現實世界的分布式系統

主要參考資料來源：《失控》，Kevin Kelly著，東西文庫譯，新星出版社，2010

 中央控制系統必須由中央掌握所有的訊息，因此通訊的負荷非常大，同時共享的內存必須嚴格、實時、準確的更新，如何維護也是頭痛的問題。在中央控制系統中，一旦不同感應器回饋的訊息互相衝突的話，中樞應該怎麼辦？合乎常理的做法是盡量找出真相，於是，中央控制中心要檢核、調節差異並重新修正訊號使之一致。事實上，中央控制中心必須實時的收集、解讀、處理海量的數據，雖然在此消耗了大量的資源，但是還不一定能做得好。

 依據傳統想法，如果要使一個電腦或機器「更聰明」些，就要為它配置更多的部件，這樣就會使它更笨重；它愈重，驅動馬達就要愈大；馬達愈大，供電的電池組就要愈大；電池組愈大愈須散熱；構架當然也要愈大。如此是不是就陷入了惡性循環，也就是說，比起身體，頭是不是要愈來愈大才能愈聰明？如果反過來，是不是會變成一個良性循環 ------ 電腦(機器)愈小，驅動馬達愈小，電池愈小，構架也愈小，整個尺寸小型化了，可是大腦占身體的比例相對反而較大。

分布式系統由於沒有中央，沒有人承擔調解爭議的工作，然而爭議本身是並不需要去調和的。正因為不同的訊息產生不同的行為，在包容的網絡層級中，行為是通過抑制、延遲、激活等方式出線的。在分布式系統中，沒有中央記憶、沒有中央指令，各部分(單元)是各自通過與外部世界的溝通行事，因此可以節約下海量的計算工作，只需少量的計算就可以產生智能行為。

 想想看，真實世界的市場經濟活動不正是如此運作的？以證券交易市場為例，參與股市活動的個體之間並沒有交流，他們只是觀察別人的行動對共同市場造成的影響(注意：並不是行動本身)，再決定自己的行為。商業的活動也是一樣，各地生產者和各層級的販售商、消費者之間並沒有中央控制，也沒有統一的訊息即時交換和流通，他們觀察周邊別人的行動造成的結果，然後研判自己應該在哪裡投放資金或採取什麼行動。

 布魯克斯從設計「成吉思」這種簡單移動機器人的經驗，總結了以下的經驗：

* 遞增式的構建：讓複雜性自我生成發展，不要強行殖入。
* 傳感器和執行器要緊密耦合：要低級反射，不要高級思考。
* 把系統拆分成自行發展的子單元。
* 分散控制：千萬不要搞中央集權。
* 稀疏通訊：要觀察外部世界的結果，而非依賴導線傳導訊息。

 當「機器人」愈做愈小，或者小到叫做「機器蟲」甚至「機器跳蚤」，我們不僅可以把它發送到太空外星去，還要讓它遍布在人類社會的各個角落。布魯克斯的願望是在這個世界各處充滿微小、快捷、廉價、失控(意即自己控制不了)的半思維機器生物，我們就能擁有無數小傢伙為我們服務，而且不斷學習如何更好地為我們服務。

機器人不必高大有力才能為我們服務，昆蟲大小的機器人個體單元雖然微不足道，但是眾人拾材火焰高，人多力量就大。想像一下，如果有一個小機器爬蟲住在我們的沙發下面，每天晚上或當你不在家時它就會自己走出來四處游蕩在地板上吸塵；還有一個住在電視機後面的小爬蟲則在電視機關著的時候從後面爬出來清潔螢幕那該多好！如果再有一個更小的機器蟲，隨時幫我們清潔血管中的阻塞物，那又該多好！

 我們也可以發射一群群的小機器蟲到火星上去，它們雖小雖笨雖能力有限，但日復一日、年復一年，它們能幫人類做成什麼恐怕只有在人類真的上去以後才會大為驚嘆吧！