**Efficient Shape Formation by 3D Hybrid Programmable Matter**

Képzeljük el az azonos méretű gömbök szoros elrendezését egy végtelen arccal középpontozott köbös rácson (ez egy olyan struktúra, ahol a gömbök egymáshoz közel helyezkednek el egy szabályos mintábn). Ezt követően létrehoznak egy gráfot (**G = (V, E)**), ahol a csúcsok (V) a gömbök középpontjai, az élek (E) pedig azok a kapcsolatok, ahol két gömb érintkezik egymással. Ezután ezt a gráfot az **R³** térbe ágyazzák be úgy, hogy minden él azonos hosszúságú legyen. Példaként említik a triviális beágyazást, ahol az élhossz megegyezik a gömbök sugarával, tehát a gömbök szomszédai közötti távolság egyenlő.  
Egy aktív ügynököt vizsgálunk **r**-t, amely korlátozott érzékelési és számítási képességekkel rendelkezik G-ben.  
A **G** gráf kettős gráfjában, amely az adott beágyazásra vonatkozik, a cellák formája rombikus dodekaéder lesz. Ez azt jelenti, hogy a cellák olyan poliéderek, amelyek 12 azonos (kongruens) rombusz alakú lapból állnak. A kettős gráf (dual graph) azt jelenti, hogy az eredeti gráf síkjai alapján új cellák jönnek létre, amelyek ebben az esetben rombikus dodekaéderek lesznek.

Egy véges halmaznyi mezőt képzeljünk el, amelyek rombikus dodekaéder alakúak. Ezek a mezők passzívak, ami azt jelenti, hogy nem képesek önállóan számításra vagy mozgásra. Egy **v** csomópont akkor van "burkolva" (tiled), ha egy passzív lap helyezkedik el benne; különben a csomópont üres. Minden csomópontban legfeljebb egy lap lehet, és minden lap csak egy csomópontban lehet egy adott időben. A **V** gráf minden csomópontjának pontosan tizenkét szomszédja van, amelyek helyzete a tizenkét irány szerint van meghatározva, hasonlóan az iránytű irányaihoz.  
Fontos megjegyezni, hogy a **G** gráf a 2D-s változat alapgráfja. Ez lehetővé teszi, hogy a 3D-s példákat vizuálisan úgy ábrázoljuk, mint egy 2D-s hatszög alakú lapokból álló halmazt, ahogy az az 1. ábrán látható.  
Egy **C = (T, p)** konfiguráció az a halmaz, amely tartalmazza az összes burkolt (tiled) csomópontot **T**, valamint az ügynök pozícióját **p**.  
A **C** konfigurációt összefüggőnek nevezzük, ha a **G|T** (vagyis a gráf azon része, amelyet a burkolt csomópontok alkotnak) összefüggő, vagy ha a **G|T ∪ {p}.** Ez röviden azt jelenti egy konfiguráció akkor összefüggő, ha a burkolt csomópontok összefüggő hálózatot alkotnak, vagy ha az ügynök is része ennek, miközben egy lapot hordoz..