POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

تکنولوژی متاسِرفِیس (Metasurface[1]) بهبود یافته جهت تشخیص نور و فاصله (LiDAR[2])

چکیده

به‌کارگیری روش‌های تصویربرداری پیشرفته در سیستم‌های رباتیک و خودران با تقلید از دید (ویژن[3]) انسان، نیازمند دریافت همزمان چندین میدان دید است که به آن‌ها، نواحی جنبی[4] و مرکزی[5] گویند. در حال حاضر از میان تکنیک‌های ویژن سه بعدی کامپیوتری، LiDAR در سطح صنعتی در ویژن رباتیک در نظر گرفته شده است. با وجود تلاش‌های بسیار در یکپارچه نمودن و بهینه سازی LiDAR، دستگاه‌های تجاری موجود تعداد فریم کم و وضوح تصویر پایین داشته که موجب محدودیت شدید عملکرد سیستم‌های انحراف[6] مکانیکی یا حالت جامد می‌گردند. متاسرفیس‌ها اجزای نوری با چندین کاربرد هستند که می‌توانند وسعت (میدان) دید را در نواحی مطلوب فضا، گسترش دهند. در این مقاله نویسندگان گزارشی تهیه نموده‌اند که در آن از یک تکنولوژی LiDAR پیشرفته استفاده شده است که با به‌کارگیری خم کننده‌های (دِفلکتور[7]) متوالی با میدان دید (FoV[8]) کوچکِ پرسرعت به همراه متاسرفیس‌های پهن، به FoV بزرگ (150°) با تعداد فریم بالا (kHz) دست یافته‌اند؛ که می‌تواند نواحی تصویربرداری جنبی و مرکزی همزمانی را در اختیار بگذارد. استفاده از این تکنولوژی مختل کننده LiDAR که دارای الگوریتم‌های پیشرفته است، دورنمایی را جهت بهبود فرآیند درک و تصمیم گیری ADAS[9] (سیستم‌های پیشرفته کمک راننده) و سیستم‌های رباتیکی، ارائه می‌دهد.

بحث

نویسندگان این مقاله به سیستم‌های اسکن اشعه پرسرعتِ تشکیل شده از دفلکتور پرسرعت و متاسرفیسی غیر فعال جهت دستیابی به هدایت اشعه در سرعت MHz و در FoV معادل 150°×150°، نایل شدند که نرخ اسکن کردن با زاویه گسترده را در دستگاه‌های مکانیکی تا پنج مرتبه بزرگی بهبود دهند. آن‌ها، هدایت پرسرعت را در یک و دو بُعد زاویه‌ای انجام دادند و فاصله زمانی وابسته بازتاب نور از جسم[10] را در اندازه‌گیری‌های دامنه اصلاح نمودند که (امکان) تصویربرداری LiDAR از اجسام بسیار پرسرعت در FoV

---

[1] ورژن دو بعدی یا صفحه‌ای متامتریال برای بدست آوردن ضخامت طول زیرموج (امواج کوتاه / subwave length)

[2] Light detection and ranging
[3] Vision
[4] Peripheral
[5] Fovea
[6] Deflection
[7] Deflector
[8] Field of view
[9] Advanced driver assistance systems
[10] Time of flight

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

گسترده را ایجاد نمود. با به کارگیری پارامترهای توصیف شده در مقاله، نویسندگان به گام زمانی 980µs دست پیدا نمودند. جسمی که با سرعت صوت (1234 km/h) در فاصله 15 m از منبع در حال عبور است حدود 74 ms سپری خواهد نمود تا 120° از FoV را پوشش دهد. چنین جسم فراصوتی را می‌توان در 76 رویداد سری-زمانی تشخیص داد. با در نظر گرفتن حد نایکوییست[1]، یعنی چهار سری زمانی برای بازیابی سرعت، تشخیص رویداد ماکزیمم می‌تواند تا سرعت 47 mega-meter/h افزایش یابد.

ماژول‌های (مقیاس‌های) اسکن پرسرعت در کاربردهای LiDAR می‌بایست میان بیشترین فاصله و جدایش واقع در فضا، سازش ایجاد نماید. نرخ فریم در یک سیستم ToF (time of flight) را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

$$f_{Rate} = \frac{c}{2nd_{max}}$$

که در آن c سرعت نور است. در نتیجه معادله داده شده نشان می‌دهد که هر دو مقدار تعداد پیکسل‌ها در تصویر (n) و ماکزیمم فاصله مبهم[2] (d_{max})، نرخ فریم تصویربرداری را تعریف می‌نماید. این زمان اکو[3] می‌تواند به وسیله رمز گذاری سیگنال فرستاده شده در هر جهت در حال اسکن به همراه کد شناسایی مخصوص یعنی کد-انحراف با چند دسترسی[4] (CDMA)، کاهش یابد. دید مولتی پلکس[5] به وسیله جداسازی سیگنال ToF و با استفاده از تکنیک matched filter[6] دریافت می‌شود. شرکت‌های LiDAR، منبع را با آرایه‌ای از لیزرهای دیودی، چند بخشی می‌نمایند تا این که نرخ فریم، پیچیدگی lidar را افزایش داده و هزینه سیستم را با تعداد منابع ضرب نماید. این چنین تکنیکِ CDMA ای را، با ترکیب سیستم انحراف پرتو پرسرعتی که نویسندگان مقاله به آن دست یافتند تا به نرخ فریم تصویربرداری 125 frames/s و رزولوشن فضایی 200×200 پیکسل نایل آیند، می‌توان به صورت واقعی بهره‌برداری نمود. افزون بر کاربرد سیستم‌های هدایت پرتو در صنعت ADAS، این سیستم‌ها با عملکرد مشابه قابلیت این را دارند که در تصویربرداری همزمان[7] در کاربردهایی که

---

[1] Nyquist limit: فرکانس یا حد نایکوییست (که به یاد مهندس آمریکایی Harry Nyquist نام گذاری شده است)، نیمی از نرخ نمونه (تعداد نمونه‌ها بر ثانیه یا هر واحد دیگر که از یک سیگنال پیوسته گرفته شده است تا سیگنالی مجزا یا دیجیتال ایجاد گردد.) یک "سیگنال" (طیف نور قابل مشاهده-UV، فایل صوتی، تصویر، هر چیز دیگر) که به صورت مجزا نمونه برداری شده است.

[2] Maximum ambiguity distance

[3] Echoing time: زمان بین کاربرد پالس برانگیختگی فرکانس رادیویی و پیک (اوج) سیگنال القایی در کویل.

[4] Code-division multiple access

[5] Multiplexed observation: مولتی پلکس، سیگنال یا سیستمی است که انتقال همزمان چندین پیام در یک، تک کانال ارتباطی را در بر می‌گیرد.

[6] Matched filter technique: روشی بهینه برای پی بردن به وجود طیف.

[7] Real time

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

نیازمند فاصله مبهم کوتاه[1] هستند (برای مثال در بررسی با میکروسکوپ و توموگرافی هم‌فازی[2] نوری با زاویه پهن[3] [1]) استفاده شوند. محدودیت اصلی نویسندگان مقاله در دستیابی به نرخ فریم بالا، وابسته به پردازش داده‌های همزمان با حجم واقعی بسیار بالا است که باید هنگام جمع‌آوری، به صورت همگام و هماهنگ دریافت شوند. در این شرایط، آن‌ها فقط محاسبات را با استفاده از CPU-LabView متداول انجام دادند به طوری که نمی‌توان داده‌ها را با همان سرعت جمع‌آوریشان، خروجی گرفت و ذخیره نمود. فرآیند پردازش داده نویسندگان، تأخیرهایی را ایجاد می‌نماید که مربوط به محل ذخیره‌سازیِ داده‌های همگام نشده است، که منجر به حرکات ناگهانی و منقطع و همچنین حرکات گهگاه و سرعت گرفته‌ی تصویر می‌گردد. این مشکل به‌طور کلی در LiDAR با به‌کارگیری روش FPGA[4]/ASICS[5] کمتر می‌شود.

همچنین روش نویسندگان قابلیت‌های هدایت پرتو با دسترسی رندوم را ارائه می‌نماید. تصاویر در حوزه‌های چندگانه که دید انسان را تقلید می‌نماید، در نرخ فریم زیاد دریافت گردید. گستردگی کاربرد MS[6] در مهندسی wavefront می‌تواند قابلیت‌های محلی نمودن همزمان و الگوریتم‌های نگاشت را بهبود دهد. به علاوه، یکپارچه نمودن این سیستم در ADAS می‌تواند راه حلی مختل کننده برای دریافت متوسط/دور بُرد، ارائه دهد که در آن دید مرکزی، صحنه جلویی را اسکن می‌نماید در حالی که دید جنبی، درکی افزوده برای مثال برای ایمنی عابران پیاده ایجاد می‌نماید. نویسندگان در نهایت سری‌های رویداد-زمانی را در تصویربرداری در یک رژیم همزمان نشان دادند (>1 k fps و اسکن نمودن یک بعدی با نرخ فریم MHz). ابزاری که نویسندگان مقاله ارائه نموده‌اند با بهتر عمل کردن از تکنولوژی‌های LiDAR موجود و به‌طور خاص با سهیم شدن در تأخیر زمانی و تصمیم‌گیری پایین سیستم های رباتیک و پیشرفته کمک هدایت شده، چشم اندازی برای کاربردهای آتی ارائه می‌نماید.

Reference

R. J. Martins, E. Marinov, M. A. B. Youssef, C. Kyrou, M. Joubert, C. Colmagro, V. Gate, C. Turbil, P. M. Coulon, D. Turover, S. Khadir, M. Giudici, C. Klitis, M. Sorel, P. Genevet, “Metasurface-enhanced light detection and ranging technology", Nature Communication (2022)13:5724.

DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-022-33450-2

Other Reference

[1] Short ambiguity distance
[2] Coherence
[3] Wide angle
[4] FPGA: دستگاهی قابل برنامه‌نویسی که قابلیت‌های منعطف و سریع نمونه سازی (prototyping) را فراهم می‌نماید.
[5] ASICs: دستگاهی سفارشی سازی شده، در کاربردهای خاص که عملکرد و کارایی بالایی را ارائه می‌دهد.
[6] Metasurface

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

[1] Pahlevaninezhad, M. et al. Metasurface-based bijective illumination collection imaging provides high-resolution tomography in three dimensions. Nat. Photonics 16, 203–211 (2022).

مترجم: یاسمن باغبان