

مشروع نظام القيادة الذاتية (InterFuser)

نموذج ذكاء اصطناعي للقيادة الذاتية يعتمد على معمارية المحولات لدمج البيانات من مصادر متعددة

Simulation Step: 100 ms

Speed: 21 km/h

Gear: 1

Speed Limit: 30 km/h

Traffic Light: Green

Location: (94, 202, 38)

Orientation: (0.59, -0.81, 0.00)

Acceleration: (5.26, 2.89, 0.00)

Collision (Cars): 0

Collision (Pedestrian): 0

Collision (Other): 0

إشراف المهندس: آدم الطويل

تنفيذ الطالب: طارق العمري

علوم الحاسوب - جامعة إب



تخطيط المسار



محولات ذكية



استشعار متعدد

ملخص المشروع

مقدمة

نموذج ذكاء اصطناعي للقيادة الذاتية يعتمد على **معمارية المحولات** لدمج البيانات من مصادر متعددة (صور الكاميرا، بيانات الحساسات، والقياسات)

الأهداف

- التنبؤ بمسار السيارة (Waypoints) والتحكم فيها
- اكتشاف إشارات المرور وعلامات التوقف
- تحسين السلامة في المواقف المعقدة

المميزات الرئيسية

آلية الانتباه

دمج المستشعرات

تحكم آمن

مخرجات قابلة للتفسير



محاكاة CARLA للقيادة الذاتية

بنية النموذج (InterFuser)

المكونات الرئيسية

معالجة الليدار

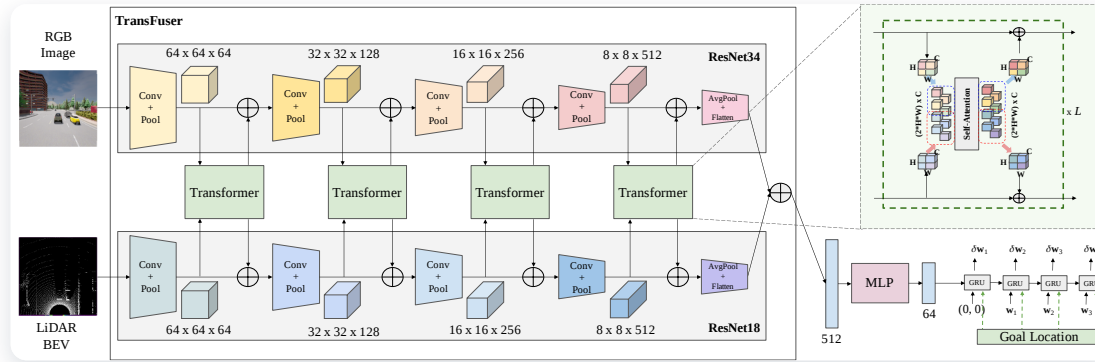
معالجة الصور

المحول الأساسي

معالجة الصور: شبكة عصبية (ResNet) لاستخراج الخصائص من صور الكاميرات

معالجة الليدار: بيانات الليدار بعد تحويلها لمنظور عين الطائر (BEV)

المحول: آلية الانتباه لربط المعلومات البصرية ببيانات السيارة



مخطط معمارية InterFuser لدمج بيانات متعددة الأوضاع

المخرجات

تصنيف الإشارات

نقاط المسار

نقاط المسار: سلسلة من الإحداثيات (x, y) التي تمثل المسار المستقبلي للسيارة

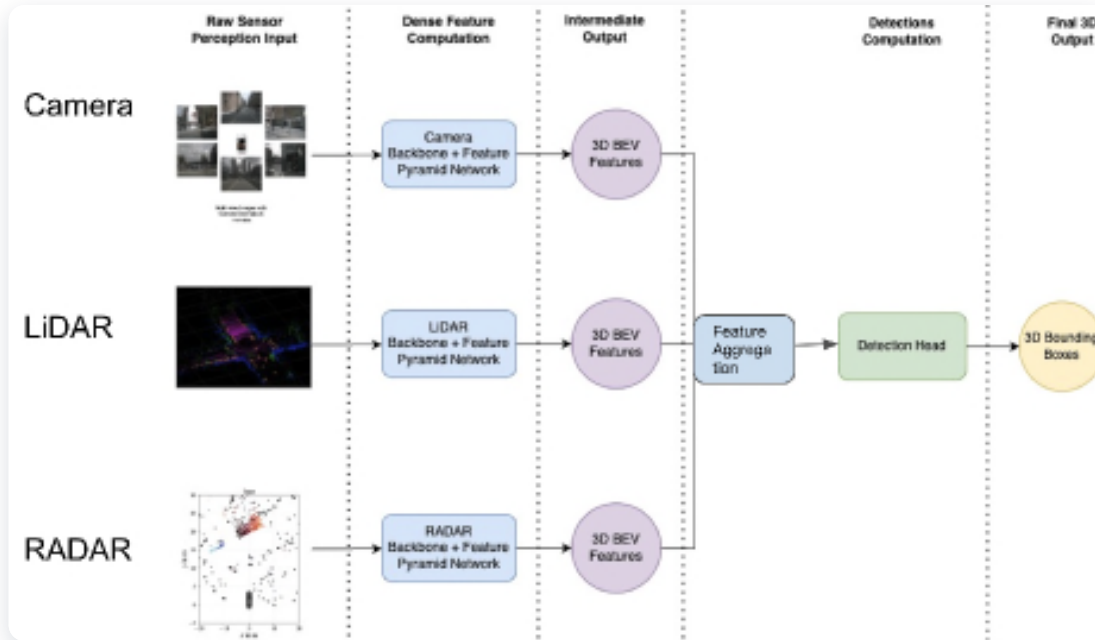
تصنيف الإشارات: التنبؤ بحالة إشارة المرور ووجود علامات "قف"

مجموعة البيانات والمعالجة

مصدر البيانات

بيانات محاكاة من **CARLA 0.9.10.1** في 8 مدن مختلفة

بنية البيانات



نظام استشعار متعدد الأوضاع للقيادة الذاتية

📷 `rgb_{front, left, right, rear}`: صور متعددة الزوايا

📍 `lidar`: سحابة نقاط ثلاثية الأبعاد

📖 `birdview`: صورة من منظور عين الطائر

📊 `measurements`: سرعة، موقع، توجيه

معالجة البيانات

📄 نسخ الصورة للكاميرات المتعددة

🔧 توحيد القيم (Normalization)

🔧 تحسينات (Augmentations)

↔️ تكيف كود البيانات للعمل بمدخل كاميرا واحدة

🖼️ تطبيق تحسينات لزيادة قوة النموذج

➡️ إعداد البيانات للدخول في مرحلة التدريب

إعدادات التدريب وسير العمل

معلومات التدريب

معدل التعلم: 5e-4

حجم الدفعة: 40

عدد الدورات: 10

استخدام AdamW كمحسن (Optimizer)

جدولة معدل التعلم مع فترة التسخين (Warmup)

دالة الخسارة

CrossEntropy للإشارات

L1 Loss للمسار

حساب دقة المسار المتوقع مقارنة بالمسار الحقيقي

دقة تصنيف إشارات المرور وعلامات التوقف

سير العمل

4
حلقة التدريب
تحديث أوزان الشبكة

3
بناء النموذج
إنشاء نسخة من InterFuser

2
تحميل البيانات
PDMDataset و DataLoader

1
التهيئة
استيراد المكتبات اللازمة



عملية تدريب نموذج القيادة الذاتية

دوال الخسارة المخصصة في InterFuser

تم تنفيذ التكلفة بنجاح. يحتوي الكود على تعريف بنية نموذج الشبكة العصبية InterFuser، بالإضافة إلى تصميم **دوال الخسارة المخصصة** التي تعكس طبيعة المهام المختلفة التي يعالجها النموذج.

خسائر التصنيف المساعدة



استخدام **Cross Entropy Loss** للمهام الفرعية الثلاث

Junction Head: تصنيف

وجود السيارة في تقاطع

Traffic Light Head: تصنيف حالة إشارة المرور

Stop Sign Head: تصنيف وجود علامة توقف

خسارة التنبؤ المروري



دالة **هجينة** تجمع بين L1 Loss و Focal Loss

Focal Loss: للقناة الأولى (Score/Probability) لاحتمالية وجود جسم

L1 Loss: للقنوات الست الأخرى التي تمثل خصائص الجسم

حساب الخسارة فقط للخلايا التي تحتوي على جسم (Masked Loss)

خسارة التنبؤ بالمسار



استخدام **L1 Loss** (Mean Absolute Error) لحساب الفرق بين الإحداثيات المتنبأ بها والإحداثيات الحقيقية للمسار المستقبلي

✓ مناسبة لمهام الانحدار (Regression)

✓ أقل تأثراً بالقيم المتطرفة (Outliers)

✓ مثالية للتنبؤ بالمسار في القيادة الذاتية

دالة الخسارة الكلية



تم تجميع هذه الخسائر في دالة خسارة كلية باستخدام **أوزان ترجيحية (λ)** لضبط أهمية كل مهمة أثناء عملية التدريب، مما يضمن توازن أداء النموذج. الكود يتضمن فئة **InterFuserLoss** التي تقوم بتنفيذ وحساب هذه الخسائر بشكل منظم.

التقرير الفني الختامي: نموذج HDPE_V10 للقيادة الذاتية

يعكس هذا التقرير رحلة تدريب نموذج HDPE_V10 عبر **50 دورة تدريبية**، حيث انتقل النموذج من مرحلة التعلم الأساسي إلى مرحلة الإتيقان الكامل في التخطيط الملاحي والإدراك البصري.

تحليل منحنيات التدريب

- تلاشي التذبذب: تلاشت التذبذبات الحادة في الدورات الأولى (1-15) تماماً بعد الدورة 30
- تصحيح المسار العرضي: تصحيح ذاتي للنموذج بعد صعود مؤقت في خسارة إشارات المرور (25-32)
- كفاءة HDPE: قدرة فائقة على موازنة المهام المتعددة دون تضارب بينها

المقياس	البداية (Epoch 1)	النهاية (Epoch 50)	نسبة التحسن
إجمالي خسارة التحقق	3.7459	2.7829	~25.7%
دقة تخطيط المسار	0.4638	0.0420	~90.9%
دقة رصد الأجسام (IoU)	0.4823	0.4592	~4.8%
دقة إشارات المرور	97.04%	97.04%	ثبات متميز
دقة علامات التوقف	100.00%	100.00%	دقة مطلقة

التصنيف والذكاء السلوكي

- علامات التوقف: دقة **100%**، ضمان الالتزام الكامل بالقوانين
- إشارات المرور: استقرار عند **97.04%** للسيناريوهات المعقدة
- التقاطعات: وعي مكاني ممتاز بنسبة **93.26%**

الإدراك المكاني

- كسر الحواجز: نجح النموذج في كسر حاجز **0.46** في خسارة IoU
- موثوقية الرصد: قدرة عالية على تحديد أبعاد السيارات والعوائق بدقة متناهية

الملاحة والتحكم

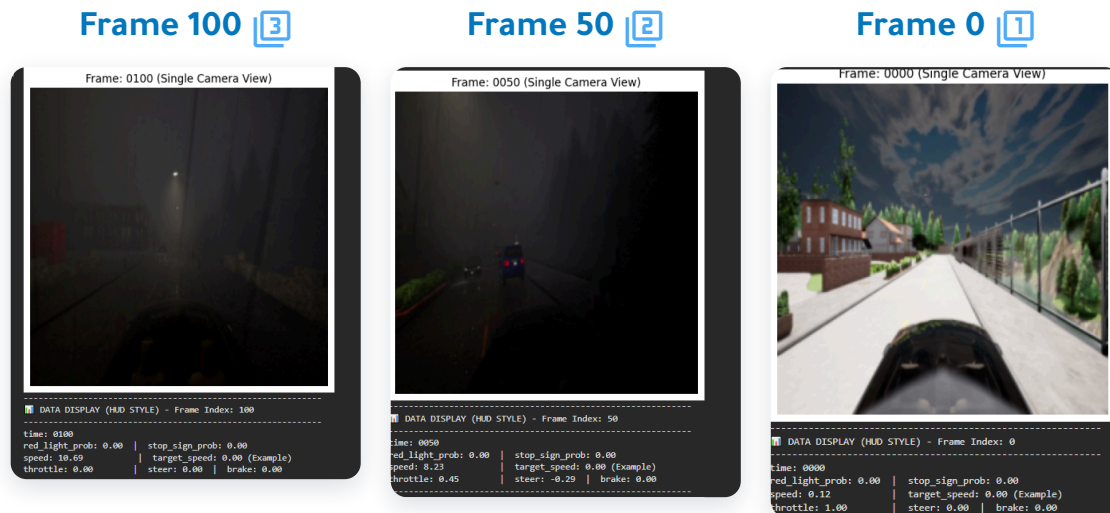
- التطور المذهل: انخفضت الخسارة بنسبة تفوق **90.9%**
- النتيجة الميدانية: تحولت السيارة من التخمين العشوائي للمسار إلى "القيادة الجراحية"

الخلاصة والتوصيات

النموذج HDPE_V10 في حالته الحالية هو "جاهز تماماً للإنتاج". تم حفظ النسخة النهائية عند أفضل خسارة تحقق (2.7829)، والتي تمثل التوازن المثالي بين سرعة معالجة البيانات ودقة تنفيذ القرارات الملاحية.

قراءة البيانات واستكشافها في مشروع نظام القيادة الذاتية

إطارات المحاكاة



الملاحظات الرئيسية

تطور السرعة: من 0.12 عند الإطار 0 إلى 10.69 عند الإطار 100

تغير التحكم: انخفاض throttle من 1.00 إلى 0.00 مع زيادة السرعة

البيانات البصرية: تطور المشهد من وضوح النهار إلى ليلة ممطرة

توافق البيانات: أبعاد البيانات متوافقة مع متطلبات نموذج InterFuser

عرض البيانات (نمط HUD)

Frame Index: 0

0000 :time
0.12 :speed
1.00 :throttle
0.00 :steer

Frame Index: 50

0050 :time
8.23 :speed
0.45 :throttle
0.29- :steer

Frame Index: 100

0100 :time
10.69 :speed
0.00 :throttle
0.00 :steer

تحليل أشكال البيانات

Image Shape: [3, 224, 224]

Measurements: [8]

Waypoints: [10, 2]

صور المراقبة من نموذج HDPE_V10

توضح هذه الرسوم البيانية أداء نموذج HDPE_V10 خلال عملية التدريب، مع عرض مؤشرات الخسارة المختلفة وتطورها عبر 50 دورة تدريبية.

مؤشرات الخسارة

إجمالي خسارة التحقق (val_total_loss)

خسارة تخطيط المسار (val_loss_wp)

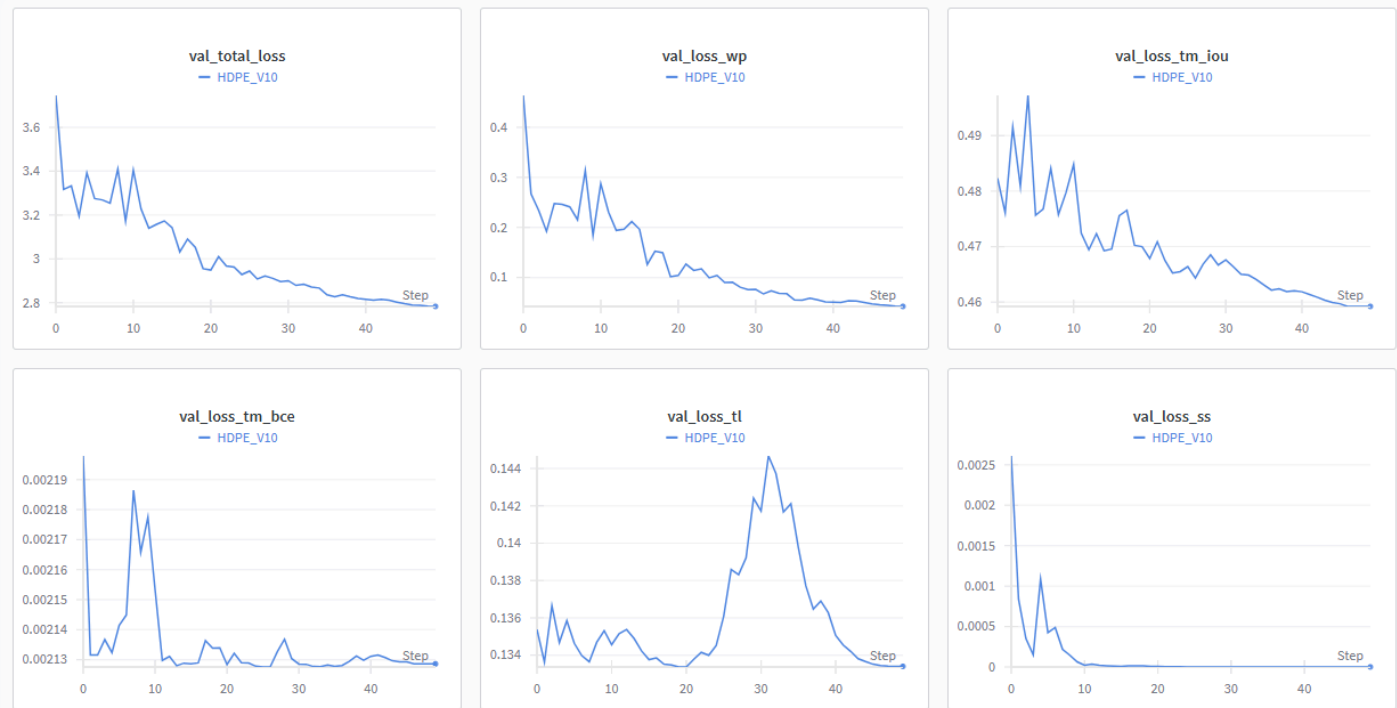
خسارة رصد الأجسام (val_loss_tm_iou)

خسارة تصنيف الأجسام (val_loss_tm_bce)

خسارة إشارات المرور (val_loss_tl)

خسارة علامات التوقف (val_loss_ss)

منحنيات الخسارة خلال التدريب



رؤى رئيسية من منحنيات التدريب

أسرع تحسن في خسارة تخطيط المسار 90.9%

استقرار النموذج بعد الدورة 30

انخفاض مستمر في جميع مؤشرات الخسارة