

Apple iPad Pro: test e valutazioni metriche sul sensore LiDAR integrato

Alessandra Spreafico¹ [0000-0002-6896-5517], Filiberto Chiabrando¹ [0000-0002-4982-5236],
Fabio Giulio Tonolo¹ [0000-0001-5783-0951], Lorenzo Teppati Losè¹ [0000-0002-6316-8842]

¹ LabG4CH, DAD, Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino
(alessandra.spreafico, filiberto.chiabrando, fabio.giuliotonolo, lorenzo.teppati)@polito.it

I sensori Light Detection And Ranging (LiDAR) sono impiegati in vari ambiti applicativi (rilievi metrici 3D, veicoli a guida autonoma, gestione forestale, etc.), presentano caratteristiche variabili e vengono montati su diverse piattaforme [1]. L'evoluzione tecnologica ha consentito la miniaturizzazione di questi sensori fino a dimensioni subcentimetriche, come nel caso dell'iPad Pro con sensore LiDAR integrato - prodotto dalla Apple a partire dal 2020. La disponibilità di un sensore LiDAR integrato in un tablet (e recentemente anche nell'iPhone 12 Pro) è di evidente interesse nell'ambito del rilievo metrico 3D: il Laboratorio di Geomatica per i Beni Culturali ha quindi avviato una serie di test per valutare le prestazioni del sensore e gli eventuali requisiti operativi connessi al suo utilizzo. Tali test sono svolti attraverso la validazione rigorosa del dato acquisito tramite il sensore della Apple utilizzando come termine di confronto misure topografiche di alta precisione e scansioni LiDAR di riferimento ottenute tramite laser scanner terrestri di utilizzo consolidato nella pratica operativa. Il sensore LiDAR analizzato (del quale non sono state diffuse le specifiche tecniche complete) sfrutta probabilmente una serie di Vertical Cavity Surface Emitting Lasers (VCSEL) per l'emissione del segnale laser senza parti in movimento e un gruppo di sensori Single Photon Avalanche Diodes (SPAD) per la ricezione del segnale riflesso ed il calcolo del tempo di volo per la stima della distanza [2]. È idoneo per acquisizioni all'aperto e al chiuso con una portata massima dichiarata di 5 m ed è integrato in un tablet, nel caso in esame del peso di circa 0,6 kg con GPU 8-core, chip A12Z Bionic e Neural Engine [3]. Sebbene il sensore dovrebbe essere indirizzato principalmente ad applicazioni di realtà aumentata (attraverso le API dedicate ARKit 4) [4], sono state sviluppate applicazioni funzionali al rilievo metrico 3D, utilizzate e testate per l'acquisizione dei dati oggetto di validazione. Nell'ambito del presente contributo si è scelta l'applicazione SiteScape - LiDAR Scanner 3D (novembre 2020) che consente l'acquisizione e la visualizzazione in tempo reale della nuvola di punti sovrapposta alla vista RGB. L'applicazione consente anche la personalizzazione dei parametri relativi a modalità di acquisizione e qualità della nuvola di punti. In circa 30 minuti sono state acquisite 24 scansioni statiche di una superficie verticale piana e 8 scansioni dinamiche di un poligono di calibrazione 3D in ambiente esterno presente presso il Laboratorio. Le scansioni sono esportabili in formato .ply e vengono co-registrate direttamente dall'applicazione SiteScape. La prima analisi, effettuata sul dataset statico, ha esaminato le caratteristiche del sensore in funzione della combinazione dei parametri di modalità di acquisizione e qualità disponibili in SiteScape e della distanza

dall'oggetto rilevato. Le successive analisi sono state condotte considerando le acquisizioni dinamiche per valutarne precisione e accuratezza. Le scansioni dinamiche sono state suddivise in tre dataset che hanno considerato sia le singole scansioni, sia la co-registrazione fornita da SiteScape (vedi Fig. 1, sinistra). I tre dataset sono stati co-registrati in Leica Cyclone tramite algoritmo ICP (Interactive Closest Point) e confrontate tramite analisi cloud-to-cloud (vedi Fig. 1, destra) con un dataset LiDAR di precisione e accuratezza subcentimetrica (acquisito con Faro Focus^{3D} X330 e registrato con target artificiali a scacchiera misurati con stazione totale), ritenuto idoneo per la validazione dell'accuratezza di posizionamento 3D.

I primi risultati consentono di affermare che il sensore LiDAR sfrutta il sensore ottico supergrandangolare per la colorazione della nuvola di punti (e probabilmente come ausilio nella generazione della nuvola stessa); inoltre vengono anche utilizzati i dati acquisiti dai giroscopi a tre assi per la definizione di un sistema di riferimento unico e la registrazione delle nuvole di punti. I primi test hanno anche confermato la distanza massima di acquisizione che è risultata essere di poco inferiore ai 5 m dichiarati. Il sensore acquisisce una matrice di punti $n \times m$ composta da un numero totale di punti che aumenta esponenzialmente partendo da un minimo di 520 punti fino a un massimo di 16382, consentendo all'operatore di scegliere tra 6 diverse risoluzioni.

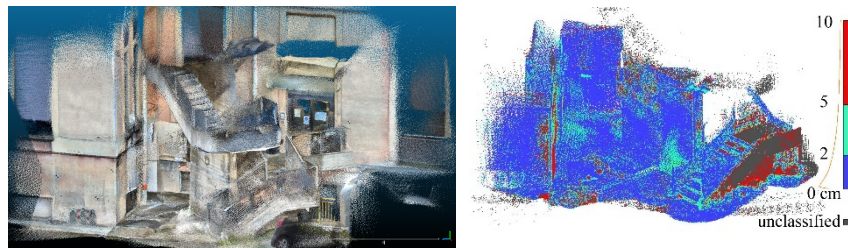


Fig. 1. Vista delle 6 scansioni Apple automaticamente co-registrate tra loro dall'applicazione SiteScape (sinistra), scostamento delle stesse dalla nuvola di punti LiDAR di riferimento (destra).

Il confronto della nuvola di punti acquisita tramite iPad Pro con il dato di riferimento ha consentito di stimare un scostamento medio di 2 cm e una deviazione standard di 3 cm nei tre dataset rispetto al dataset.

Nonostante i test effettuati siano ancora in una fase preliminare, è possibile con certezza affermare che il sensore LiDAR della Apple riporta errori centimetrici, che conferma il potenziale grande interesse nel campo del rilievo metrico 3D anche alla luce del costo dello strumento, della manovrabilità e rapidità di acquisizione in comparazione con sistemi a scansione tradizionali e mobili.

Riferimenti bibliografici

1. Scholle, K., Heumann, E., Huber, G., Single mode Tm and Tm, Ho: LuAG lasers for LIDAR applications. Laser Physics Letters, 1(6), (2004).

2. Doomeet webmaster, <https://www.ww01.net/en/archives/102876>; SystemPlus Consulting, https://www.systemplus.fr/wp-content/uploads/2020/06/SP20557-Apple-iPad-pro-Lidar-Module_flyer.pdf, ultimo accesso 2021/02/01
3. Apple Newsroom, comunicato stampa del 2020/03/18, <https://www.apple.com/it/newsroom/2020/03/apple-unveils-new-ipad-pro-with-lidar-scanner-and-trackpad-support-in-ipados/>, ultimo accesso 2021/01/08.
4. Apple, Introducing ARKit 4, <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>, ultimo accesso 2021/01/09

