

ПРО ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ ПАСИВНОГО СТЕРЕОЗОРУ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Володимир Пчолкін

Інститут штучного інтелекту. 340048, Донецьк, вул. Артема, 118-б

Тел./Факс: (0622)926082. E-mail:vlad@iai.donetsk.ua

Detection of obstacles based on passive stereo vision is attractive for using in mobile robotic systems, but is very time-consuming in its implementation. Known algorithms of fast stereo matching apply some constraints to the stereo vision system. In the present paper the requirements to the geometric parameters of vision system are formulated, which both satisfy the mentioned constraints and provides desired accuracy of 3D scene detailization. The requirements to the depth map construction algorithm are also discussed.

ВСТУП

Система технічного зору є одною з найважливіших при створенні мобільного робота. В свою чергу, головним завданням такої системи є відтворення трьохвимірної сцени за даними, отриманими з одного чи кількох зображень. Найбільш очевидний шлях для вирішення цього завдання є використання стереозору. Як пасивна система, стереосистема дозволяє уникнути проблем, пов'язаних з інтерференцією випроміненого та відбитого проміння, що виникають при використанні активного зору. Разом з тим, при створенні зорової системи мобільного робота виникає низка специфічних проблем, пов'язаних з необхідністю розробки алгоритма, що, з одного боку, обробляє інформацію в реальному часі, а з іншого – забезпечує знаходження перешкод з необхідною точністю. Ці обставини накладають низку обмежень як на характеристики відеопідсистеми, так і на якості алгоритма. Деякі з цих обмежень обговорюються нижче.

1. ВИБІР СТЕРЕОБАЗИ

Більшість систем стереозору моделюються як пара однакових камер з оптичними вісями, розташованими в площині OXZ та паралельними OZ (див. рис. 1). Знаючи відстань між оптичними вісями обох камер (стереобазу), фокусну відстань і положення будь-якої точки на лівому та правому зображеннях, можливо знайти віддалення цієї точки від камер (глибину):

$$z = \frac{bf}{x'_n - x'_l} = \frac{bf}{\Delta x} \quad (1)$$

де b – стереобазу;

f – фокусна відстань;

Δx – різниця між положеннями точки на лівому та правому зображеннях вздовж OX (диспаратність).

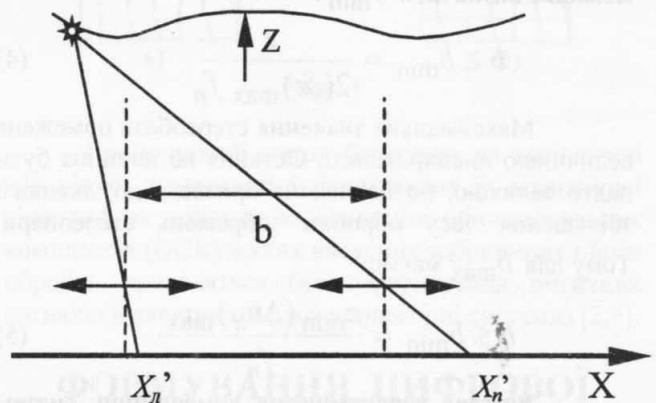


Рис. 1. Принципова схема розташування камер у типовій системі стереозору.

Під час обробки комп'ютерних зображень відстань вимірюється в пікселях, тому формулу (1) треба скорегувати, виразивши в пікселях диспаратність та фокусну відстань. Перевідний коефіцієнт k_x :

$\Delta x = k_x \Delta n_x$ дається співвідношенням:

$$k_x = \frac{2f}{\text{Max}X} \text{tg} \frac{\varphi}{2} \quad (2)$$

де $\text{Max}X$ – горизонтальний розмір комп'ютерного зображення в пікселях;

φ – кут зору камери;

Δn_x – диспаратність у пікселях.

Таким чином, z залежить від Δn_x :

$$z = \frac{bf n}{\Delta n_x} \quad (3)$$

де $f_n = \frac{\text{Max}X}{2 \text{tg} \frac{\varphi}{2}}$ – фокусна відстань в пікселях.

Для знаходження величини z треба знати b , f_n та Δn_x . Величина f_n є характеристикою

камери та пристрою відеоцифрування й визначається під час процедури калібрування. Калібрування камер необхідне також для застосування так званої епіполярної моделі, що дозволяє звести двохвимірний пошук відповідних точок на зображеннях до одновимірного [1]. Величина ж стереобазис до деякої міри може задаватися вільно.

Мінімальне значення стереобазис b_{\min} обмежене вимогами точності визначення відстаней до віддалених об'єктів. Для відкаліброваних камер похибка в визначенні z пов'язана, головним чином, з помилками дискретизації зображень. Маючи $(\delta z)_{\max}$ - максимальну відносну похибку глибини, можливо визначити b_{\min} :

$$b \geq b_{\min} = \frac{z}{2(\delta z)_{\max} f_n} \quad (4)$$

Максимальне значення стереобазис обмежене величиною диспаратності. Остання не повинна бути надто великою, бо це інакше призведе до значного збільшення часу обробки зображень стереопари. Тому для b_{\max} маємо:

$$b \leq b_{\max} = \frac{z_{\min} (\Delta n_x)_{\max}}{f_n} \quad (5)$$

Розгляд характеристик комерційних систем стереозору [2] показує, що для забезпечення швидкості обробки на рівні 2 кадрів/с для зображень розміром 320×200 Δn_x не повинна перевищувати 64 пікселів.

Застосування формул (4) та (5) з урахуванням вищезазначеного визначає величину $b=0,1\text{м}$, як таку, що забезпечує точність 5% під час визначення глибини $z=10\text{м}$ і величину диспаратності ~ 30 пікселів для $z=1,5\text{м}$. Ця величина стереобазис близька до застосованої в [2].

2. ВИБІР АЛГОРИТМА

Головним завданням стереоалгоритма є відтворення трьохвимірної сцени за двома її проєкціями, фактично – визначення глибини для кожної точки зображень (побудова карт глибини). Головною вимогою, що висувається до такого алгоритма, поруч із надійністю, є велика швидкість обробки зображень, що важко забезпечити внаслідок великої обчислювальної складності. Всі відомі сьогодні системи стереозору, що працюють у режимі реального часу, використовують кореляційний підхід та спрощену епіполярну модель, згідно якій усі відповідні точки знаходяться на горизонтальних лініях та на однаковій висоті у обох зображеннях. Однак при цьому так чи інакше застосовуються апаратні особливості: суттєве використання MMX-

технології [2], спеціальних процесорів та систем з паралельними обчисленнями [3,4].

Створення систем стереозору для мобільних роботів на основі IBM PC-сумісних комп'ютерів вимагає більш швидкого алгоритму ототожнення.

Прискорити пошук відповідних точок можливо, застосувавши, поруч з кореляційним підходом, багатомасштабний пошук, який дозволить суттєво скоротити область обчислення кореляції та розмір кореляційної матриці. Використання такого сумісного підходу було раніше з успіхом застосовано для розпізнавання людських облич [5].

ВИСНОВКИ

У цій праці проаналізовані вимоги до системи стереозору, придатної до застосування для обминання перешкод у мобільних робототехнічних пристроїв. Розглянуто як деякі технічні обмеження, так і вимоги до алгоритмів побудування карт трьохвимірних сцен.

- Запропоновані співвідношення, що пов'язують величину стереобазис системи пасивного стереозору з точністю визначення глибини, з одного боку, та величиною диспаратності (від якої однозначно залежить час пошуку відповідних точок на зображеннях стереопари), з іншого. Відмічено необхідність калібрування відеокамер такої системи.

- Зроблено оцінки величини стереобазис, що задовольняє обом співвідношенням. За оцінками отримано величину, близьку до використаної в комерційній системі стереозору.

- Запропоновано спосіб удосконалення існуючих стереоалгоритмів реального часу для більш швидкого ототожнення.

ЛІТЕРАТУРА

1. R.Y. Tsai. *An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision*//IEEE Computer Vision and Pattern Recognition.- 1987.- p.364-374.
2. <http://www.ptgrey.com/main.htm>
3. M. Bertozzi, A. Broggi. *GOLD: A Parallel Real-Time Stereo Vision System for Generic Obstacle and Lane Detection*//IEEE Trans. on Image Processing.- 1998.- V.7.- N.1.- p.62-81.
4. R. Klette, A. Koschan, K. Schluens, V. Rodehorst. *Surface reconstruction based on visual information*/Technical Report 95/6, Univ. of Western Australia. July 1995.
5. P.J. Burt. *Smart sensing within a pyramid machine vision*//Proc of IEEE.- 1998.- V.76.- N.8.- p.1006-1015.