

Nama : Daffa Asyqar Ahmad Khalisheka

NIM : 1103200034

Robotika Class

### W7: Robotic Sensors and Introduction to Computer Vision

#### 1. Sensors for Mobile Robots

Tujuannya adalah untuk mendapatkan pemahaman tentang berbagai jenis sensor, seperti proprioseptif/eksteroseptif dan pasif/aktif. Buku Siegwart et al. "Introduction to Autonomous Mobile Robots" adalah sumber bacaan yang disarankan. Sensor mobile adalah bagian penting dari robot yang memungkinkan mereka berinteraksi dan merasakan lingkungannya. Karakteristik kinerja utama sensor sangat penting untuk kinerja dan efisiensi robot. Ada dua jenis utama:

- Sensor Proprioceptive: Sensor ini memberikan umpan balik tentang keadaan dalam robot, seperti pergerakannya atau posisinya. Dengan mengidentifikasi perubahan dalam kecepatan, orientasi, dan status daya, mereka membantu pemantauan diri. Sebagai contoh, seorang robot dapat menggunakan giroskop untuk mempertahankan keseimbangan atau encoder untuk mengikuti rotasi roda.
- Sensor ekstroceptive: Sensor ini mengumpulkan data dari sekitar robot, yang penting untuk tugas seperti pengenalan objek dan navigasi. Mereka dapat mendeteksi jarak, mengidentifikasi objek, dan mengukur karakteristik lingkungan seperti suhu dan cahaya.

Sensor juga dapat dikategorikan sebagai pasif atau aktif:

- Sensor pasif mengukur variabel lingkungan secara langsung, seperti kamera yang menangkap cahaya.
- Sensor Aktif mengukur reaksi dengan mengeluarkan sinyal, seperti cahaya atau suara. Salah satu contohnya adalah sonar, yang mengirimkan sinyal dan mendeteksi gema untuk mengukur jarak ke objek.

#### 2. Classification of Sensors

Sensor sangat penting untuk robotika untuk memahami dan berinteraksi dengan lingkungannya. Mereka dapat dikategorikan berdasarkan fungsinya:

- Sensor proprioseptif mengukur keadaan dalam robot dengan cara yang terfokus. Mereka berguna untuk menilai variabel seperti kecepatan sebuah bagian bergerak (kecepatan motor), posisi sebuah sendi (sudut sendi), atau tegangan baterai saat ini. Sensor-sensor ini sangat penting untuk melacak dan mengontrol keadaan robot sendiri.
- Sensor eksteroseptif melihat ke luar dan mengumpulkan data dari lingkungan robot. Mereka dapat mengukur jarak sebuah objek (pengukuran jarak) dan intensitas cahaya (pengukuran intensitas cahaya) di sekitarnya. Sensor seperti ini sangat penting untuk pemetaan lingkungan, pengenalan objek, dan navigasi.
- Sensor pasif bekerja tanpa mempengaruhi lingkungan dengan mendeteksi energi lingkungan seperti cahaya atau panas alami. Misalnya, probe suhu mengukur panas di lingkungan, dan kamera menangkap cahaya. Karena mereka tidak memiliki kontrol atas energi yang mereka deteksi, kinerja sensor ini sangat dipengaruhi oleh lingkungannya.
- Sensor aktif berinteraksi dengan lingkungan dengan mengirimkan energi dalam bentuk tertentu, seperti gelombang suara dalam sensor ultrasonik atau cahaya dalam pemindai jarak laser, dan kemudian mengukur reaksi, seperti energi yang dipantulkan dari objek. Meskipun

interaksi ini kadang-kadang dapat mengubah lingkungan, ini memungkinkan sensor-sensor ini bekerja secara mandiri.

### 3. Sensor Performance

Memberikan penjelasan tentang spesifikasi in situ dan analisis kesalahan sensor. Spesifikasi in situ mencakup parameter desain sensor yang menentukan seberapa baik kinerjanya dalam kondisi dunia nyata. Selain itu, bagian ini membahas dua jenis kesalahan utama yang terkait dengan sensor:

- Kesalahan sistematis adalah kesalahan deterministik yang terjadi karena faktor-faktor yang dapat diidentifikasi dan dapat dimodelkan atau diperbaiki dalam teori. Salah satu contohnya adalah kesalahan kalibrasi, di mana pengukuran sensor selalu salah karena kalibrasi yang salah.
- Kesalahan acak adalah jenis kesalahan ini didistribusikan secara acak dan tidak dapat diprediksi dengan akurat, bahkan dengan model yang canggih. Kesalahan jarak, yang muncul tanpa pola yang konsisten, adalah salah satu contohnya.

Analisis probabilistik digunakan untuk menganalisis kesalahan; asumsi umum adalah bahwa kesalahan mengikuti distribusi simetris unimodal, seringkali Gaussian, yang berguna untuk pemodelan matematika. Namun, asumsi ini dianggap sebagai simplifikasi kasar. Hukum penyebaran kesalahan menjelaskan penyebaran kesalahan ini melalui sistem. Ini mengukur bagaimana kesalahan dari berbagai sumber berdampak pada ketidakpastian umum data sensor.

### 4. An Ecosystem of Sensors

Teknologi sensor yang sedang berkembang, berbagai jenis sensor telah diperkenalkan, termasuk pengode, sensor penentu arah (heading), akselerometer dan IMU, balok sinyal (beacon), dan perangkat pengukuran jarak aktif seperti LiDAR.

Berbagai jenis sensor yang digunakan dalam robotika diperkenalkan dalam bagian "An Ecosystem of Sensors" dari presentasi ini:

- Encoders: adalah alat elektro-mekanis yang dapat mengukur posisi relatif atau absolut dengan mengubah gerakan menjadi pulsa digital. Jenis sensor proprioceptive ini sangat penting untuk lokasi robot.
- Heading Sensors: sensor ini berfungsi untuk menentukan orientasi robot. Mereka dapat berupa sensor proprioceptive, seperti giroskop, yang mempertahankan orientasi relatif terhadap kerangka referensi tetap, atau sensor eksterioceptive, seperti kompas, yang menunjukkan arah relatif terhadap arah geografis mata angin.
- Accelerometers dan IMU (Inertial Measurement Units): IMU adalah perangkat yang menggabungkan accelerometer dan giroskop untuk memperkirakan posisi relatif, orientasi, kecepatan, dan percepatan relatif kendaraan yang bergerak dalam kerangka inersia. Namun, IMU menghadapi masalah utama dengan drift, yang memerlukan pengukuran eksternal secara teratur untuk memperbaikinya.
- Beacons: adalah perangkat yang mengirimkan sinyal ke lokasi yang diketahui dan berfungsi sebagai titik referensi. Ada banyak contoh, mulai dari bintang dan mercusuar yang ada di masa lalu hingga sistem GPS dan pengumpulan gerakan yang ada di era saat ini.
- Active Ranging: Ini mencakup sensor seperti LiDAR, yang dapat mengukur jarak langsung ke objek, yang sangat penting untuk rekonstruksi lingkungan dan lokalitas. Jenis utama sensor adalah geometris (seperti sensor cahaya terstruktur dan triangulasi optik) dan time-of-flight (seperti ultrasonik dan pemetaan laser).

## 5. Introduction to Computer Vision

Pengenalan presentasi tentang Computer Vision bertujuan untuk mengajarkan tentang kamera dan model kamera serta menawarkan rekomendasi untuk bacaan lebih lanjut dari sumber-sumber terkemuka di bidang ini. Visi dijelaskan sebagai kemampuan untuk menginterpretasikan lingkungan menggunakan cahaya dalam spektrum terlihat yang dipantulkan oleh objek. Dengan mengubah cahaya menjadi gambar digital, mata manusia dapat menangkap jumlah informasi yang sangat besar dan kemudian memproses gambar tersebut untuk mengekstrak informasi semantik dan geometris. Metode ini analog dengan kamera.

Konsep pengambilan gambar kembali ke kamera lubang jarum (pinhole camera), yang juga dikenal sebagai kamera tanpa lensa dengan lubang kecil, dibahas dalam presentasi ini. Ini juga membahas sejarah panjangnya, termasuk gambar pertama yang dibuat oleh Leonardo Da Vinci pada tahun 1502 dengan proyeksi perspektif, yang menghasilkan gambar terbalik, dan masalah yang terkait dengan kamera lubang jarum, seperti kabur dengan lubang yang lebih besar atau kegelapan dengan lubang yang lebih kecil. Model lensa tipis 3 menjelaskan bahwa lensa, elemen optik yang memfokuskan cahaya melalui refraksi, adalah solusi untuk masalah ini.

## 6. Vision

Dengan jumlah data yang sangat besar—jutaan bit per detik—mata manusia dianggap sebagai sensor yang sangat informatif. Kamera, seperti sensor CCD atau CMOS, menangkap cahaya dan mengubahnya menjadi gambar digital. Proses ini mencakup penangkapan cahaya, mengubahnya menjadi sinyal digital, dan kemudian memprosesnya untuk mengekstrak informasi yang relevan, mulai dari semantik 1 hingga konten geometris.

Cahaya yang dipantulkan dari objek tersebar di seluruh gambar. Meskipun permukaan yang hanya fotoreseptif akan menangkap cahaya ini, gambar akan sangat kabur. Untuk mengatasi hal ini, ide kamera lubang jarum muncul; ini melibatkan penambahan penghalang dengan lubang kecil, juga dikenal sebagai lubang jarum, untuk menghalangi sebagian besar sinar dan memungkinkan gambar yang lebih jelas. Pada tahun 1502, Leonardo Da Vinci membuat gambar pertama dari model kamera lubang jarum, yang merupakan konsep yang sangat tua.

Meskipun demikian, model kamera lubang jarum memiliki batasan. Dengan aperture yang lebih besar, lebih banyak sinar cahaya dapat melewati, menyebabkan kabur. Di sisi lain, aperture yang lebih kecil mengurangi cahaya, yang dapat menyebabkan kegelapan dan efek difraksi. Dengan menambahkan lensa untuk menggantikan aperture, masalah ini dapat diselesaikan. Element optik, lensa, memfokuskan cahaya melalui refraksi. Model lensa tipis dibuat untuk menjelaskan proses ini.

## 7. Perspective Projection

Dalam computer vision, proyeksi perspektif melibatkan pemetaan titik-titik dari dunia tiga dimensi ke dalam bidang gambar dua dimensi yang akan ditangkap kamera. Metode ini didasarkan pada model kamera lubang jarum dan tetap efektif di bawah model lensa tipis selama kamera difokuskan pada tak hingga. Proses transformasi ini adalah sebagai berikut:

- Mengubah  $P_c$  menjadi  $p$ : Ini mengacu pada pemetaan titik dalam koordinat kamera ( $P_c$ ) ke dalam bidang gambar ( $p$ ).
- Mengubah  $p$  menjadi  $(uv)$ : Satu titik di bidang gambar harus diubah menjadi koordinat piksel  $(uv)$ , yang merupakan cara informasi diwakili dan diproses secara digital.

- Mengubah  $P_w$  menjadi  $P_c$ : Untuk memudahkan pemetaan ke dalam bidang gambar, titik dunia ( $P_w$ ) harus diubah menjadi sistem koordinat kamera ( $P_c$ ).

Koordinat homogen digunakan untuk mengakomodasi non-linieritas proyeksi perspektif. Ini memungkinkan representasi transformasi sebagai pemetaan linier, yang membuat matematika proyeksi lebih mudah dilakukan dan diintegrasikan ke dalam algoritma. Ini bermanfaat untuk aplikasi visi komputer di mana transformasi sering dihitung dan diterapkan.