

Istituto Superiore di Studi in

**ISICT**

Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione

CORSO DI *Bioinformatica*

---

# Da Lewis Carroll all'area di Broca

---

*Autore:*

Davide TESTUGGINE

*Docente:*

Dott. Roberto MONTAGNA

26 febbraio 2012

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Il paradosso di Lewis Carroll</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>L'area di Broca</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>L'esperimento di Andrea Moro</b>	<b>4</b>
4.1	L'autore . . . . .	4
4.2	Il background culturale . . . . .	4
4.3	I dettagli dell'esperimento . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Considerazioni di Hofstadter</b>	<b>6</b>
5.1	La teoria del jukebox . . . . .	7
5.2	Conseguenze . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Mie considerazioni</b>	<b>8</b>
6.1	La potenza della limitatezza . . . . .	8
6.1.1	L'impossibilità di avere infinite lingue . . . . .	8
6.1.2	La possibilità di un significato intrinseco nei nostri messaggi . . . . .	9

### Sommario

Il libro *Gödel, Escher, Bach: un'eterna ghirlanda brillante* di Douglas Hofstadter riprende il paradosso di Lewis Carroll per applicarlo ai linguaggi naturali e all'idea di significato contenuto in un messaggio e sua eventuale intrinsecità. In questo paper vorrei riprendere le fila di quel ragionamento, cambiarne parzialmente il contesto e collegarlo alla tesina del corso di Neuroscienze, sull'area di Broca (allego la parte rilevante direttamente a questa tesina). L'articolo sarà così strutturato: inizieremo con la formulazione del paradosso di Carroll, ci sposteremo sull'area di Broca, e concluderemo combinando i due aspetti.

## 1 Introduzione

Le scienze cognitive riguardano la domanda fondamentale sulla natura dell'intelligenza e sui legami tra il software della mente e l'hardware del cervello. Temi come lo sviluppo del linguaggio sono quindi cruciali per queste scienze. In questa cornice, ho approfittato del mio compito di scrivere una tesina per l'ISICT per meglio strutturare una riflessione suscitata dal bellissimo libro *Gödel, Escher, Bach: un'eterna ghirlanda brillante* di Douglas Hofstadter. L'obiettivo - forse un po' immodesto - sarebbe di espandere una riflessione dell'autore collegandola a un esperimento del 2003 (l'autore ai tempi non poteva conoscerlo). Per ragioni di chiarezza e leggibilità, ho tentato il più

possibile di dividere la trattazione in moduli indipendenti, in modo da evitare sproloqui inutili: la parte sull'area di Broca è ripresa da un'altra tesina, ma in realtà è stata ridotta e concentrata per evitare di fare un inciso troppo lungo. Quello che è rimasto è, dal mio punto di vista, il necessario per inquadrare i ragionamenti successivi. Mi scuso in anticipo se risulta comunque pesante.

## 2 Il paradosso di Lewis Carroll

Il paradosso di Lewis Carroll riguarda l'apparente necessità di avere ricorrenze infinite dal punto di vista logico ogni qual volta si voglia applicare una qualche regola logica. Vediamo qui la versione presentata in *Gödel, Escher, Bach*. La Tartaruga propone ad Achille di scrivere le seguenti proposizioni:

- A— Cose che sono uguali alla stessa cosa sono uguali fra loro  
B— I due lati di questo triangolo sono cose che sono uguali alla stessa cosa (per esempio una linea usata come modello).
- 
- Z— I due lati di questo triangolo sono uguali tra loro  $\therefore$ .

Questo è un classico sillogismo, nel quale le premesse sono A e B e la conclusione è Z (capiremo a breve perché non l'abbiamo chiamata C). Il tranello di Lewis Carroll sta nel fatto che ci vuole una regola che ci insegni ad usare *ogni* regola (agire ricorsivamente). Nel nostro caso, il passaggio *logico* che porta a dire che A e B vere  $\Rightarrow$  Z vera è un'ulteriore proposizione, cioè che:

- C— Se A e B sono vere, allora Z è vera

Questa è formalmente una proposizione *ipotetica*, e dunque *nulla* dal punto di vista logico ci impedisce di accettare A e B come vere *ma* di non accettare C o, addirittura, di accettare A, B e C ma non Z. L'obiezione potrebbe essere: Ma non è vero! Se A, B e C sono tutte vere, allora Z è vera per forza!. Questa è ancora una frase ipotetica, che potremmo chiamare D.

- D— **Se** A, B e C sono vere, **allora** Z è vera

Il paradosso può quindi proseguire all'infinito. Si vede che nella realtà le cose non stanno così perché invece noi concludiamo (correttamente) che i due lati del triangolo da cui eravamo partiti sono uguali tra loro, ma di per sé la posizione non è criticabile dal punto di vista logico. Lo scopo di questa tesina è di fornire una spiegazione sul *perché* le cose non vadano realmente così.

### 3 L'area di Broca

L'area di Broca è una parte dell'emisfero sinistro del cervello, localizzata nel piede della terza circonvoluzione frontale, la cui funzione è coinvolta nell'elaborazione del linguaggio. Tale area è connessa all'area di Wernicke (un'altra area deputata al linguaggio) da un percorso neurale detto fascicolo arcuato. Prende il nome dal medico e anatomista Paul Pierre Broca, che fu il primo a descriverla nel 1861 dopo aver condotto un'autopsia di un paziente afasico. [?]

Studi successivi si sono concentrati sulla fisiologia di tale area, evidenziando alcune proprietà interessanti.

Prima di tutto, la sua presenza solamente in un emisfero è stata un primo, forte indizio della asimmetria funzionale del cervello umano (asimmetria già teorizzata da Broca stesso).

Inoltre, appaiono delle differenze fisiche confrontando pazienti bilingue dalla nascita e pazienti che invece hanno imparato dei linguaggi studiandoli successivamente: emerge infatti come l'acquisizione precoce (fino all'età di sette anni) e contemporanea di più lingue determina una lateralizzazione all'emisfero sinistro rispetto all'apprendimento tardivo (dopo il settimo anno di età) di una seconda o terza lingua; in tal caso, la loro rappresentazione non riguarda solo l'emisfero dominante sinistro, ma anche l'emisfero destro. Molti studi sono stati fatti sul bilinguismo e poliglossia con metodi di Imaging funzionale come PET o RMN; alcuni autori in particolare hanno studiato i processi della comprensione del linguaggio con soggetti che avevano appreso la seconda lingua dopo il settimo anno di età. I risultati della ricerca hanno confermato l'ipotesi che l'emisfero sinistro sia preposto all'acquisizione della lingua madre, mentre l'apprendimento tardivo della seconda lingua interessa aree molto variabili (uno studio che è andato in questo senso è stato fatto all'università di Trieste utilizzando i potenziali evocati).

Infine, danni in questa area causano afasie gravi che riguardano sia la produzione di linguaggio sia la sua comprensione. Quello che emerge dagli esperimenti condotti su soggetti afasici è che quest'area pare deputata alla combinazione di fonemi in parole vere e proprie. Da menzionare il fatto che alcune lesioni possono causare l'impossibilità da parte dei pazienti di utilizzare solo i verbi, o solo i nomi, lasciando inalterate le altre abilità. Questo potrebbe infatti indicare che esiste una netta correlazione tra il livello fisico e il livello, molto più astratto, delle parole.

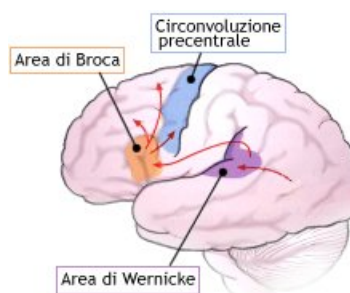


Figura 1: Localizzazione delle aree di Broca e Wernicke

## 4 L'esperimento di Andrea Moro

L'esperimento di Andrea Moro era volto a dimostrare che esiste un legame tra - per così dire - hardware e software del cervello che rende impossibile la creazione di infinite lingue. I linguaggi possibili, apprendibili facilmente dagli esseri umani, sono in numero limitato a causa di queste meccaniche.

### 4.1 L'autore

Andrea Moro è un linguista e neuroscienziato italiano. Moro è attualmente professore ordinario di linguistica generale presso la Scuola Superiore Universitaria IUSS Pavia dove è responsabile della Classe di Scienze Umane e coordinatore dei Corsi Ordinari. Si occupa prevalentemente di sintassi (campo nel quale ha dato contributi per la teoria della struttura della frase, in particolare rispetto alla nozione di copula e di espletivo e per la teoria del movimento sintattico e di neurolinguistica (fornendo contributi nella ricerca dei fondamenti biologici della Grammatica universale prevalentemente basati su tecniche di neuroimaging e sulla relazione tra la rappresentazione del mondo nel cervello e il linguaggio, esplorando in particolare la natura e gli effetti della negazione). [?]



Figura 2: Andrea Moro

### 4.2 Il background culturale

Le teorie sulla componente fisica e istintiva del linguaggio affondano le proprie radici nei lavori di Noam Chomsky, notissimo linguista del MIT di Boston, che quasi 50 anni fa teorizzò la presenza di una grammatica universale, che sarebbe la struttura comune condivisa da tutte le lingue del mondo, che pur differiscono per parole e per forma esterna. L'esistenza di questa grammatica universale fa sì che le lingue e i dialetti oggi ancora esistenti, quelli purtroppo scomparsi, e perfino quelli che potrebbero in astratto esistere, ma di fatto non esistono (le cosiddette lingue umane naturali *possibili*) abbiano tutti in comune alcune strutture interne e alcune operazioni sintattiche basilari. Queste strutture e operazioni sono, prese tutte insieme, diverse da altre che la mente umana e' anche capace di

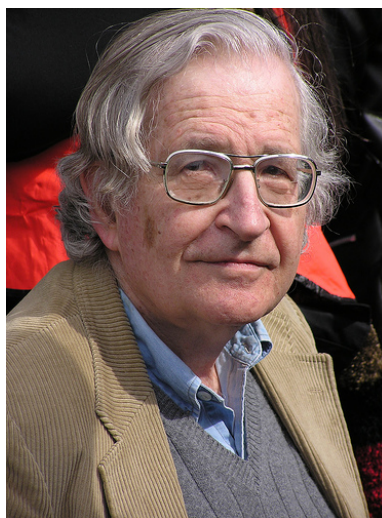


Figura 3: Noam Chomsky

apprendere a riconoscere e manipolare, pezzo per pezzo, magari divertendosi, ma con fatica. Un'autentica regola grammaticale, quindi, per quanto complessa, è, per noi esseri umani, del tutto naturale, mentre una regola astratta, superficialmente simile, è per noi innaturale. La prima attiva risorse di calcolo mentale del tutto diverse dalla seconda. Dati inoppugnabili su questa diversità, al livello mentale, erano stati raccolti in Inghilterra dal linguista Neil Smith una quindicina di anni or sono. Smith e collaboratori insegnarono a soggetti normali e a rarissimi pazienti con capacità linguistiche intatte, ma con intelligenza generale gravemente compromessa, sia lingue vere a loro ignote, sia lingue artificiali, rette da regole non naturali. La diversità dei risultati emerse netta: le regole autentiche delle lingue vere vennero apprese abbastanza rapidamente da tutti, mentre l'apprendimento delle regole innaturali venne vissuto come un gioco di enigmistica dai soggetti normali, e risultò del tutto impossibile per quei pazienti. Questo esperimento è stato probabilmente il punto di partenza per l'idea di Moro.

Un altro autore che si è interessato di questi aspetti è stato Steven Pinker. Pinker, in un libro del 1994 chiamato *The language instinct*, ha comparato l'abilità umana di produrre linguaggio alla facoltà dei ragni di tessere la tela, o a quella dei castori di costruire dighe (remando quindi nella direzione già intrapresa da Chomsky molti anni prima). Con linguaggio, l'autore intendeva un qualsiasi tipo di linguaggio, includendo quindi anche i segni: a sostegno di tale ipotesi, Pinker citò esperimenti nei quali dei bambini nati sordi inventavano un proprio linguaggio dei segni già sufficientemente articolato e con una grammatica. Pinker concorda anche con la teoria chomskiana delle cosiddette Curve a U dell'apprendimento: Chomsky aveva notato nei propri esperimenti che i bambini nati da giorni (quando non ore) sapevano fare più cose di quelli che avevano un anno o due (ad esempio, nuotare), teorizzando quindi che l'apprendimento fosse un tramite tra alcune conoscenze innate e altre da apprendere e che quindi avesse anche una parte di dimenticanza di conoscenze innate pregresse e non fosse solo pura acquisizione di nuove conoscenze.

### 4.3 I dettagli dell'esperimento

L'esperimento si svolse sulla risonanza magnetica dell'Ospedale Universitario di Amburgo dalla dottoressa Mariacristina Musso. Il metodo di verifica, assai raffinato, ma riassumibile in termini semplici, è consistito nell'insegnare (letteralmente) a dei soggetti tedeschi, privi di qualsiasi familiarità con l'italiano e con il giapponese, delle regole della grammatica. Tra le regole autentiche venivano ad arte inserite anche delle regole linguisticamente impossibili, ma assai semplici. Le frasi si susseguivano sullo schermo di un computer, mentre i soggetti giacevano incassati entro l'apparecchiatura di risonanza magnetica e giudicavano, via via, se la regola veniva rispettata o meno. Ad esempio, i soggetti imparavano, tra le regole possibili, che, a

differenza del tedesco, per fare una frase in italiano non e' necessario esprimere il soggetto come in leggo molti bei libri; invece, come regola impossibile imparavano che la negazione andava messa sempre esattamente dopo la terza parola. Per esempio, per negare la frase precedente dovevano dire: leggo molti bei non libri. Tale regola è impossibile perché in nessuna lingua del mondo la negazione occupa un posto fisso nella sequenza delle parole.

Procedure analoghe sono state applicate al giapponese, lingua ancora più dissimile dal tedesco di quanto non sia l'italiano. Il risultato e' stato che solo quando i soggetti apprendevano le regole possibili si attivava un'area del cervello tipica del linguaggio (la cosiddetta area di Broca, che ha un equivalente anche nei primati ma non e' così evoluta come nell'uomo). Quando il cervello deve apprendere regole impossibili, invece, questa area sembra addirittura disattivarsi! Andrea Moro precisa: Uno scopo centrale delle moderne ricerche in linguistica è quello di ben caratterizzare la classe delle lingue umane possibili, assai più di quello di descrivere le lingue esistenti. Dopo cinquant'anni di ricerche, questa scoperta conferma che non si tratta solo di un'utile classificazione di comodo. La classe delle lingue umanamente possibili corrisponde, infatti, ad un'elaborazione effettuata da aree specifiche del cervello. L'ipotesi che l'acquisizione del linguaggio nel bambino avviene sotto una guida biologicamente determinata viene così corroborata.

## 5 Considerazioni di Hofstadter

Analizziamo meglio che cosa vuol dire la parola *messaggio*. Questo testo è scritto in stampatello minuscolo in italiano su questa pagina: se un cinese lo trovasse, posto che non sappia l'italiano, non potrebbe capire che cosa sto dicendo. Capirebbe tuttavia che esiste sul foglio una certa sequenza di simboli aperiodici che possiede troppa entropia per non portare un *significato*.

Sono riuscito a mandargli un *messaggio quadro*: non gli ho detto nulla, se non che esiste un messaggio. Il messaggio è scritto in italiano stampatello minuscolo: questo è il suo *messaggio esterno*. Le idee che sono passate nella mia mente e che ho voluto trasmettere al lettore sono invece il *messaggio interno*. Il messaggio esterno è quindi dato dall'insieme delle conoscenze necessarie per costruire, o per sapere come costruire, l'adeguato meccanismo di decodificazione per il messaggio interno. Questo livello esterno è per forza di cose un messaggio implicito, nel senso che l'emittente non può garantire che sarà capito e può solo darlo per scontato: se anche scrivessi come leggere il mio messaggio, lo farei sempre in italiano e quindi il cinese non saprebbe proprio cosa farsene in ogni caso (se sa leggerlo, allora non gli serviva mentre nell'altro caso è inutile comunque). Chiaramente, normalmente non esiste mai un solo messaggio esterno ma molti: per esempio, all'interno dell'italiano potrebbe esserci un particolare *slang*, oppure l'uso di termini tecnici, o inflessioni dialettali.

## 5.1 La teoria del jukebox

Ci chiediamo ora se, data questa premessa sui messaggi esterni ed interni, un messaggio come potrebbe essere questo testo possa disporre di un significato intrinseco oppure no.

Per i discorsi appena fatti, il mio testo è inutile senza l'insieme delle regole sintattico-semantiche detto "Italiano": se non le si hanno, non si può accedere all'informazione, ma se le cose stanno allora **l'informazione intrinseca del messaggio non basta**, ci vuole anche dell'altra informazione data dall'insieme detto "Italiano".

Un analogo informatico della situazione sarebbe un file MP3: esso contiene certamente una canzone, ma bisogna sapere lo standard di codifica per poterla ascoltare. Quando è stato scritto il libro, nel ormai lontano 1979, gli MP3 non c'erano ancora, così Hofstadter chiama "Teoria del Jukebox" questo fenomeno, equiparando il messaggio a un disco in vinile e il linguaggio che lo esprime a un jukebox fatto apposta per suonare quel particolare disco. Senza il contributo del jukebox che attivamente lo suona, un disco è solo un frisbee inutile ai fini comunicativi.

## 5.2 Conseguenze

La principale conseguenza di questa situazione è che il linguaggio appare impossibile

Ci troviamo infatti nella situazione del paradosso di Carroll: se mi serve un messaggio per capirne un altro, allora poi avrò bisogno di un messaggio per capire il messaggio, e poi di un messaggio per capire quel messaggio necessario a comprendere il messaggio di partenza, e così via in una ricorsione infinita. Questo è il problema dei messaggi esterni: il loro essere pur sempre dei messaggi presuppone la necessità di un ulteriore messaggio esterno, e così via.

Un modo per ribadire lo stesso concetto è di usare un linguaggio da programmatori. Immaginiamo di avere una classe "Messaggio" e una classe "MessaggioEsterno" che eredita da "Messaggio" i propri metodi. Questa situazione equivale all'aver una chiamata al costruttore di un nuovo "MessaggioEsterno" nel costruttore di un oggetto di tipo Messaggio. La ricorsione è inevitabile perché a quel punto il nuovo oggetto di classe MessaggioEsterno chiamerà prima il costruttore di Messaggio, istanziando un nuovo MessaggioEsterno, e così via. Questa è la nostra situazione.

Il punto è che nel mondo reale questa cosa apparentemente impossibile avviene, ma come? Hofstadter conclude postulando l'esistenza di certe strutture "a priori" che permettono di decodificare istantaneamente, senza passare attraverso ulteriori regole (questo è ciò che avviene in un computer: ad un certo punto, un'istruzione è in Assembly e viene direttamente eseguita, senza ulteriori necessità di traduzione).



## 6 Mie considerazioni

La prima cosa che mi sentirei di dire è che Hofstadter aveva ragione e che queste strutture a priori coinvolgono certamente l'area di Broca. L'unica cosa che mi sento di aggiungere su questo è che ritengo che il linguaggio sia possibile non grazie a quello che abbiamo, quantopiù grazie a quello che *non abbiamo*.

### 6.1 La potenza della limitatezza

L'importanza di ciò che non abbiamo sta nel fatto che è grazie alla limitatezza che riusciamo a spezzare la ricorsione altrimenti infinita individuata da Hofstadter. Spezzare questa ricorsione significa che, prima o poi, i nostri circuiti neuronali traducono *direttamente* un messaggio, senza richiedere l'utilizzo di ulteriori messaggi esterni.

Il fatto che queste strutture generalissime siano comuni ad ogni essere umano si porta dietro due conseguenze.

1. Il numero dei linguaggi possibili è limitato, perché limitato è il numero di traduzioni possibili.
2. Dato che questa base è universale, si può dire che i messaggi abbiano un proprio significato intrinseco, perché una parte non può dipendere da messaggi esterni dato che a un certo punto avviene una traduzione simultanea;

Vedremo più nel dettaglio entrambi questi aspetti.

#### 6.1.1 L'impossibilità di avere infinite lingue

Questa non è un'idea nuova, dato che ci aveva già pensato Chomsky (che essendo di tutt'altra levatura intellettuale rispetto a me ha anche provveduto ad andare più nel dettaglio specificando gli insiemi linguistici esistenti).

Mi limito solo a considerare un diverso e molto semplicistico punto di vista: vedendo l'infinita dei linguaggi come l'infinita del numero di diagrammi di Venn differenti che li possono racchiudere<sup>1</sup>, notiamo che ad ogni nuovo insieme più grande abbiamo le proprietà di prima più alcune nuove; evidentemente, si può parlare di *strutture più generali* e di uno spazio di linguaggi inclusi più esteso. Se ad un certo punto abbiamo la nostra traduzione in hardware, evidentemente questo processo si ferma, pertanto è sempre possibile concepire un punto esterno ad un qualsiasi insieme tra quelli considerati.

---

<sup>1</sup>Questo non cambia l'ordine di infinito, perché i linguaggi restano comunque elementi discreti quindi la loro granularità non è infinita come i numeri reali: il loro infinito è contabile, come i numeri naturali

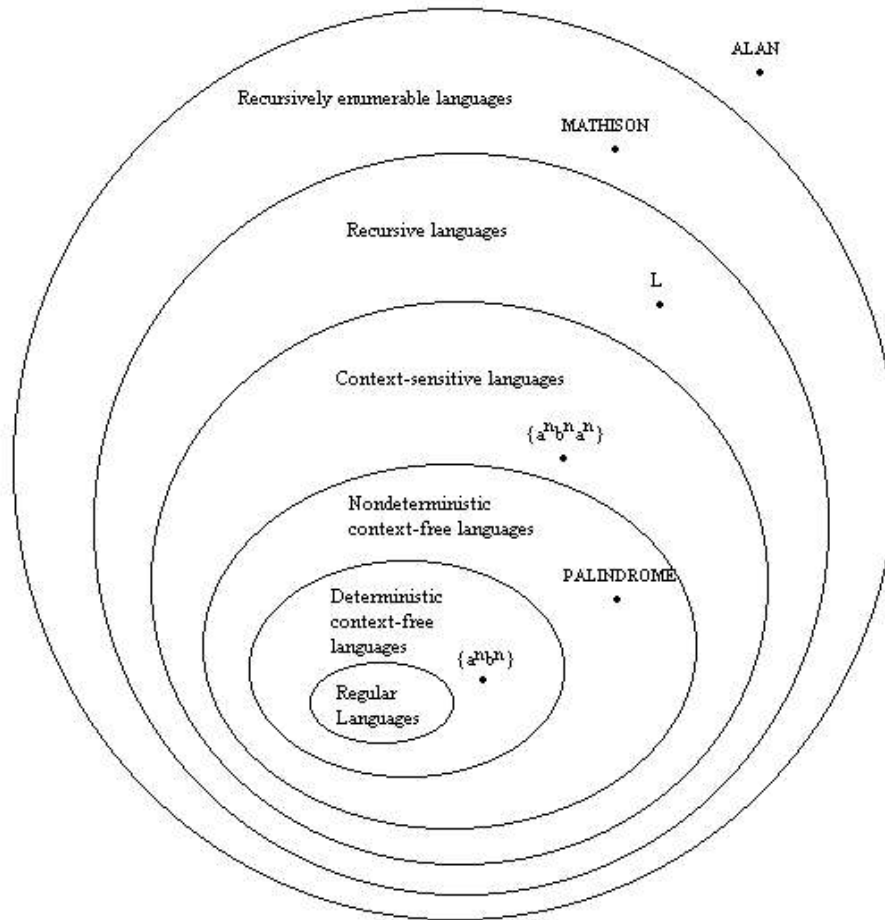


Figura 4: L'insieme delle grammatiche di Chomsky: ALAN è un linguaggio esterno a tutte queste

### 6.1.2 La possibilità di un significato intrinseco nei nostri messaggi

La mia tesi è quindi che la comunicazione è possibile proprio grazie a questa interruzione: se le strutture possibili fossero realmente infinite, avremmo bisogno di infinita informazione per decodificarla (di infiniti jukebox quindi), e quindi non passerebbe alcun messaggio.

Un altro esempio potrebbe essere di paragonare l'informazione contenuta in un testo a dell'acqua contenuta in una bottiglietta che si vuol far arrivare a una certa persona passando per vari intermediari, che non appena ricevono la bottiglietta ne bevono esattamente metà del contenuto rimanente: questi sarebbero i messaggi esterni, che con la loro azione rendono sì possibile la comunicazione, ma ad un prezzo. Dopo infiniti intermediari (al limite quindi) ne rimane esattamente zero, ma se sono in numero finito qualcosa rimarrà. Questo potrebbe essere ciò che chiamiamo *significato intrinseco* del messaggio. Da notare però che tutto questo si regge su un'ipotesi molto stretta che è quella di possedere caratteristiche umane: assumendo un certo

antropocentrismo, si può dire che un messaggio ha effettivamente un significato intrinseco, ma non appena abbandoniamo l'ipotesi di trattare esseri umani, il castello di carte crolla<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Questo ragionamento si trova nel libro di Hofstadter, mi sono solo limitato a ripeterlo qui per seguire il flusso del ragionamento.