

- budućnost!

Literatura

- ▶ Colomina & Molina: Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing
- ▶ Khairul Nizam Tahar, Anuar Ahmad, Wan Abdul Aziz Wan Mohd Akib and Wan Mohd Naim Wan Mohd: A new approach on production of slope map using autonomous Unmanned aerial vehicle: International Journal of Physical Sciences Vol. 7(42), pp. 5678-5686, 9 November, 2012
- ▶ Kolarek M. (2010): Bepilotne letjelice za potrebe fotogrametrije, Ekscentar, br. 12, str. 70-73
- ▶ Pavlik, D., Popčević, I., Rumora, A. (2014): Bepilotne letjelice podržane INS i GNSS senzorima, Ekscentar, br. 17, str. 65-70
- ▶ <http://www.helipal.com/index.html>
- ▶ <http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/index.asp>
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=2t-5CCyPJ74>

Zahvaljujemo
na
pažnji!

PITANJA?