

ONG ROBOT

Để làm những nhiệm vụ đặc biệt khó như do thám, tìm người còn sống bị vùi lấp trong các đồng đổ nát khi có thiên tai, địch họa, thụ phấn cho cả một cánh đồng..., xu hướng hiện nay là chế tạo nhiều ong robot nhỏ, tạo cho chúng khả năng hoạt động bầy đàn, tự giác, tự tổ chức thực hiện nhiệm vụ được giao. Bài báo “Flight of the robotbees” đăng trên tạp chí Scientific American số tháng 3.2013 cho thấy những thành tựu mới nhất về chế tạo robot bắt chước đàn ong, Tạp chí xin giới thiệu cùng bạn đọc.

Cách đây không lâu, ở Mỹ có trận dịch kỳ lạ làm các đàn ong biến mất. Những con ong có nhiệm vụ thụ phấn nên khi mất các đàn ong này, nền nông nghiệp của nước Mỹ bị thiệt hại đáng kể. Năm 2009, các nhà khoa học Robert Wood, Radhika Nagpal và Gu Yeon Wei cùng đồng nghiệp ở 2 đại học Havard và Northeastern bắt đầu nghiên cứu kỹ lưỡng cách chế tạo đàn ong robot. Mục tiêu đặt ra của nhóm là làm thế nào để cả đàn ong robot không chỉ là các nhân bản của con ong robot mà cả đàn có những đặc điểm nổi trội, từng con riêng lẻ không thể nào có được. Đến nay, họ đã tạo ra được những ong robot (Robotbees) đầu tiên, đó là những con robot biết bay kích thước như con ong và hoạt động theo kiểu hàng nghìn con hợp tác với nhau làm nhiệm vụ tương tự như ở đàn ong của tổ ong thật.

Thoạt nhìn, nhiệm vụ ba nhà khoa học đặt ra có vẻ là không khả thi. Con ong thật đã qua hàng triệu năm tiến hoá, đã là những chiếc máy bay khó tin là con người có thể chế tạo được. Thân mình của con ong nhỏ tí xíu nhưng có thể bay lâu hàng giờ, có gió mạnh vẫn bay ổn định, biết tìm hoa, hút mật, biết trốn tránh kẻ thù. Làm thế nào làm được những điều đó với con robot nhỏ xíu? Còn đối với cả đàn ong của một tổ ong, cả đàn không thấy có giám sát, không thấy có quyền lực tập trung. Cả đàn ong có đến hàng chục nghìn con nhưng phân công lao động rất thông minh.

Khi tổ ong cần nhiều phấn hoa hơn sẽ có thêm nhiều ong đi tìm kiếm; khi có đe dọa, có nhiều ong hơn ở lại giữ tổ. Và khi có sự cố gì bất thường (ví dụ ong chúa chết đột ngột), cả đàn ong nhanh chóng chấp nhận thay đổi hoàn cảnh. Làm thế nào để cả đàn có rất nhiều ong có những quyết định phức tạp



Hình 1: ong robot là robot biết bay kích thước nhỏ như con ong. Kích thước nhỏ tạo ra nhiều thách thức về vật lý và tính toán. Kích thước nhỏ nên không dùng được những thứ thường có như ổ bi, bánh răng, vì vậy phải có những thiết kế đặc biệt về cơ bắp nhân tạo để bay và điều khiển bay. Hơn nữa, những con ong nhỏ này phải tự suy nghĩ, phải sử dụng cảm biến để theo dõi môi trường và quyết định sẽ phải làm gì giống như là những con ong thật, ong robot sẽ làm việc tốt khi hoạt động theo đàn gồm hàng nghìn con, phối hợp với nhau nhưng không có một ong nào “lãnh đạo”. Đàn ong phải biết cách thích nghi sao cho hoàn thành được những mục đích của đàn ngay cả khi nhiều con ong bị hư hỏng, thất lạc

như vậy mà vẫn được thực hiện ngay, không lệch lạc vì thông tin sai nhưng lại không có ai phụ trách?

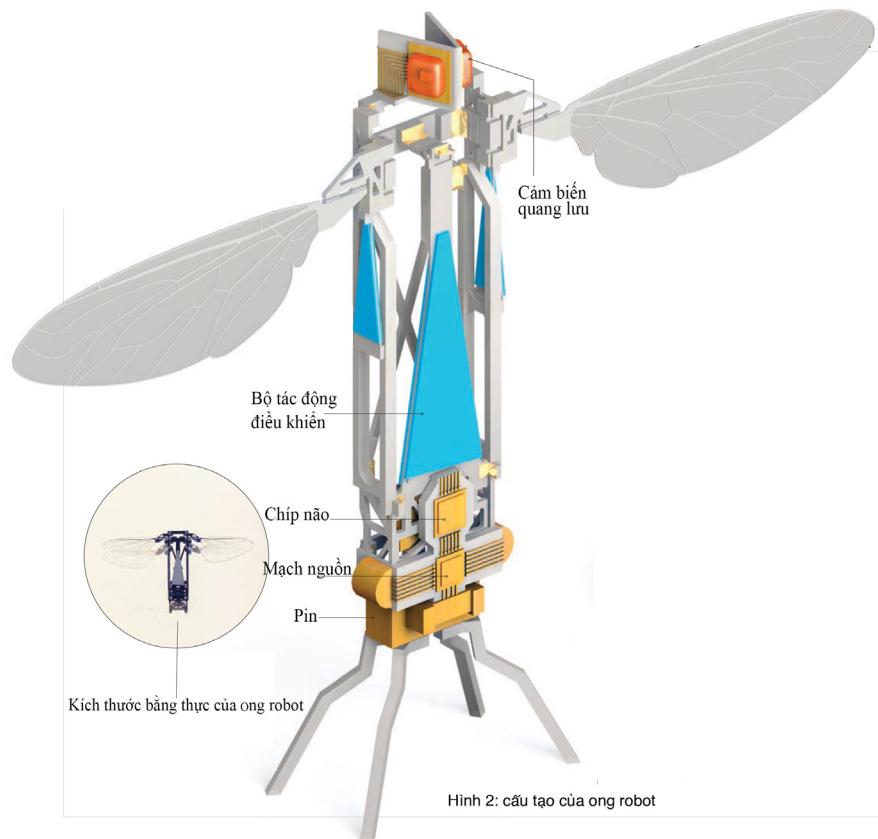
Đàn ong robot phải làm nhiều việc hơn chứ không phải chỉ là thụ phấn hoa (mặc dù nông nghiệp là ứng dụng quan trọng). Thật vậy, nhỏ, nhanh nhẹn, đơn giản; những con robot rẻ tiền lại có thể làm nhiều

nhiệm vụ có hiệu quả hơn so với một vài con có khả năng cao. Ví dụ, một người cứu hộ đem theo một cái hộp có 1.000 ong robot - tất cả chỉ cân nặng hơn 1 kg. Những ong robot sẽ được thả vào khu vực bị thảm họa thiên nhiên để tìm nơi có nhiệt, có âm thanh hay có khí cacbonic - dấu vết của người còn sống. Nếu chỉ ba con ong robot hoàn thành được những nhiệm vụ đó, còn những con khác không làm được gì thì đó vẫn là thành công của cả đàn ong. Không thể nói như vậy được đối với những robot giải cứu thế hệ hiện đại, vì giá mỗi robot là 100.000 USD. Chế tạo đàn ong robot đặt ra nhiều thách thức về mặt kỹ thuật. Mỗi con ong robot nhỏ, dài không quá vài cm, cân nặng cỡ nửa gram, chỉ bằng 1% của chiếc máy tự bay được nhỏ nhất trên thế giới hiện nay. Vừa nhỏ, vừa nhẹ nhưng ong robot phải bay được như con ong thật, phải có bộ óc điện tử và hệ nhìn như ở con ong thật và phải được điều khiển sao cho những con ong robot này tương tác được với những con ong robot kia trong đàn như ở đàn ong thật. Phải vận dụng hết những tiến bộ của khoa học vật liệu, công nghệ làm cảm biến hiện nay mới thực hiện được những mục đích yêu cầu đề ra đối với ong robot.

THÂN MÌNH VÀ BAY

Thách thức lớn nhất khi chế tạo ong robot là làm sao cho nó bay được. Đáng tiếc là hơn 10 năm qua, mặc dù với nhiều tiến bộ về vi tiểu hình hoá robot nhưng những tiến bộ ấy ít có tác dụng đối với việc chế tạo ong robot. Đó là vì kích thước quá nhỏ và yêu cầu phải bay được của ong robot nên bản chất các lực tác dụng thay đổi. Những lực bề mặt như lực ma sát đến một lúc lại lấn át các lực thể tích như trọng lực, lực quán tính. Những thứ chuẩn thường dùng để chế tạo robot như ổ bi, bánh răng, động cơ điện tử... đều không dùng được đối với ong robot.

Thay cho động cơ quay và bánh răng, các nhà khoa học đã thiết kế ong robot về mặt giải phẫu rất gần với côn trùng bay: bay theo cách vỗ cánh bằng lực của cơ bắp nhân tạo (hình 2).



Cơ bắp nhân tạo ở đây làm bằng vật liệu áp điện, dạng tấm mỏng, khi có hiệu thế tác dụng sinh ra biến dạng, tức là chuyển động, nên còn có tên là bộ tác động (actuator). Các nhà khoa học đã dùng 2 loại bộ tác động: bộ tác động có công suất tương đối lớn làm dao động hai cánh trước ngực để robot bay và bộ tác động có công suất nhỏ hơn tạo ra lực xoắn để điều khiển bay. Cả hai bộ tác động đều đặt gần khớp nối giữa cánh và thân. Các bộ tác động, tức là các cơ bắp nhân tạo cho ong robot làm bằng vật liệu áp điện nên có nhược điểm là phải tác động hiệu thế cao và khi là lá mỏng thì dòn, dễ vỡ. Tuy nhiên, điểm hạn chế quan trọng hơn lại liên quan đến kích cỡ nhỏ của ong robot. Đó là vì bộ tác động càng nhỏ bao nhiêu, càng có xu hướng hoạt động nhanh bấy nhiêu. Nhưng xét về mặt năng lượng thì công (tức là năng lượng hao tổn) cho một chu kỳ

hoạt động gần như là không thay đổi (tính đối với một đơn vị khối lượng), do đó, con robot càng nhỏ càng có xu hướng vỗ cánh nhanh, càng tốn nhiều năng lượng. Thực tế ở đây các bộ tác động sinh ra năng lượng gần như là năng lượng do cơ bắp của côn trùng cùng kích cỡ sinh ra.

Một vài năm trước, các nhà khoa học nêu trên đã thí nghiệm với hàng chục cấu hình khác nhau của bộ tác động và khớp nối. Điều mà họ ra sức tìm tòi là làm sao cho ong robot vận hành tối ưu nhưng lại dễ chế tạo vì để có đàn ong, không phải chế tạo một vài con mà phải tiến tới chế tạo hàng nghìn con. Các nhà khoa học tìm được cách thiết kế tốt nhất cho khớp nối giữa cánh và thân; làm cấu tạo ba lớp, lớp trên và lớp dưới cứng, lớp giữa là màng polyme. Chỗ làm khớp nối là chỗ cạo bỏ lớp cứng trên và dưới làm thành hai rãnh để còn lại ở giữa là một dải polyme mềm dễ dàng uốn lại khi hai cánh dao động để bay.

Các nhà khoa học đã có nhiều tiến bộ trong việc làm cho con ong robot kích thước nhỏ như ong thật nhưng cái khó nhất hiện nay là nghiên cứu tìm ra cách cung cấp năng lượng tối ưu cho robot. Ong robot bay được là nhờ bộ tác động nhấc bổng toàn bộ trọng lượng của ong robot lên cao (năng lượng để bộ tác động hoạt động là do pin cung cấp). Ở đây gặp một tình huống khó xử như sau: pin là nguồn dự trữ năng lượng (điện năng) của ong chiếm khối lượng đáng kể so với toàn bộ khối lượng của ong. Muốn dự trữ nhiều năng lượng để ong cất cánh và bay lâu thì phải dùng pin có dung lượng lớn, nhưng pin có dung lượng lớn thì to, nặng, đòi hỏi phải mất nhiều năng lượng để ong cất cánh và bay. Mặc dù chưa làm được ong robot bay bằng pin nó mang theo, nhưng các nhà khoa học đã chứng minh được rằng ong robot nặng 100 g có thể cất cánh và bay ổn định (nối với nguồn điện ngoài để thử và tính toán). Với pin hiện đại có năng lượng trên một đơn vị khối lượng cao nhất, tính toán ra nếu mang theo pin để bay thì sau khi cất cánh, năng lượng còn lại của pin chỉ duy trì ong robot bay trong vài chục giây. Muốn tăng thời gian bay hơn nữa, họ phải nghiên cứu cách giảm khối lượng và tăng hiệu suất của các bộ phận ở thân ong.

BỘ NÃO VÀ BAY

Công suất hao tổn để bay không phải là điều duy nhất làm cho ong robot thử nghiệm hiện nay phải

có dây nối điện. Bộ não ong mang theo cũng là vấn đề chưa giải quyết xong. Ong trong tự nhiên hoang dã phải thường xuyên chú ý đến xung quanh, quyết định hành động thế nào là tốt nhất. Bộ phận điện tử lắp ngoài là giải pháp tạm thời ở phòng thí nghiệm, con ong robot làm việc sau này đòi hỏi phải có bộ não riêng của nó.

Ở trình độ cao, bộ não tạo ra sự thông minh không những để điều khiển cho từng ong robot mà còn để điều hành tương tác với những ong robot khác trong đàn. Các nhà khoa học đang làm bộ não gồm những lớp cảm biến để đo đạc thông tin và môi trường vật lý, hệ thần kinh điện tử để thực hiện những chức năng điều khiển cơ bản và vỏ não điện tử lập trình được để ra những quyết định mức độ cao.

Bước thứ nhất, họ tìm cách thiết kế một hệ con của não để tạo ra khả năng tự bay. Đây là thách thức, đòi hỏi phải làm được một chu trình điều khiển chặt chẽ bộ phận cảm biến, xử lý tín hiệu và chuyển động các phần của thân ong. Để hình dung được việc dùng những cảm biến nào, cấu trúc của mạch điện não ra sao, các nhà khoa học đã phải tìm hiểu hoạt động bay ở loài vật trong tự nhiên. Ruồi (và một số loài khác) dùng hai loại cảm biến để bay: cảm biến tiếp thụ riêng cung cấp những trạng thái bên trong về thông tin bay (ví dụ, các cánh đập nhanh hay chậm...); cảm biến tiếp thụ ngoài cung cấp những thông tin về môi trường bên ngoài.

Công nghệ hiện đại cung cấp GPS, máy đo gia tốc và con quay nhiều trục nhưng những cảm biến như vậy là khá nặng, tiêu thụ nhiều điện năng. Ở đây, các nhà khoa học đã thực hiện nghiên cứu một hệ nhìn điện tử tương tự như ở ong tự nhiên - hệ phân tích "quang lưu" (optical flow), đó là chuyển động biểu kiến của các vật trong trường nhìn của cảm biến. Tưởng tượng người đi xe nhìn qua cửa kính của xe: vật ở gần người đi xe thấy vụt qua rất nhanh, trong lúc vật ở xa thấy chuyển động chậm. Hệ nhìn sử dụng thông tin đó có thể tạo ra cách biểu diễn 3 chiều của môi trường xung quanh, ngay cả khi chỉ dùng cảm biến ảnh nhỏ, đơn giản.

Nhưng não của ong robot phải đủ mạnh để xử lý rất nhiều dữ liệu cho bởi cảm biến và ra những quyết định đúng để điều khiển các bộ tác động ở thân ong. Ở đây, các linh kiện tiên tiến có sẵn không thể giúp ích gì được, vì vậy các nhà khoa học đang khai thác

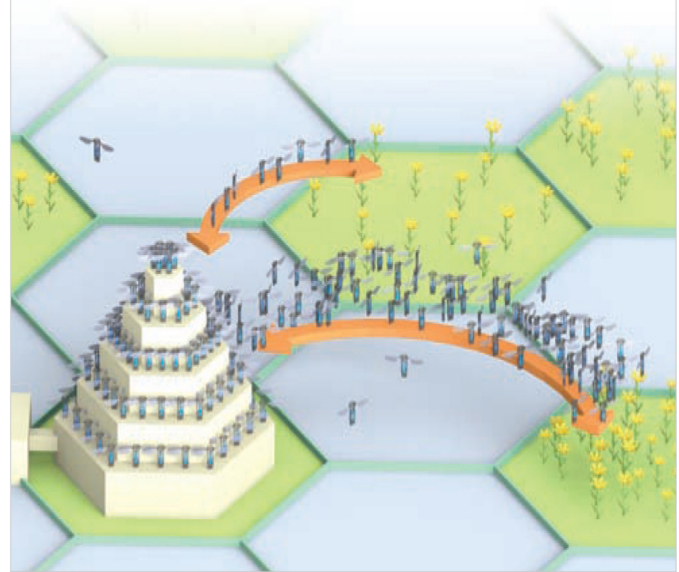
một cấu trúc máy tính mới cho não ong robot tổ hợp tính toán chung thành những mạch đặc biệt gọi là phần cứng gia tốc (hardware accelerators). Không giống như ở các máy tính cá nhân có những bộ xử lý chung (ở đây các chip làm được nhiều việc), các phần cứng gia tốc là những khối mạch được điều chỉnh rất tinh vi để chỉ làm một việc nhưng làm rất nhanh. Họ đã dùng các phần cứng gia tốc để thực hiện các phép tính thực dùng cho các mạch phản hồi nhằm đảm bảo cho ong robot bay được ổn định trong hoàn cảnh năng lượng hạn chế.

Thách thức lớn là tìm ra được cách cân đối, dung hòa. Ví dụ, muốn dùng máy ảnh phân giải cao, nhưng khi có nhiều pixel thì cần có cảm biến ảnh to và tốn nhiều năng lượng để tính toán xử lý ảnh. Vậy chọn thế nào là hợp lý? Để giúp giải đáp những câu hỏi như vậy, các nhà khoa học đã chế tạo buồng thử nghiệm đặc biệt, đặt thân mình của ong robot lên một cảm biến lực đa trục và lực xoáy và để cho ong robot đập cánh như định bay. Trên tường của phòng thử nghiệm, họ chiếu hình ảnh của môi trường vật lý như là ong thấy khi bay qua. Theo cách này, sẽ cho thấy phải làm hệ nhìn thế nào cho não và thân hình cùng làm việc để ong robot bay được trong tự nhiên.

Tất nhiên, việc điều khiển bay chỉ là phần mở đầu. Các nhà khoa học còn đồng thời nỗ lực để tìm ra những loại cảm biến khác giúp cho ong robot hoàn thành những nhiệm vụ đặc biệt, ví dụ tìm người bị lấp trong đổ nát do động đất. Một điều không ngờ tới là đối với đàn ong robot hiện tại là thông tin vô tuyến trực tiếp giữa các ong robot tiêu tốn rất nhiều năng lượng. Nhưng điều đó không có nghĩa là những con ong robot sẽ phải làm việc đơn độc.

BẦY ĐÀN VÀ THÔNG TIN LIÊN LẠC

Một con ong robot riêng lẻ là nhỏ bé và hạn chế so với thế giới mà ta muốn cho chúng hoạt động. Năng lượng và trọng lượng dành cho mỗi con ong là rất giới hạn mà theo cách chế tạo ong robot đã làm thì thấy trực tiếp thông tin vô tuyến giữa ong và ong mất rất nhiều năng lượng. Vì vậy, xu hướng chế tạo ong robot hiện nay là giảm đáng kể cảm biến và phần cứng thông tin liên lạc của từng con ong. Nhưng làm thế nào phát huy được khả năng của cả đàn ong, ở đây vấn đề đặt ra là phải học tập được cách tổ chức bầy đàn như ở đàn ong thật (hình 3).



Một đàn ong robot gồm hàng nghìn con phân công việc rất hiệu quả cho từng con ong robot khi mà từng ong robot không thấy được đầy đủ môi trường xung quanh. Dưới đây là kịch bản làm việc của đàn ong robot khi được giao nhiệm vụ thụ phấn cho hoa trên một cánh đồng. Những con ong robot đầu tiên đi thám thính ở nhiều vùng khác nhau. Khi chúng quay về tổ với thông tin là vùng nào hoa đang nở, thông tin này tác động đến những con ong thợ, chúng biết là sẽ phải bay đi đâu. Chiến lược tổ ong là cơ sở làm cho những con ong thể hiện được tính thông minh tập thể ngay cả khi liên lạc giữa ong và ong bị hạn chế vì ít năng lượng

Hình 3: làm việc theo đàn

Từng con ong robot riêng lẻ chỉ hoàn thành được rất ít nhiệm vụ. Nhưng cả đàn ong robot không chỉ là tổng của các ong robot mà là khả năng mới (gọi là khả năng của bầy đàn).

Từ đầu những năm 90 của thế kỷ XX, các nhà khoa học máy tính làm việc ở lĩnh vực “thông minh bầy đàn” đã tạo dựng được nhiều thuật toán phối hợp theo kiểu xã hội côn trùng: phối hợp chiến thuật tìm kiếm, phân công lao động. Nhưng ngay cả khi có trong tay các thuật toán đó cũng không thể quản lý đàn robot như quản lý từng robot. Việc lập trình và lập luận ở mức độ riêng lẻ đối với từng con là không vận dụng được đối với hàng nghìn con. Điều này giống như là yêu cầu lập trình viên phần mềm ngồi để viết ra các chỉ dẫn cho từng bit vật lý trong máy tính. Thay vào đó, giống như người lập trình lấy những chỉ dẫn người đọc được ở chương trình máy tính dịch ra thành 1 và 0 để điều khiển từng con

transito trong bộ vi xử lý, chúng ta cần lập trình ở mức cao, trừu tượng cho cả đàn ong, rồi có thể dịch những chỉ dẫn chung thành ra nhiều chương trình khác nhau cho hành vi từng con ong. Vậy là cần ngôn ngữ lập trình cho cả đàn ong.

Ngôn ngữ lập trình có thể nắm bắt được từ đàn ong thật là gì và chúng ta hy vọng làm được ngôn ngữ gì cho đàn ong robot? Chưa có câu trả lời ngắn gọn nhưng để bắt đầu, các nhà khoa học đã lập được hai ngôn ngữ. Ở ngôn ngữ thứ nhất tên là Karma, có đặc trưng là lưu đồ các nhiệm vụ mà đàn ong phải thực hiện. Lưu đồ gồm những đường dẫn (links) đến các điều kiện để tác động những nhiệm vụ mới. Ngôn ngữ Karma cũng dùng những thông tin phản hồi từ những con ong robot riêng lẻ nhằm điều chỉnh phân bố nguồn năng lượng của pin để làm các nhiệm vụ, bắt chước vai trò của tổ ong ở đàn ong thật. Ngôn ngữ thứ hai được phát triển có tên là ngôn ngữ Opt RAD (Optimizing Reaction Advection Diffusio - tối ưu phản ứng bình lưu khuếch tán). Ở ngôn ngữ này, cách tiếp cận vấn đề là xem cả đàn ong robot là một chất lỏng khuếch tán qua môi trường. Bất cứ con ong nào cũng dùng thuật toán xác suất để xác định phải chăng mình đang thực hiện nhiệm vụ dựa theo trạng thái hiện tại của môi trường và tự điều chỉnh hành vi cho phù hợp với hoàn cảnh.

Các nhà khoa học còn dành nhiều công sức để tìm cách quản lý, điều hành một đàn có rất nhiều ong robot (không phải là vài chục hoặc vài trăm mà là cả hàng nghìn con). Số lượng ong robot của đàn này vượt xa số lượng người điều hành quản lý chúng. Khi có đến hàng nghìn con, điều hành robot ở mức như đối với từng con là không phù hợp. Cứ hình dung là mỗi con robot có một cái công tắc đóng/mở. Nếu chỉ mất 5 giây để đóng mở một công tắc thì để đóng mở 1.000 con robot phải mất gần 1,5 giờ. Tình hình cũng bị hạn chế như vậy đối với giá thành, bảo trì, sửa chữa... Điều lý tưởng là mỗi thao tác phải phù hợp theo kích cỡ, chiếm một lượng thời gian nhất định và thời gian cũng không tăng theo kích cỡ (hoặc ít nhất là tăng theo nhưng rất ít). Thách thức này đã khiến các nhà khoa học phải tạo ra hệ kilobot, đó là tập thể hàng trăm robot, mỗi robot có kích thước cỡ 25 mm, chuyển động bằng rung động và thông tin liên lạc với những kilbot ở gần. Họ có thể dùng tập thể này để thử nghiệm hiệu quả của những ngôn ngữ lập trình và mô hình toán học về

các hành vi nổi trội.

Cuối cùng, khi cho làm việc với các phần cứng thực mới có thể hiểu được các hành vi nổi trội của các hệ vật lý. Có thể dùng tập thể này để thử nghiệm nhiều nhóm hành vi mà ta muốn cho đàn ong robot có được. Ví dụ, chúng ta có thể yêu cầu nhóm tìm một mục tiêu nào đó trong môi trường xung quanh thì khi một cá thể kilobot tìm được mục tiêu ấy thì cá thể kilobot phải báo cáo vị trí tìm được cho nhóm. Các nhà khoa học cũng đã thiết kế kilobot nguồn mở cho những nhóm nào muốn làm kilobot cho mình. Có thể mua kilobot đã làm sẵn từ Công ty K-teams, một công ty chuyên về robot dành cho lĩnh vực giáo dục. Họ hy vọng rằng, các bộ robot chuẩn sẽ giúp tạo ra nhiều ý tưởng mới và khích lệ sáng tạo tập thể cho khoa học mà những nhóm riêng lẻ không làm được cũng như mong muốn có được sức mạnh tập thể chứ không phải là tổng của các sức mạnh thành phần. Mặc dù đã đạt nhiều tiến bộ khả quan nhưng công việc cần làm còn rất nhiều. Dự kiến trong vài năm tới, các nhà khoa học sẽ có được những ong robot bay được kiểm soát chặt chẽ bởi các điều kiện của phòng thí nghiệm và trong vòng 5-10 năm tới, chúng ta có thể thấy ong robot được sử dụng rộng rãi.

Năm 1989, nhà khoa học robot nổi tiếng Rodney Brooks đã viết bài báo nói về lợi ích của việc dùng robot nhỏ để khảo sát không gian với nhan đề: "Nhanh, rẻ, không phải điều khiển: robot xâm nhập hệ mặt trời". Đây là một cách nói vui, nêu nhan đề cho hấp dẫn người đọc. Nhưng thực chất đây cũng là những tiên đoán của Brooks về tương lai các ứng dụng của những đàn robot nhỏ: nhanh, rẻ và tin cậy. Khả năng, kết quả hoạt động của cả đàn rất lớn so với tổng những con robot riêng lẻ. Nếu trong quá trình hoạt động, một số robot bị hư hỏng mất mát cũng không làm ảnh hưởng đến tính chất bầy đàn nổi trội để bảo đảm cho đàn thực hiện chính xác, tin cậy. Nhiều đàn robot nhỏ sẽ được tung ra nhằm giải quyết được các nhiệm vụ khó khăn mà một vài con robot lớn, đắt tiền không làm nổi ■

Nguyễn Xuân Chánh

(tổng hợp)