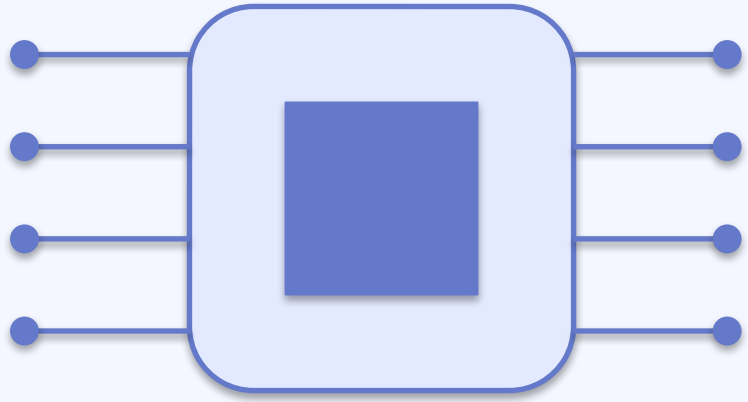
MOBILE ROBOT / NAVIGATION

МОБИЛЬДІ РОБОТТАР ЖӘНЕ НАВИГАЦИЯ ЖҮЙЕЛЕРІ



Қозғалыс платформалары • локализация • карта • маршрутты жоспарлау

CONTROL • COMPUTE • CONNECT

Балжан Ибрагимқызы
PhD, ассистент-профессор

Дәрістің мақсаты және мобильді робот ұғымы

Мобильді робот кеңістікте орын ауыстырады және өз орнын анықтау үшін навигация алгоритмдерін қолданады.

Мақсаты

Мобильді роботтардың қозғалыс принциптері мен навигация жүйелерін түсіндіру.

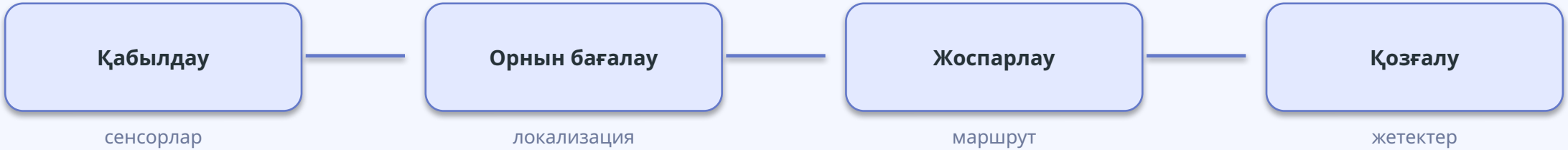
Міндеттері

Қозғалыс платформаларын, локализацияны, карта құруды және маршрут жоспарлауды қарастыру.

Нәтиже

Роботтың ортада жүруіне қажетті негізгі навигациялық блоктарды сипаттау.

Мобильді роботтың навигациялық циклі



1. Мобильді роботтардың түрлері

Қозғалу тәсілі роботтың өтімділігіне, тұрақтылығына және қолданылатын ортаға әсер етеді.

Дөңгелекті

Тегіс еденде тиімді, басқаруы салыстырмалы қарапайым; дифференциалды және Ackermann түрлері бар.

Шынжыр табанды

Кедір-бұдыр жерде тарту күші жақсы; бұрылу кезінде энергия шығыны артуы мүмкін.

Аяқты

Кедергілерден аттап өте алады; механикасы мен тепе-теңдікті басқаруы күрделі.

Платформаны таңдауға әсер ететін факторлар

Жер бедері

еден / дала / баспалдақ

Жүк

массасы мен өлшемі

Жылдамдық

қажетті қозғалыс

Энергия

аккумулятор ресурсы

2. Дөңгелекті роботтың қозғалыс кинематикасы

Дифференциалды жетек екі дөңгелектің сызықтық жылдамдықтарын өзгерту арқылы алға жүреді және бұрылады.

Түзу қозғалыс

Екі дөңгелектің жылдамдығы бірдей болғанда робот түзу бағытта қозғалады.

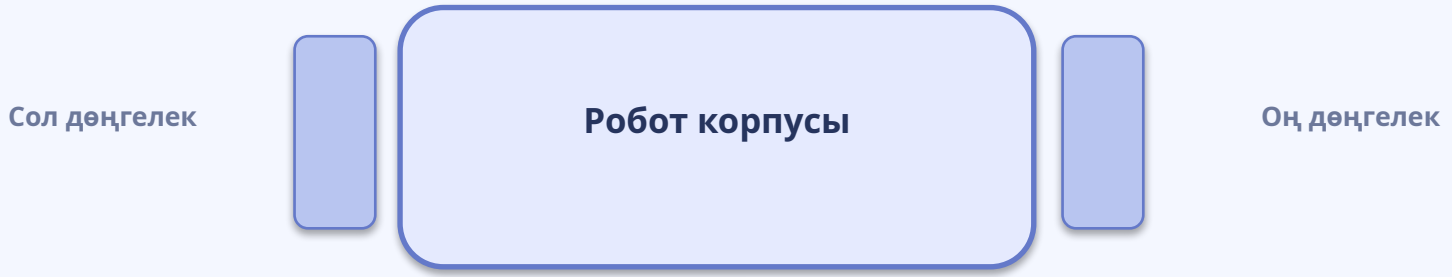
Бұрылу

Сол және оң дөңгелек жылдамдықтарының айырмасы бұрыштық қозғалыс тудырады.

Өз орнында бұрылу

Дөңгелектер қарама-қарсы бағытта айналса, робот шамамен өз ортасында бұрылады.

Дифференциалды жетек схемасы



$$v = (v_r + v_l) / 2 \qquad \omega = (v_r - v_l) / L$$

3. Навигация жүйесінің негізгі міндеттері

Навигация роботқа қай жерде тұрғанын, қайда бару керегін және оған қалай жететінін анықтауға көмектеседі.

Локализация — роботтың орнын бағалау

Карталау — ортаның моделін құру

Жоспарлау — қауіпсіз маршрут таңдау

Бақылау — траекторияны орындау

Абсолют навигация

GPS/GNSS сияқты сыртқы координат жүйесіне сүйенеді; ғимарат ішінде сигнал шектелуі мүмкін.

Салыстырмалы навигация

Одометрия және IMU арқылы бастапқы орыннан қозғалыс өзгерісі есептеледі.

4. Роботтың орнын анықтау: локализация

Локализация роботтың координатасын және бағытын бағалайды; өлшеулер уақыт өте қателік жинауы мүмкін.

Одометрия

Дөңгелек энкодерлерінен жүрген жол мен бұрылу бұрышын есептеу.

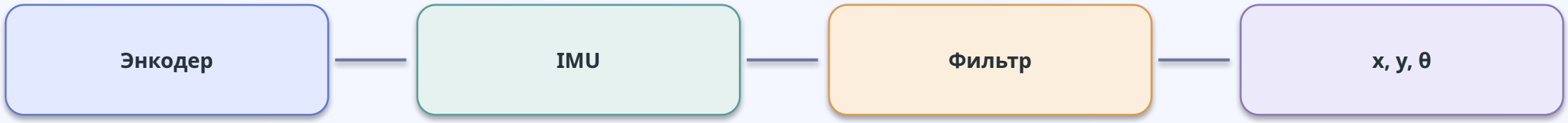
IMU

Акселерометр мен гироскоп қозғалыс және бағдар туралы дерек береді.

GNSS / камера

Сыртқы координата немесе визуалды белгілер арқылы орын бағаланады.

Локализация деректерін біріктіру



5. Карта құру және SLAM

SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) — роботтың бір мезгілде орнын бағалап, қоршаған ортаның картасын құруы.

Occupancy grid

Кеңістік ұяшықтарға бөлінеді; әр ұяшықтың бос немесе кедергі болуы ықтималдықпен беріледі.

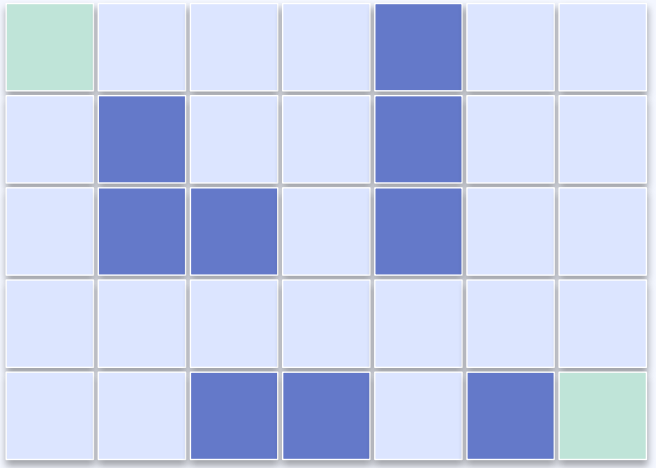
LiDAR SLAM

Лазерлік қашықтық өлшемдерін пайдаланып, карта мен траекторияны бағалайды.

Visual SLAM

Камера кадрларындағы ерекшеліктерді салыстырып, қозғалыс пен кеңістікті бағалайды.

Қарапайым торлы карта үлгісі



■ Кедергі □ Бос ұяшық ● Роботтың орны

6. Маршрутты жоспарлау және кедергіден айналу

Жоспарлау алгоритмі мақсатқа жететін, қауіпсіз және орындалатын жолды таңдайды.

Dijkstra

Графтағы ең қысқа жолды табады; барлық салмақ теріс емес болғанда қолданылады.

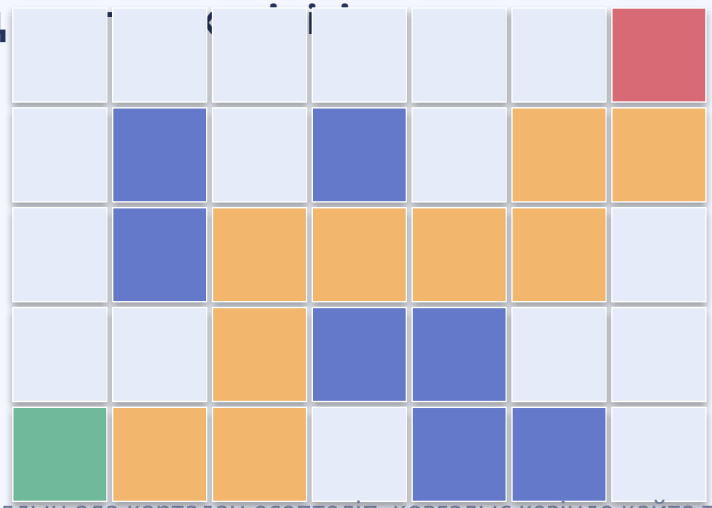
A*

Нақты шығын мен эвристикалық бағалауды біріктіріп, мақсатқа бағытталған іздеу жасайды.

Жергілікті жоспарлау

Жақын кедергілерге қарай траекторияны нақты уақытта түзетеді.

Тордағы маршруттың



Кедергілерді айналып өтетін жол алдын ала картадан есептеліп, қозғалыс кезінде қайта түзетілуі мүмкін.

7. Навигация сенсорлары және деректер

Сенсорларды біріктіру навигацияның сенімділігін арттырады; әр сенсордың артықшылығы мен шектеуі бар.

LiDAR

Қашықтықты бұрыш бойынша өлшеп, қоршаған ортаның геометриясын береді.

Камера

Түсті, белгілерді және визуалды ерекшеліктерді анықтайды.

Ультрадыбыс / ToF

Жақын кедергілерді анықтау мен қауіпсіз тоқтауға көмектеседі.

Сенсорды таңдау: міндетке және ортаға қарай

Ғимарат іші	LiDAR / камера / IMU
Ашық кеңістік	GNSS + IMU + одометрия
Жақын кедергілер	ToF / ультрадыбыс
Дәл бұрылыс	энкодер + гироскоп

8. Навигация сапасын бағалау және қолдану

Навигация нәтижесі позиция дәлдігімен, маршрут ұзындығымен, уақытпен және қауіпсіздікпен бағаланады.

Позиция қатесі

Бағаланған координата мен нақты координатаның айырмасы.

Маршрут тиімділігі

Жол ұзындығы, жүру уақыты және энергия шығыны.

Қауіпсіздік

Соқтығысуды болдырмау және тоқтау қашықтығы.

Қолданылатын салалар

Қойма логистикасы

AMR тасымалдау роботтары

Өндіріс

цех ішіндегі автономды қозғалыс

Қызмет көрсету

ғимарат ішіндегі жеткізу

Зерттеу

автономды көлік және дрондар

Халықаралық робототехника федерациясының (IFR) деректері бойынша, 2023 жылы әлемде 113 000-нан астам кәсіби қызмет көрсету роботы сатылған.

Қорытынды және бақылау сұрақтары

Мобильді роботтың автономдылығы қозғалыс моделіне, сенсорларға, локализацияға, картаға және жоспарлауға сүйенеді.

Негізгі қорытынды

Навигация: сенсорлық қабылдау → локализация → карта → маршрут жоспары → қозғалысты басқару.

Инженерлік қағида

Бір сенсорға толық тәуелді болмаңыз; ортаға сай бірнеше өлшеуді біріктіріп, қауіпсіздік шектерін орнатыңыз.

Бақылау сұрақтары

1. Мобильді роботтардың негізгі түрлерін атаңыз.
2. Дифференциалды жетек қалай бұрылады?
3. Локализация мен карталаудың айырмашылығы неде?
4. SLAM алгоритмінің міндеті қандай?
5. A* алгоритмі маршрутты қалай іздейді?

Дереккөздер: IFR, World Robotics 2024; S. Thrun et al., Probabilistic Robotics; ROS 2 Navigation documentation.