

SEGUICI

[Facebook](#)
[RSS](#)[Twitter](#)

CONTATTI

[Newsletter](#)
[Chi siamo](#)

le Scienze

EDIZIONE ITALIANA DI SCIENTIFIC AMERICAN



NOI E I ROBOT

di Riccardo Oldani

Droni: un aiuto che viene dal cielo

14

aprile
2020

Qualche giorno fa tutti i telegiornali hanno diffuso le immagini di un **cittadino di Pescara** scoperto e inseguito da un drone mentre aveva pensato bene di ignorare la quarantena e di andare a correre in spiaggia. E sempre di più si legge dell'impiego di questi oggetti volanti per verificare, anche nel nostro paese, l'osservanza delle norme di isolamento sociale da parte dei cittadini.

Da tempo una particolare categoria di droni leggeri, i **quadricotteri** o **multicotteri**, equipaggiati con 4 o più motori a elica, sono diventati oggetti di uso comune. Ma nella stragrande maggioranza dei casi sono pilotati a distanza. Sono **pochi quelli dotati di capacità di volo autonomo**, che per i modelli commerciali professionali si limita di solito alla gestione delle fasi di decollo o di atterraggio. I droni in grado di decidere da soli la propria rotta finora sono limitati ai laboratori di ricerca o a utilizzi sperimentali. Un'altra caratteristica dei droni attuali è la **scarsa autonomia delle batterie**, che si traduce in una capacità operativa non superiore ai 20/30 minuti per i quadricotteri o multicotteri. Si tratta però di strumenti molto interessanti, lontani parenti dei droni ad ala portante utilizzati per scopi militari, che hanno autonomie molto lunghe, anche fino a 35 ore, grazie al fatto che utilizzano motori a combustione. Il basso costo li ha resi prodotti di massa, aprendo per loro la strada a infinite applicazioni "di servizio" o per l'intrattenimento, sia professionali che domestiche.

Un italiano a Zurigo

Con le prestazioni attuali è difficile pensare a un loro impiego efficace in compiti di sorveglianza prolungata e senza il controllo umano, sempre ammesso che poi, una volta superata l'emergenza Covid, ci piacerà sapere che tante telecamere intelligenti volano sopra di noi per osservarci.

Lo sviluppo di questi oggetti però è molto rapido. Per sapere quali direzioni stia prendendo ho contattato uno tra i più attivi – se non il più avanzato in assoluto – gruppi di ricerca impegnati nello sviluppo di droni autonomi. È il **Robotics and Perception Group dell'Università di Zurigo**, diretto da uno scienziato italiano, **Davide Scaramuzza**. «Mi sono laureato in Ingegneria elettronica dell'informazione all'Università di Perugia nel 2004», racconta, «e poi, dopo la tesi di laurea, che aveva come argomento la robotica mobile, mi sono trasferito subito in Svizzera per un dottorato di ricerca in robotica e computer vision all'ETH di Zurigo. Poi ho ottenuto un postdottorato alla University of Pennsylvania, a Filadelfia, nel gruppo di uno dei "guru" mondiali dei droni, **Vijay Kumar** (che ha un suo **laboratorio di ricerca**). Infine sono diventato professore nel 2012 all'**Università di Zurigo**, dove lavoro tuttora».

Le origini di una passione

Come è nato il suo interesse per i droni? «Durante il dottorato lavoravo sulle auto a guida autonoma e sono stato tra i primi a impiegare le telecamere per la navigazione dei veicoli su strada. Quando **Google** annunciò, nel 2009, il progetto della sua **Self Driving Car**, mi resi conto che gli spazi per la ricerca in quel settore si sarebbero ristretti e pensai quindi che fosse una buona strategia concentrarmi su qualcosa di diverso, di più "esotico". Iniziai così a dedicarmi ai droni. Era anche il momento in cui cominciarono a comparire sul mercato i primi quadricotteri commerciali, che offrivano qualcosa di nuovo rispetto agli elicotteri giocattolo a cui fino a quel momento eravamo abituati. In particolare erano facili da controllare e non avevano parti meccaniche in movimento. I droni offrivano quindi interessanti possibilità di sviluppo anche se, all'epoca, non erano autonomi. Funzionavano solo con controllo remoto. Si cominciava già a

pensare a usare il **GPS** come ausilio alla navigazione, con la controindicazione, però, che con segnale "cattivo" o assente, per esempio rispettivamente vicino o all'interno di edifici, il sistema di guida non funzionava. Insieme ad altri colleghi di dottorato ho pensato allora di sfruttare per i droni una tecnologia che avevamo messo a punto per le auto a guida autonoma, denominata **Visual SLAM (Visual Simultaneous Localization And Mapping)**, cioè localizzazione e mappatura simultanea basata su telecamere».

Quattro blocchi fondamentali

Su quale idea si basa il suo funzionamento? «Sul fatto di utilizzare una o più telecamere e un computer di bordo installati sul drone. Il computer analizza le immagini da cui estrae una serie di **punti salienti**, che noi chiamiamo "**features**". Si tratta di punti ad alto contrasto che sono facilmente identificabili in immagini successive, quando il drone si muove. L'obiettivo è quindi individuare questi punti di ancoraggio, grazie ai quali è possibile ricostruire la loro posizione relativa nello spazio. Cioè, in altre parole, realizzare una vera e propria **mappatura** della zona di volo del drone. Simultaneamente questi punti consentono di **stimare il movimento** del velivolo sui sei gradi di libertà, dall'inizio della navigazione, cioè dalla prima immagine. Localizzazione e mappatura sono due blocchi fondamentali su cui si basa ogni sistema di navigazione a guida autonoma, che sia utilizzato per un'auto, un drone o un robot spaziale».

Perché sono importanti? «Perché una volta che il robot ha a disposizione la mappa locale di dove si trova conosce anche la sua posizione e quella degli ostacoli più vicini. A quel punto entra in gioco il terzo blocco importante per la navigazione, il "**path planning**", o pianificazione del percorso, che genera tracciati eseguibili all'interno della mappa locale e costruiti in modo da consentire al robot di evitare gli ostacoli. Infine, un quarto blocco, quello di **esecuzione** della traiettoria, consente al robot di eseguire il movimento. Quindi il robot può essere autonomo nel movimento grazie all'esecuzione in sequenza di questi quattro blocchi di navigazione: localizzazione, mappatura, path planning ed esecuzione. Mentre vola continua a ricevere segnali dall'ambiente attraverso i suoi sensori, in particolare telecamere, accelerometri o giroscopi, quindi la sequenza dei blocchi di navigazione viene continuamente ripetuta».

L'importanza dei sensori

Quanto sono importanti i sensori? «I sensori hanno subito un forte sviluppo negli ultimi tempi grazie allo sviluppo del mercato degli smartphone e dei dispositivi portatili. Sono arrivati a dimensioni molto piccole e a un altissimo livello di precisione. Possono per questo motivo essere installati anche sui droni e contribuire a mantenerli estremamente leggeri. Nel nostro laboratorio, per esempio, sviluppiamo **droni tra i 20 g e i 250 g**, che si distinguono da quelli commerciali, pesanti diversi chilogrammi e anche decisamente più ingombranti. Grazie ai sensori di bordo questi droni di nuova concezione non si servono più del GPS e possono quindi essere utilizzati con efficacia anche all'interno di ambienti chiusi. Si aprono così per loro **svariati scenari di utilizzo**: dall'esplorazione e soccorso dopo un terremoto all'esplorazione di grotte, sotterranei e tunnel, ricerca e ispezione in foreste, impianti nucleari».

Il volo veloce

E qual è il limite maggiore di questi oggetti volanti? «La durata limitata delle batterie attuali, che garantiscono un'autonomia operativa tra 20 e 30 minuti. Per ovviare a questo limite nel nostro gruppo abbiamo iniziato a lavorare sulla **navigazione veloce** dei droni».

Di che cosa si tratta? «Vogliamo rendere gli algoritmi di navigazione così veloci e robusti da accelerare il volo dei droni, in modo da consentire loro di coprire un'area maggiore o svolgere un maggior numero di operazioni nel tempo limitato che hanno a disposizione. Gli algoritmi hanno bisogno di sensori, in particolare di telecamere, che forniscono una grande quantità di informazioni. Per noi esseri umani è facile individuare e contestualizzare le informazioni di una foto, per esempio capire che un oggetto è un vaso e collocarlo con precisione nella nostra mappa ideale di un ambiente. Per un robot la contestualizzazione non è immediata. Ma dal 2012 a questa parte l'avvento del **deep learning** ha cominciato a cambiare le cose anche in questo campo. Si basano su algoritmi conosciuti da tempo ma che ora, grazie all'impiego a fini di calcolo delle **GPU**, le **graphic processing units**, possono essere fatti "girare" molto velocemente e anche su processori molto leggeri, anche di 60 grammi. Anche in questo caso questa miniaturizzazione si deve soprattutto all'innovazione introdotta dalla diffusione degli smartphone. Quindi ora i nostri droni sono dotati di GPU su cui possono girare **reti neurali superficiali** ("**shallow**"), in grado di rendere molto più robusti gli algoritmi di navigazione».

La rivoluzione del deep learning

In che modo? «Per capirlo devo spiegare come avveniva la programmazione dei robot "classica" **prima del 2012**, cioè prima della diffusione su larga scala delle reti neurali profonde. Fino al 2012 il robot costruiva la mappa, da cui estraeva il percorso realizzabile, definiva la traiettoria e la eseguiva. Ma se per esempio il sensore non era pulito, a causa di polvere o di un'impronta, facendo sì che i pixel dell'immagine non fossero tutti nitidi o a fuoco, gli algoritmi fallivano. **Oggi è diverso**. Certo, gli algoritmi possono fallire ancora, ma non così spesso. Questo perché le reti neurali consentono di calcolare il percorso più sicuro anche partendo da un'immagine non necessariamente perfetta. È un po' quello che facciamo noi umani, che quando dobbiamo spostarci non facciamo il calcolo di una mappa metrica calcolata al millimetro. Questo per le reti neurali è possibile "addestrandole", raccogliendo una grande quantità di dati, detta "**data collection**", e poi supervisionando il loro apprendimento. Prendiamo un caso concreto. Qualche anno fa, per un progetto finanziato dal governo svizzero, abbiamo sviluppato un algoritmo per consentire ai droni di **riconoscere i sentieri di un bosco**, alla ricerca di persone eventualmente disperse».

Quadcopter Navigation in the Forest using Deep Neural Net...



«Questo perché si stima che la maggior parte delle persone che si smarriscono in montagna resta comunque vicina ai sentieri. Il nostro algoritmo aveva la funzione, data l'immagine della telecamera, di indicare al drone dove fosse il sentiero affinché poi l'algoritmo di controllo lo mantenesse sul giusto percorso. Abbiamo quindi optato per un **approccio classico**: abbiamo deciso che il sentiero poteva identificarsi con un tratto di terreno piano, orizzontale, di fronte al drone per estrarre dalle immagini della telecamera tutte le zone che avessero quella caratteristica. La soluzione però **non funzionava**. Era precisa soltanto il 60% delle volte. Per risolvere il problema abbiamo sviluppato una **rete neurale** che cercava di imitare il comportamento di un uomo. In che modo? Abbiamo installato tre telecamere GoPro su un elmetto e siamo andati a fare passeggiate in montagna per circa 7 km, raccogliendo circa 80.000 immagini. Una GoPro aveva una posizione frontale e guardava davanti, sul sentiero, le altre due puntavano ai lati. **Quella centrale** era la telecamera che "diceva" alla rete neurale che quello che inquadrava era proprio il sentiero. **Le due laterali** invece davano l'esempio negativo. Le loro immagini erano quelle che "non" contenevano il sentiero. In questo modo abbiamo insegnato alla rete neurale, sia con esempi positivi che con esempi negativi, che cosa sia e che cosa non sia un sentiero. Oggi bastano poche ore per istruire una rete neurale a un compito di questo genere. Quando facemmo noi la ricerca ci volle qualche giorno di calcolo, ma alla fine potemmo definire un "concetto" di sentiero, espresso in coefficienti ricavati dalla rete neurale. Parliamo di milioni di coefficienti che, una volta estratti, possono essere caricati sulla rete neurale superficiale alloggiata sul drone. Il risultato di tutto questo lavoro è stato che i droni hanno imparato a riconoscere perfettamente i sentieri».

Schivare gli ostacoli

Di recente su "**Science Robotics**" è uscito un **vostro articolo** in cui dimostrate come un vostro drone è in grado di **schivare in volo un ostacolo** che gli si para davanti all'improvviso. "Science Robotics" ha dedicato la copertina a questo vostro studio, che evidentemente riveste una notevole importanza. Che cosa avete fatto in particolare? E perché è così significativo? «Adesso con il nostro gruppo di ricerca ci stiamo occupando sempre di più della "agile flight", di volo veloce, un tema per cui ho vinto anche un "ERC", un grant da 2 milioni di euro messi a disposizione dal Consiglio europeo della ricerca per finanziare i nostri studi. Aumentando la velocità del volo aumentiamo quindi la capacità dei droni di svolgere più funzioni nello stesso tempo, ma li esponiamo anche a un maggior rischio di collisioni. Nello studio pubblicato su Science Robotics abbiamo preso in considerazione il caso peggiore, quello di un uccello che "attacca" il drone. Non potendo fare esperimenti con gli uccelli abbiamo usato oggetti lanciati al drone, in particolare palloni, per capire come riuscire a schivarli. Per farlo sono necessari sensori molto veloci, quindi con una latenza minima di percezione. Le telecamere standard hanno di solito una latenza compresa tra un millisecondo e centinaia di millisecondi. In situazioni medie, quelle che si riscontrano con un'illuminazione naturale all'interno di edifici, la loro latenza è tra i 10 e i 20 millisecondi, circa 1/100 - 1/50 di secondo. Sono un tempo troppo lungo per un drone che si muove a una velocità anche di 5-10 m/s. Anche perché, una volta ricevuta l'immagine, dobbiamo anche analizzare tutti i suoi pixel, che sono tanti. Un'immagine VGA ha circa 300.000 pixel, che andrebbero analizzati tutti.

Dynamic Obstacle Avoidance for Quadrotors with Event Ca...



Telecamere neuromorfiche

Per risolvere il problema non si possono quindi utilizzare telecamere standard. Abbiamo invece optato per quelle cosiddette “**neuromorfiche**” o **telecamere a eventi** (“event cameras”), che sono comparse sul mercato da una decina d’anni. Come funzionano? Hanno pixel che potremmo definire intelligenti perché ogni volta che osservano del moto inviano l’informazione sul cavo USB della telecamera al computer di bordo. Ogni singolo pixel è in grado di effettuare questa operazione. Questo è importante perché se c’è un oggetto che si muove, non tutti i circa 300.000 pixel della telecamera devono inviare l’informazione che anche lo sfondo si sta muovendo. L’oggetto, se è lontano, può coprire anche solo pochi pixel, e quindi basta una mole di informazioni molto inferiore, rispetto a una telecamera tradizionale, per individuare il moto di un oggetto. Non solo. La telecamera neuromorfica è anche un **sensore differenziale**, dotato di **pixel asincroni**, che non inviano l’informazione tutti insieme, ma soltanto quando rilevano il moto. Telecamere di questo tipo hanno una latenza di frazioni di millisecondo (circa 0,1 ms). Calcolando anche il tempo di elaborazione dell’informazione da parte del computer di bordo, i droni che utilizzano telecamere neuromorfiche sono in grado di volare a **velocità anche 10 volte superiori** rispetto a quelli che usano telecamere standard. Parliamo in particolare di velocità relative rispetto all’oggetto che va incontro al nostro drone, che possono giungere a **10 m/s**, cioè **36 km/h** di velocità relativa».

Nuovi scenari di utilizzo

Quali nuovi utilizzi si aprono, quindi, per i droni? «Innanzitutto la possibilità di volare più velocemente, anche in presenza di ostacoli dinamici, oltre che stazionari. Aumentiamo quindi la velocità di esplorazione di un edificio o di un’area ignota. Le telecamere a eventi hanno anche un più alto range dinamico rispetto a quelle tradizionali, cioè un rapporto più elevato tra la luminosità più alta e più bassa che può misurare. Funzionano quindi molto meglio nel riconoscere oggetti in controluce, in situazioni in cui il sole è a bassa quota. Più volte con le auto a guida autonoma si sono riscontrati incidenti in condizioni di luce particolari, con il sole basso all’orizzonte. Ebbene, con le telecamere a eventi questo problema non si pone».

Contro Covid-19

Durante l’emergenza di **Covid-19** vi hanno chiesto di sviluppare droni ad-hoc o di pensare a utilizzi particolari? «I robot possono essere utilissimi in situazioni di emergenza non solo perché possono operare autonomamente, ma anche per le loro funzionalità di telepresenza, che consentono di tenere gli operatori distanti dai malati infetti. Il problema è che hanno una bassa manualità. Oltre a consegnare qualche oggetto e spostarsi con precisione tra due punti non hanno molte altre capacità. I droni però possono fare qualcosa in più. Per esempio controllare aree in maniera autonoma. Bisogna però, per consentirlo, anche **modificare la normativa**, che per esempio in Italia non permette il volo autonomo, ma solo quello teleguidato. Con il volo a GPS la tecnologia esiste, tenuta comunque conto la bassa durata delle batterie. Un’alternativa possono essere i droni ad **ala fissa**, che sono più efficienti. Sfruttano la portanza dell’aria e possono volare anche 2 o 3 ore. In Svizzera abbiamo due startup, **Suind**, nata dal mio laboratorio, e **Dronistics** di Losanna, che ora si sono unite per sviluppare un drone dimostrativo, capace di portare cibo, medicinali o medicine a persone in quarantena. Parliamo di droni in grado di fare la consegna con un’altissima precisione, a livello di centimetri, e di arrivare quindi sul balcone di casa delle persone in quarantena. Le startup sono piccole e nate da poco, quindi non è possibile pensare a soluzioni su larga scala, ma l’intento è dimostrare l’efficacia della soluzione in vista di possibili impieghi futuri».

Un occhio “leggero”

Un altro impiego potrebbe essere quello del **trasporto di provette** per analisi da un sito a un altro di un complesso ospedaliero, come è già stato testato in Svizzera, a Zurigo, con un servizio di collegamento tra l’ospedale universitario e un centro analisi distante qualche chilometro. Nel suo tragitto il drone passava vicino a un asilo nido e, nel marzo 2019, in seguito a un **incidente**, è precipitato proprio nelle sue vicinanze. La sperimentazione è stata così sospesa. «Con il nostro gruppo», spiega Scaramuzza, «abbiamo pensato a una soluzione a questo problema. In che modo? Dotando il drone, che era “cieco” e navigava quindi solo con il GPS, di un occhio, cioè di una telecamera leggera, che abbiamo sviluppato, che può essere facilmente applicata alla parte inferiore del velivolo autonomo. La startup che abbiamo fondato da poco, Suind, lavora proprio a questo scopo. Se un drone si accorge che la batteria sta per scaricarsi o il GPS non funziona più, il nostro sistema entra in gioco e lo guida ad atterrare verso il sito più vicino che garantisce la

massima sicurezza. Questo grazie al Visual SLAM e a tecnologie che riconoscono e classificano la tipologia del terreno sottostante, guidando così "a vista" il drone».

Droni con le mani

Ci sono progetti per lo sviluppo di droni in grado di effettuare operazioni di manipolazioni in volo? «Sulla manipolazione lavoriamo in maniera indiretta, come partner di un progetto europeo denominato **Aerial Core**, a cui partecipano anche centri di ricerca italiani come il **Prisma Lab** dell'Università Federico II di Napoli diretto dal professor **Bruno Siciliano**. Il progetto consiste nello sviluppo di tecnologie cognitive che consentano a droni dotati di sistemi di manipolazione di ispezionare e intervenire su oggetti installati su fili e tralicci dell'alta tensione. Il gruppo di Bruno Siciliano sta sviluppando algoritmi per effettuare le operazioni di manipolazione mentre il nostro sta lavorando sui sistemi di percezione, basati su telecamere tradizionali o a eventi per individuare nell'area di intervento punti di riferimento visivi che consentano ai droni di **stabilizzarsi in aria** e mantenersi in posizione anche quando i bracci di manipolazione si muovono. Il loro movimento, infatti, genera forze di reazione che **spostano il baricentro** del robot. Quest'ultimo deve essere informato costantemente su questo spostamento. Un altro scopo è il riconoscimento degli oggetti su cui vanno effettuate le manipolazioni, in genere isolanti disposti sulle linee ad alta tensione oppure dissuasori che hanno la funzione di tenere distanti gli uccelli. Questi oggetti finora vengono tutti installati da personale umano, con tecniche complesse e rischiose».

Eccellenza svizzera

Perché in Svizzera c'è una ricerca così estesa e qualificata sui droni? «È vero. Qui ci sono oltre **90 aziende** impegnate in questo ambito, di cui **oltre 40 sono spinoff** universitarie. In Svizzera c'è una lunga tradizione in robotica, non solo a livello accademico ma anche di aziende. I corsi e le linee di ricerca sono molto numerosi e hanno portato alla formazione di un gran numero di esperti. Dal 2007 opera in Svizzera, al Politecnico di Zurigo, anche un altro importante studioso del settore, **Raffaello D'Andrea**, che ha fondato una sua società, **Verity Studios**, con cui realizza spettacoli indoor di droni che hanno preso parte a show e concerti di importanti star, come **Celine Dion** o i **Metallica**. Non sono droni autonomi, ma controllati da antenne esterne, e hanno creato una grande visibilità su questi robot. In Svizzera è stata istituita anche la prima laurea magistrale in Robotica al mondo, nel 2009. Ogni semestre si iscrivono oltre 300 studenti. Si è insomma creato un substrato che ha portato molte aziende straniere ad aprire sedi in Svizzera, come la cinese **Yuneec** o la californiana **Sunflower Labs**. Politecnico e Università di Zurigo sono diventate centrali nello sviluppo di elementi fondamentali per la robotica, come la mecatronica, la computer vision e il machine learning. Qui in Svizzera c'è una delle più grandi concentrazioni al mondo di esperti di queste discipline. Ci sono anche **molti italiani**. Il tutto è favorito dalla forte attenzione che il governo federale ha sul lavoro della ricerca e delle università».

Un gruppo agile e agguerrito

Il vostro gruppo come è composto? «Qui sono impegnate 15 persone, tra cui 9 dottorandi, 3 postdoc e 2 ingegneri. Nell'ambito della navigazione autonoma di droni basata sulla visione siamo i primi al mondo, anche se molti altri laboratori hanno iniziato a indagare in questo campo. Da tre anni a questa parte, quindi, per mantenere la nostra leadership, abbiamo iniziato a lavorare sulla navigazione veloce. Stiamo spingendo molto anche sullo sviluppo per competizioni che sono molto seguite nel mondo degli appassionati, quelle del "drone racing", diffuse ovunque, anche in Italia, e con premi in denaro molto consistenti. Noi vogliamo sviluppare un drone autonomo in grado di competere in queste gare, dove i velivoli sono teleguidati, e di vincere. Al momento è un obiettivo molto lontano, perché osservando le competizioni ci si rende conto di quanto la conduzione e umana sia di gran lunga superiore a quella oggi ottenibile con gli algoritmi e con l'intelligenza artificiale. La nostra idea, che è stata anche premiata dall'ERC con il grant che mi è stato assegnato, è realizzare un **AlphaDrone**, idealmente modellato su **AlphaGo** di Google che ha dimostrato di battere i più grandi campioni del gioco coreano Go. Entro 5 anni vogliamo cioè realizzare un drone autonomo in grado di battere il più forte pilota umano. Un algoritmo in grado di raggiungere un risultato simile sarà quindi anche in grado di condurre un robot volante in missioni di soccorso in scenari complessi».

Avete già iniziato a competere? «Sì. A ottobre 2018 il mio gruppo ha vinto la terza edizione della IROS Autonomous Drone Racing Competition (gara internazionale di soli droni autonomi), stabilendo il record mondiale, attraversando 9 cancelli (di cui uno mobile) in meno di 30 secondi». Ne ha parlato anche il **New York Times**.

IROS 2018 Autonomous Drone Race: Optimal Methods me...



«Ispirati da questa competizione, la competizione internazionale **Drone Racing League** (che ogni anno organizza le gare di droni telecomandati da umani) e la **Lockheed Martin** lo scorso anno hanno organizzato la prima edizione della **AlphaPilot competition**, una gara internazionale di droni autonomi poi ribattezzata **AIRR (AI Robotic Racing)**, alla quale ci siamo qualificati secondi.

Soluzioni per l'autonomia di volo

Resta comunque il limite dell'autonomia delle batterie. Potrà essere risolto? «La soluzione saranno molto probabilmente le **celle a combustibile** che già hanno dimostrato, a livello prototipale, di raggiungere autonomie di una o due ore a bordo di droni. I limiti attuali sono il loro peso e ingombro, oltre che la sicurezza, ma nel giro di due anni dovrebbero essere superati. Le vedremo apparire presto, ma su droni di dimensioni grandi, con diametri di 40 o 50 cm. Per apparecchi più leggeri dovremo aspettare di più».

Condividi:



Tag: [AlphaGo](#), [Bruno Siciliano](#), [Davide Scaramuzza](#), [Dronistics](#), [Google](#), [Robotics and Perception Group](#), [Science Robotics](#), [Suind](#), [Università di Zurigo](#), [Vijay Kumar](#), [Visual SLAM](#)

Scritto in [Guida autonoma](#), [Machine learning](#), [Ricerca in robotica](#), [droni](#), [intelligenza artificiale](#) | [Nessun Commento](#) »

LASCIA UN COMMENTO

Nome (obbligatorio)

Indirizzo mail (non sarà pubblicato) (obbligatorio)

Indirizzo sito web