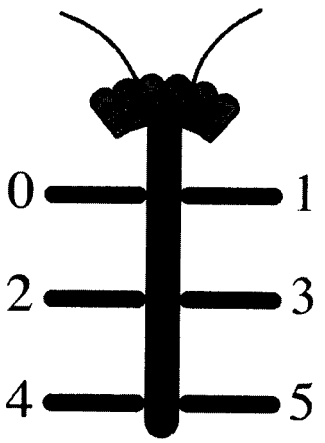
ملحق آلية عمل «جنكيز»

لقد شرحنا في الفصل الثالث باختصار بعض آليات عمل «جنكيز»، ونقدم هنا التفاصيل الكاملة لبرمجياته، دون إخفاء أي شيء. لكننا قبل ذلك نحتاج إلى دراسة بعض القضايا المتعلقة بتركيبة «جنكيز» الميكانيكية وأجهزة الإحساس لديه، كي يتسنى لنا فهم كيفية قيام البرمجيات بتفعيلة.

يمتلك «جنكيز» ست أرجل تنتظم تماماً كما الحشرة سداسية الأرجل، ثلاثة أزواج على طول الجسم، كما يبين الشكل 5. وكل زوج من هذه الأرجل يتطابق مع الآخر، على عكس الحشرات التي غالباً ما تكون أرجلها الخلفية أكبر بكثير من أرجلها الأمامية. ويبين الشكل 6 الترتيب الحركي المجرد (kinematic) لأرجل «جنكيز»، حيث يُربط محركان إلى كل رجل، وبمقدور كل رجل أن تتأرجح مع «كتفها» إلى الأمام والخلف، وإلى الأعلى والأسفل تبعاً للمحركين اللذين يتحكمان بها.



الشكل 5: «جنكيز» ست أرجل تتوزع على جانبي جسمه بشكل تناظري (ثلاث في كل جانب)، ويحمل كل منها رقماً كما في الصورة.

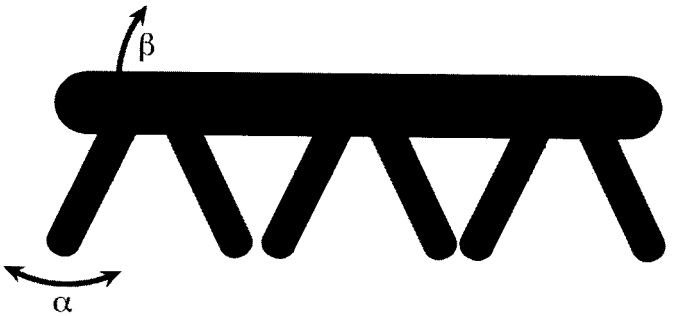
وليس ثمة «ركبة» أو «عقب» أو «أصابع» لرجل «جنكيز»، بل مجرد هذه المحركات على كتفها. وسوف نشير إلى المحرك الذي يدير الرجل إلى الخلف والأمام باسم محرك التقدم ألفا أو (أ) وسوف نطلق على المحرك الذي يدير الرجل إلى الأعلى والأسفل اسم محرك التوازن بيتا أو (ب).

ويتم التحكم بكل محرك عن طريق إعطائه رقماً يتراوح بين -25 و25، ويمثل كل رقم الوضع الذي يجب على «جنكيز» التوجه إليه. يمثل الرقم صفر بالنسبة لمحرك التقدم آلفا وضع الرجل ممدودة بشكل عامودي مع الجسم. وتشير الأرقام السلبية إلى وضع الرجل في نقطة خلفية، في حين تشير الأرقام الإيجابية إلى وضع الرجل ممدودة إلى نقطة في الأمام. أما بالنسبة لمحرك التوازن بيتا، فالرقم صفر يمثل وضع الرجل ممدودة بشكل مستقيم يوازي الأرض، وتحركه الأرقام السلبية باتجاه الأسفل والأرقام الإيجابية باتجاه الأعلى.

عندما يعطى المحرك رقماً، وكل رقم يتوافق مع أمر باتخاذ وضع محدد، تزداد سرعته إلى حدها الأقصى لتحريك الرجل ووضعها في المكان المطلوب، ثم تنخفض السرعة تدريجياً لتصل درجة الصفر حال بلوغ الهدف. ويمكن للمحرك أن يسير بوتيرة أبطأ من سرعته القصوى، وذلك عن طريق «قيادته»، أي تزويده بسلسلة أوامر للتوجه إلى أماكن تتلو مباشرة موقعه الحالي.

ولـ«جنكيز» أربعة أنواع من الحساسات:

- قرنا استشعار في المقدمة، يكونان إما بوضع التوقف أو التشغيل، تبعاً لما إذا كان أي منهما يلامس شيئاً قوياً لدرجة ثني قرن الاستشعار.
- تتوزع حساسات القوة هذه على كل محرك، وعندما تواجه الرجل ما يعيق وصولها إلى المكان المحدد فإن قوتها (في كل من الاتجاهين أ و ب) تزداد على مقياس يتراوح بين صفر و15 درجة، حيث يشير الرقم الأكبر إلى مدى ازدياد القوة.
- مقياس الميل أو الانحراف (inclinometer) المصنوع من حوض نصف دائري حيث يمكن للكريات داخله التحرك إلى الأمام والخلف. ويحدد ذلك زاوية ميل جسم الروبوت في الوضعية الأمامية، وفق مقياس حده الأعلى 15 درجة وحده الأدنى صفر، ليشير إلى أقصى درجات الميل في الوضعية الخلفية.
- ستة حساسات كهروحرارية تتموضع، خلف عدسات «فرسنل» البلاستيكية، وتنتظم في مقدمة الإنسان الآلي، وكل منها إما بوضعية التوقف أو التشغيل، تبعاً لاستشعارها تغيراً في مستويات الأشعة تحت الحمراء التي يبلغ طول موجتها حوالي 10 ميكرونات، أي ما يعادل درجة حرارة البشر.



الشكل 6: يتحكم المحركان (أ) و(ب) بأرجل كيسمت الست، ويتمتع كل من هذه الأرجل بقدرة المناورة على مستويين من مستويات الحركة. يمنح المحرك (أ) كل رجل حرية الحركة إلى الأمام والخلف، بينما يتحكم المحرك (ب) بحركتها إلى الأعلى والأسفل.

توفر هذه الحساسات المدخلات في عمليات الحساب والتفكير التي تتم داخل «جنكيز»، في حين تشكل أوامر المحرك مخرجاتها النهائية. وقد قمنا بتنظيم عمليات التفكير من الداخل عبر مجموعة كومبيوترات صغيرة (أسميناها في الفصل الثالث آلات دعم الوضع النهائي (AFSMs)) تعمل دون توقف، بتوصيلات افتراضية تصل المخرجات بالمدخلات ضمن هذه آلات. ويوضح الشكل 2 المخطط الكامل لتوصيلات عمليات التفكير داخل «جنكيز»، ويشتمل على 51 آلة دعم (AFSMs)، معظمها نسخ سداسية يتوزع كل منها على رجل من أرجل «جنكيز»[1].

وكما هي الحال في الإنسان الآلي «ألان»، فقد جرى تصميم وبناء برمجيات «جنكيز» على شكل طبقات ومستويات مختلفة نعتقد أنها تتوافق بشكل تقريبي مع مستويات الأداء الثابت التي ربما تكون أوجدتها آليات النشوء والارتقاء.

1. في الرمز الفعلي لـ«جنكيز»، كانت هناك سبع وخمسون، وليست واحدة وخمسين آلة (AFSMs)، والسبب في ذلك وجود ستة آلات إضافية استخدمت لامتصاص الضجيج وضعت على مجسات القدرة التنازلية. التفاصيل ليست مهمة لفهم آلية عمل «جنكيز»، نظراً لأن وجود مجسات أفضل كان سيؤدي تماماً إلى نفس النتيجة.

الوقوف

الوقوف أبسط عمل يؤديه «جنكيز»، ولتمكينه من القيام بهذا المظهر من مظاهر السلوك احتجنا اثنتي عشرة آلة دعم (AFSMs)، بمعدل واحدة لكل محرك. وقامت ست آلات متماثلة بالتحكم بالمحركات (A) وست أخرى للتحكم بالمحركات (B)، وفيما يلي تعريفات لهذه الآلات :

وضع آلفا: بدءاً من الوضع الافتراضي صفر، وجه المحرك باستمرار إلى تلك الوضعية.

وضع بيتا: بدءاً من الافتراضي الصحيح 20، وجه المحرك باستمرار إلى تلك الوضعية.

لاحظ أن آلتي آلفا وبيتا متماثلتان باستثناء أن لكل منهما نقطة محددة يتحتم عليهما توجيه المحرك المرفق إليها. ولاحظ أيضاً أن أياً منهما لا يمتلك مدخلات أو مخرجات، وبالتالي فلم يكن ثمة حاجة إلى وجود توصيلات افتراضية بينهما .

وقد استخدم «جنكيز» مجموعة الآلات هذه للقيام بعمل واحد على وجه التحديد، فعندما أديرت الآلات إلى وضع التشغيل، استطاع «جنكيز» الوقوف حين كان مستلقياً وبطنه مستند إلى سطح مستوٍ. أما إذا كان مستلقياً على ظهره لحظة التشغيل، فإنه ببساطة يحرك أرجله إلى وضعية الوقوف، فيبقيها مشرعة في الهواء لكنه هو نفسه لا يتحرك أبداً. وهكذا نجح مستوى التحكم هذا في ظروف بيئية محددة، لكنه أدى إلى سلوك غير مناسب في ظروف أخرى. والحيوانات جميعها ليست معصومة عن مثل هذه الأخطاء، وإن تكن عادة أقل وضوحاً . وقد استطعنا لاحقاً إيجاد قدرات ميكانيكية أفضل ساعدتنا على دمج سلوكيات تصحيح وضع الشقلبة هذا في الروبوتات

الأخرى، رغم أن طبقة التحكم فيها لم تكن أكثر تعقيداً من مثيلتها داخل «جنكيز».

الخطو الإلزامي

كانت الطبقة التالية من مستويات الارتقاء والتطور تتجسد في منح «جنكيز» القدرة على القيام بخطوة واحدة إلى الأمام، مع الدفع المناسب إلى الخلف وإبقاء الأرجل ثابتة على الأرض. ولم يكن ثمة سبب يدعو «جنكيز» إلى القيام بتلك الخطوة في مستوى التطور هذا، لكنه كان على استعداد للخطو إن قام أحد برفع إحدى أرجله.

كان أول ما يتوجب القيام به تعديل وضع الآلات آلفا وبيتا بحيث تحصل على مدخلات ومخرجات. والتعريف الجديد لوضع آلة بيتا التالي كان نفس تعريف وضع آلة آلفا، باستثناء أن الأخيرة احتفظت بوضعها الصحيح من النقطة صفر.

> وضع بيتا. مدخلات: بدءا من الوضع الافتراضي 20، وجه المحرك باستمرار إلى تلك الوضعية، وحول إلى مخرجات آخر أوامر وضع المحرك التي وجهت إليك. إذا تم استقبال بيتا جديدة، غيِّر وضع المحرك المطلوب حالياً بنفس المقدار.

تتلقى آلة وضع بيتا الجديدة أوامرها تبعاً للمدخلات التي تعلم المحرك بكيفية التوجه انطلاقاً من موقعه الحالي وبضرورة الإبقاء على ذلك الوضع الجديد كهدف ثابت.

قمنا بعد ذلك ببناء دارات تغذية إرجاعية لمحركي آلفا وبيتا. وقد تم توصيل مخرجات الدارات المستقلة الستة للتغذية الإرجاعية في محركات بيتا إلى مدخلات آلة تحريك الرجل إلى الأسفل، وهي آلة جديدة تم وصل

مخرجاتها بمدخلات آلة وضع بيتا نفسها، كما يوضع الشكل 2. وتهدف أبسط النسخ لهذه الآلة التي تم تجريبها مؤخراً، أي آلة الرجل إلى الأسفل، إلى إجبار المحرك على العودة إلى وضع توجهه إلى الأسفل بمقدار 20 درجة، بغض النظر عن التغيرات التي تطرأ على الموقع المتخذ داخل آلة وضع بيتا.

الرجل إلى الأسفل. مدخلات: ب . أعط باستمرار مخرجات 20- ب.

وكانت النتائج الأولية لإضافة مثل هذه الآلة إلى الشبكة التي تتحكم بكل رجل تبدو تافهة نوعاً ما، لكن قوتها ستتبدى بوضوح عندما نضيف شبكات أكثر، إذ ترسل أحياناً أمراً إلى آلة وضع بيتا لرفع إحدى الأرجل، ثم إعادتها سريعاً إلى وضعية الوقوف. ولكي نجعل حركات الرجل أكثر مرونة، كان التعريف المستخدم لآلة الرجل إلى الأسفل أكثر تعقيداً بقليل:

الرجل إلى الأسفل. مدخلات: ب. أعط باستمرار مخرجات الحد الأقصى (8 - ب) والحد الأدنى (20 - ب، 4).

وقد ساعدت التعقيدات التي تمت إضافتها على إحداث توجه سريع، وان لم يكن سريعاً جداً، نحو الأسفل حين الاقتراب من الموضع المطلوب ثم الوصول إليه ببطء وبالتدريج.

أما دارة التغذية الإرجاعية للمحرك (أ) فقد كانت أعقد من ذلك بقليل، حيث اشتركت آلة توازن آلفا واحدة بدارة مع كل آلات موضع آلفا الستة.

توازن آلفا. ستة مدخلات. أضف باستمرار المدخلات الستة. عندما تكون النتيجة أكبر من (5) أو أصغر من (- 5)، قسِّمها على 6 ثم اطرحها على شكل مخرجات.

وكما يشير الشكل 2، فإن المدخلات الستة لآلة توازن آلفا أعلنت عن الوضع الحالي لكل من محركات (أ)، أي حجم التأرجح إلى الأمام (إيجابي) أو الوراء (سلبي) انطلاقا من الوضع المستقيم (صفر). وكان لآلة توازن آلفا مخرجاً واحداً، لكن تم توصيله إلى مدخلات بيتا في كلٍ من آلات وضع آلفا الستة. وحاولت آلة توازن آلفا الحصول على مجموع الاتجاهات الأمامية (أ)، وزوايا الأرجل الستة كلها بحيث تساوي (صفر). ولم تحاول أن تجعل الأرجل الستة صفراً بل مجرد مجموعها. وأصبحت آلة توازن آلفا مفيدة حين تم إضافة ست آلات تقدم آلفا.

تقدم آلفا. مدخلات: أ و ب. إذا كانت ب أقل من 5، أعط مخرجات 15- أ.

وكما في الشكل 2، كانت مدخلات كل آلة تقدم آلفا عبارة عن جملة التقارير حول المواضع المطلوبة لكل من (أ) و (ب). وعندما كانت آلة التقدم آلفا تجد أن الرجل مرفوعة في الهواء، لأن الموضع كان أقل من 5، كانت على الدوام تأمر الرجل بالتأرجح إلى الأمام. ولفهم هذه الدينامية، علينا رؤية كيفية توصيل آلات التقدم آلفا مع آلات موضع آلفا الموافقة لها.

يبدو في المخطط الصندوقي (الشكل 2) أن مخرجات كل آلة تقدم آلفا تعمل على إخضاع وكبح التوصيلات بين مخرجات آلة توازن آلفا وبين مدخلات بيتا على آلة وضع آلفا. بالتالي، عندما نرسل رسالة على الموصل الافتراضي الكابح، فإن الإشارة تصل هدفها مباشرة، رغم أن الإشارات لا يمكنها عادة اجتياز الموصل الأصلي قبل 80 جزءا من ألف جزء من الثانية .

وهكذا كانت إشارة تقدم آلفا تكتشف أن الرجل مشرعة في الهواء، فترسل باستمرار إشارات تجبرها على التحرك إلى الأمام، الأمر الذي أتاح

لها تحويل مجموع المدخلات في آلة توازن آلفا إلى الإيجاب، وهكذا بدأت ترسل أوامر لكل الأرجل بالتحرك إلى الوراء قليلاً. الاستثناء الوحيد أن الرجل التي تحركت إلى الأمام لتوها لم تتلق أياً من هذه الرسائل، إذ تم كبحها إلى حين يتم إعادة الزوايا المتجهة إلى الخارج ثانية لوضع التوازن الذي يساوي الصفر. لكن لاحظ أنه خلال ذلك قامت آلة الرجل إلى الأسفل بالتأكد من إرجاع الرجل إلى الوضع الأسفل، مغلقة في النهاية الباعث لآلة التقدم آلفا كي لا تستطيع الاستمرار بإرسال أوامرها بالتأرجح إلى الأمام.

وقد تصعب رؤية ديناميكية التفاعلات بين كل آلات الدعم (AFSMs) هذه، رغم أننا أتينا على ذكر كل عنصر شارك في العملية. النتيجة النهائية كانت على النحو التالي: إذ بقيت أي رجل في الهواء لأي سبب كان، فإنها تتأرجح إلى الأسفل. أما الأرجل التي بقيت مثبتة على الأرض، فقد تحركت كلها إلى الوراء قليلاً، دافعةً بجسم الروبوت إلى الأمام، وبالتالي حين تلمس الرجل المتأرجحة إلى الأمام الأرض فإنها ستكون في وضعية الخطو إلى الأمام. وهذا أساس آلية المشي، إذ إنه يشكل التوافق الصحيح بين حركة الأرجل الست الذي يتأتى عن الدينامية الموضعية والبسيطة جداً لحركة كل رجل.

المشي طواعية

في مرحلة التطور التالية لآلات الدعم AFSMs، استطاع الإنسان الآلي المشي طواعية. ولتحقيق ذلك تم إضافة ست آلات، تعمل عمل «منشط إبقاء الرجل مرفوعة»:

> منشط إبقاء الرجل مرفوعة. مدخلات: ت، ب. عندما يتم تلقي مدخلات على ت، استمر طوال نصف الثانية التالية في إعطاء مخرجات 4 - ب.

إعطاء كل آلة مدخلات (ت)، ومدخلات الأوامر التي تحدد الوضع المطلوب حالياً للمحرك (ب). عندما كانت الآلة تتلقى مدخلات التنشيط، تقوم آلة منشط إبقاء الرجل مرفوعة بإجبار «جنكيز» على الارتقاء إلى الوضعية 4 والبقاء هناك لمدة نصف ثانية، وذلك عن طريق إخضاع وكبح الدارة الأساسية للتغذية الإرجاعية (ب) هذه المرة. وكان هذا كافياً لتنشيط الاستجابة لباعث الخطو الإلزامي الذي بحثناه لتونا والذي يدفع الإنسان الآلي للتقدم خطوة إلى الأمام.

أما دفع «جنكيز» للمشي فقد اقتضى إضافة آلة دعم (AFSMs) أخيرة اسمها آلة المشي.

> المشي. ستة مخرجات: (ت0) و(ت1) و (ت2) و (ت3) و (ت4) و(ت5). أعط كل أربعة أعشار الثانية شيئاً إلى المخرجات وفق النظام المتكرر التالي: (ت4) و(ت1) و(ت2) و(ت5) و (ت0) و(ت3).

تم توصيل مخرجات آلة المشي إلى مدخلات (ت) في ما يقابلها من آلة منشط إبقاء الرجل مرفوعة، فاستطاعت آلة المشي على الدوام دفع كل رجل للارتفاع والاستجابة لباعث الخطو الإلزامي. وكما تم تجسيدها هنا، استطاع «جنكيز» المشي عبر ما يعرف بالجري التموجي (ripple gait)، حيث تتقدم الرجل الخلفية أولاً ثم الوسطى فالأمامية على طرفي الجسم. ونظراً لأن الطرفين غير متوافقين، تقوم الرجل الخلفية على الطرف الأيمن بالخطو إلى وسط المسافة بين خطوتي الرجل الخلفية على الجانب الأيسر. وتجدر الملاحظة أنه بوجود التوقيتات المحددة لآلة المشي وآلة منشط إبقاء الرجل مرفوعة، فإن أكثر من رجل واحدة تبقى متأرجحة إلى الأمام في كل الأوقات، وباستخدامنا آلة مشي مختلفة بعض الشيء، تقوم برفع الأرجل (0)

و(3) و(4) بنفس الوقت، ثم الأرجل (1) و(2) و(5) بنفس الوقت أيضاً، استطاع «جنكيز» المشي بسرعة أكبر في ما يعرف بحركة الخطو الثلاثي المتعاقب alternating tripod gait.

وبمثل مستويات التحكم هذه، استطاع «جنكيز» المشي بصورة جيدة فوق أرض ممهدة، لكن خطوه كان ميكانيكياً وآلياً لا حياة فيه. والسبب في ذلك يرجع إلى أنه لم يأخذ بعين الاعتبار أياً من العراقيل والعثرات التي تعترض طريقه، ولم يفكر بعدم استواء سطح الأرض التي يمشي عليها، علاوة أن مشيه بدا وكأن لا هدف له.

المشي فوق العوائق والعراقيل

لقد استخدمنا قوة الحساسات في كل رجل لتمكين «جنكيز» من التعامل مع الأراضي غير المستوية. وكان أبسط ما يمكن فعله هو دفع «جنكيز» لرفع أرجله بدرجة أعلى حال التقائه بعائق ما كي يتمكن من تجاوزه والمشي فوقه. وقد اقتضى ذلك تعديلاً بسيطاً في آلات تنشيط إبقاء الرجل مرفوعة.

منشط إبقاء الرجل مرفوعة. مدخلات: (ت) و (ب) و(ف). ابدأ من الموقع الافتراضي (ف) على 4. عندما يتم تلقي أي من مدخلات (ت)، فاعط مخرجات (ف) لمدة نصف الثانية التالية، ثم أعد برمجة (ف) لتصبح مرة ثانية.

وقد أعطتنا مخرجات (ف) الجديدة ارتفاعاً آنياً جديداً يتوجب على الرجل بلوغه، وزودتنا به ست آلات داعمة (FSMS) جديدة وآلات تصادم آلفا.

تصادم آلفا. مدخلات: (أ) و(ب). إذا كانت (أ) تساوي 15 و(ب) أعلى من (ف)، وإذا كانت القوة المحسوسة على محرك (أ) قد

بقيت لمدة 80 جزءا من ألف من الثانية على 15، فاعط إذن مخرجات (- 10).

وتشير مدخلات هذه الآلات إلى آخر الأوامر المعطاة لتحديد المواضع المطلوبة لمحركي الرجلين. إذا كانت الرجل قد أُمرت بالتقدم خطوة كاملة، وإذا كانت الرجل قد بدأت باتخاذ الخط المنحني إلى الأسفل، وإذا كان المحرك (أ) قد استشعر قوة كبيرة مستدامة، فإن آلة تصادم آلفا تعيد برمجة معطيات (ف) على الآلة المناسبة لمنشط إبقاء الرجل مرفوعة، وذلك كي تجبرها على رفع الرجل إلى درجة أعلى في الخطوة التالية. وبوجود كل هذه الآلات، استطاع «جنكيز» المشي، بشيء من الرشاقة، وتجاوز العراقيل في دربه حال تعثره بها، إذ كان يرفع رجله المصطدمة بعائق ما إلى أعلى ويخطو فوق أي حاجز يوازيه طولا.

لكن على الرغم من أن «جنكيز» أصبح الآن قادراً على التعامل مع العراقيل في دربه، إلا أنه لم يكن قادراً على التوازن الجانبي بشكل جيد. إذا كانت رجله الوسطى فوق صخرة، مثلا، فإن جسده كله كان يميل إلى اليسار، دون أن تلمس أرجله الأخرى سطح الأرض. ولإصلاح هذا الخطأ، أضفنا ست آلات دعم (AFSMs) أخرى وآلات توازن بيتا.

توازن بيتا. إذا كانت القوه المحسوسة في المحرك (ب) تعادل (ف) أو أقل، فلا تفعل شيئاً؛ أما إذا كانت 11 أو أكثر، فاعط مخرجات (-3). في الحالات الأخرى أعط مخرجات (صفر).

عملت كل آلة توازن بيتا على أن لا يكون هناك ثقل كبير على أي رجل من أرجل «جنكيز»، كما هي الحال حين تكون إحداها فوق عائق مرتفع. وقد تم تمرير مدخلات آلة توازن بيتا إلى المستوى الأدنى من دارة

التغذية الإرجاعية، فقامت بتحديد نقطة جديدة. لكنها لم تدفع الرجل إلى الأسفل أو حتى ترفعها إلى الأعلى قليلاً في حال وجود عائق مرتفع، كي يبقى الإنسان الآلي أكثر توازناً. وكما يوضح الشكل 2، فإن مخرجات آلة توازن بيتا تندمج مع مخرجات آلة منشط إبقاء الرجل مرفوعة، واستطاعت آلة توازن بيتا إعطاء الإشارة الصحيحة على الموصل الافتراضي ثم اخضعت دارة التغذية الإرجاعية (ب). وكلما أعطت آلة منشط إبقاء الرجل مرفوعة أيا من المخرجات، أبطل ذلك ما تحاول آلة توازن بيتا فعله، لأن آلة منشط إبقاء الرجل مرفوعة كانت تعمل على رفع الرجل للخطو إلى الأمام. من ناحية أخرى، حين كانت الرجل على الأرض وكان هناك إحساس بقوة كبيرة، فمن المهم أن آلة توازن بيتا استمرت في إعطاء إشارات المخرجات، حتى ولو كانت أوامر تغيير وضع الرجل بدرجة صفر، لأن ذلك أبطل الميل الطبيعي في دارة التغذية الإرجاعية (ب) والهادف لدفع الرجل إلى الأسفل بغية الوصول إلى الوضع الصحيح.

مع هذه الإضافات، تجاوب «جنكيز» مع متطلبات بيئته فزحف فوق أراض وعرة نوعاً ما. أحياناً كان «جنكيز» يخدش بطنه عرضا، أو يتجاوز موطئ أقدام عديدة، لكنه كان يمتلك تصميماً ومثابرة واستطاع في النهاية إيجاد آلية ينفذ بواسطتها عبر كل العراقيل التي وضعناها في طريقه.

المشي بكفاءة واقتدار

لم تكن مشية «جنكيز» رشيقة بالشكل المطلوب بعد، إذ كان يعاني بوضوح أعراضا جانبيه سببتها آلات توازن بيتا. وكان كلما تسلق منحدراً انتقل وزن أكبر إلى رجليه الخلفيتين، وكانت آلة توازن بيتا تعلل القوة التي تلامسها على أنها ناجمة عن دفع إلى الأسفل فوق عائق ما تجتازه الأرجل. لذا كان يجري تغيير وضعها ورفعه إلى أعلى بحيث يجلس «جنكيز» على

أرجله الخلفية. وبطريقة مشابهة، عندما كان «جنكيز» يهبط منحدراً كان غالباً ما يسقط فيه ووجهه في المقدمة.

تم حل المشكلتين بإضافة مرحلة تطورية جديدة جسدتها آلة دعم الحفاظ على السوية (AFSMs) التي ألحقت بزوجي الأرجل الخلفية والأمامية.

السوية. إذا كانت سوية مجس الإحساس ضمن 5 وحدات من الحد الأقصى المناسب، أعط مخرجات رسالة كابحة.

أرسلت كل آلة سوية رسالة لكبح مخرجات آلة توازن بيتا في كل رجل. وقامت آلة السوية الخلفية بإعطاء مخرجات على شكل رسالة تشير إلى أن «جنكيز» يقترب من الحد الأقصى من سوية السقوط ووجهه إلى الأعلى، في حين أعطت آلة السوية الأمامية مخرجات مماثلة عندما كان الوجه إلى الأسفل. وقد تم توصيل نتائج مخرجات الآلتين إلى نتائج مخرجات آلات توازن بيتا، وذلك لكبح أية إشارة على التوصيلات الافتراضية لمدة 80 جزءا من ألف جزء من الثانية في حال بث أية رسالة كابحة. وكانت النتيجة منع سقوط الإنسان الآلي على مؤخرته عند الصعود، ومنع سقوطه ووجهه إلى الأمام عند الهبوط، كما أدى ذلك إلى تحسن ملحوظ في رشاقة مشيته.

طرأ تحسن كبير أيضاً على أسلوب «جنكيز» في المشي حال توصيل كل «شيفرة» استشعار في المقدمة إلى الرجل الأمامية المناسبة، وذلك عبر واحدة من آلات دعم قرني الاستشعار (AFSMs).

قرنا الاستشعار. إذا كان الاستشعار الجانبي في وضع التشغيل، تكون المخرجات (-10).

تم توصيل مدخلات آلتي الاستشعار إحداهما بالأخرى للعمل على رفع

الرجل المعنية إلى أعلى في الخطوة التالية، عبر مدخل (ف) لآلة منشط إبقاء الرجل مرفوعة للأعلى. وهكذا حين كان «جنكيز» يمشي إلى الأمام كانت أرجله ترتفع فوق العائق الذي يواجهه قرنا الاستشعار دونما حاجة إلى الانتظار للاصطدام بالأشياء.

استطاع «جنكيز» المشي بكفاءة واقتدار. لكنه، للأسف، بدا وكأن لا هدف له في الحياة، ولم يكن يتصرف بطريقة تشبه سلوك المخلوقات الأخرى .

مطارد الفريسة

في الفصل الثالث تناولنا بالدراسة آخر مستويات التحكم ببرمجيات «جنكيز»، ونورد هنا التفاصيل الكاملة لذلك المستوى الذي حوله إلى كائن مفترس.

تمت إضافة آلة دعم واحدة (AFSMs) تستشعر الأشعة تحت الحمراء بغية تلخيص المدخلات الكهروحرارية التي استشعرتها الحساسات في نصف الثانية الماضية، وتم وصل مخرجات هذه الآلة إلى آلة أخرى اسمها التجوال، ولها مخرج واحد يكبح بنفس الوقت كل مخرجات آلة المشي.

> الحساسات تحت الحمراء. اعط باستمرار قائمة بالحساسات الكهروحرارية الستة التي نشطت في نصف الثانية الماضية.
>
> التجوال. مدخلات : قائمة مجس الإحساس الكهروحراري. اعط باستمرار رسالة كبح، ولكن إذا ظهر أي من الحساسات على قائمة المدخلات، فإنها تتوقف عن فعل ذلك لمدة خمس ثوان.

كان التأثير المزدوج لجمع هاتين الآلتين يتلخص في توقف «جنكيز»

عن الحركة تماماً عندما لا تستشعر حساساته الكهروحرارية نشاطات تحت الحمراء. وقامت آلة التجوال بكبح كل مخرجات آلة المشي وبالتالي لم يكن هناك أي إشارة من آلة منشط إبقاء الرجل مرفوعة لتحريك أي من الأرجل ودفع الروبوت للقيام بخطوة إلى الأمام.

أما في حال وجود نشاطات تحت الحمراء تستشعرها الحساسات الكهروحرارية في المقدمة، فعندها يبدأ الروبوت المشي لعدة ثوان ويتابع فعل ذلك طالما استشعر نشاطات تحت الحمراء.

وبعد الحصول على هذا الأثر الفيزيائي المزدوج، والذي بدا أخرق ولا هدف له، استطعنا دفع «جنكيز» إلى تحديد مصدر الأشعة تحت الحمراء وتتبعه، وكان علينا في البدء إضافة آلة أخرى إلى آلات موضع آلفا:

> موضع آلفا. مدخلات. بيتا. بيتا. بدءاً من الوضع الافتراضي صفر، وجه المحرك باستمرار إلى تلك الوضعية واعط مخرجات آخر أوامر تلقيتها. إذا تم تلقي أحدث معطيات بيتا، غير الهدف الحالي لوضع المحرك بذلك المقدار، لكن دون النزول تحت آخر معطيات بيتا تلقيتها، واعد الوضعية بيتا دائماً إلى (-25).

توفر مدخلات بيتا مصداً خلفياً لا يمكن للأرجل التأرجح بعده. وبتغيير معطيات بيتا على كل الأرجل في الجهة اليمنى، مثلا، لجعل الدفعات الخلفية أقل حدة، استطاع الروبوت في النهاية الخطو إلى اليمين مع المحافظة على مسافة الخطوات العادية على الجهة اليسرى. وهكذا استطاع «جنكيز» الاستدارة جهة اليمين. ولاستغلال هذه القدرة، تم إضافة آلة توجيه AFSMs أخيرة:

التوجيه. مدخلات: قائمة الحساسات الكهروحرارية. احسب

باستمرار عدد مجسات الإحساس اليسرى واليمنى التي يجري تشغيلها. إذا كان هناك المزيد على الجانب الأيسر، اعط مخرجات (7) على جهة اليسار، وإن كان هناك المزيد على الجانب الأيمن، اعط مخرجات (7) على الجانب الأيمن.

تذهب مخرجات الجانب الأيسر إلى مدخلات بيتا في كل واحدة من آلات موضع آلفا على الأرجل اليسرى، في حين تذهب مخرجات الجانب الأيمن إلى الآلات الواقعة على الأرجل اليمنى.

أصبح بمقدور «جنكيز» الآن الجلوس وانتظار مرور أي مصدر للأشعة تحت الحمراء أمامه. وعندها يبدأ المشي نحوه، متحركا يمنة ويسرة لإبقاء الهدف ضمن مجال الرؤية، متخطياً كل العثرات التي تعترض طريقه.

obeikandl.com