配置問題へのファジィ理論応用に関する一考察

6S-2

橋口 由紀** 西山 保*
*松下電器産業(株) 半導体研究センター **(株)松下ソフトリサーチ

1. はじめに

ファジイ理論は、人間の主観に基づくあいまいな情報を取り扱う手段として近年応用が盛んで、実用化が進んでいる。特に、プロセス制御、運転制御等の制御分野では、数多くの実用例が報告されている。一方VLSIの高集積化に伴い論理設計の自動化が必要とされてきている。そこで、我々は論理合成エキスパートシステムLODES(LOgic Design Expert System)[1]を開発してきた。

本稿ではファジイ理論のVLSI CAD分野への応用として論理図生成への適用について考察した。

2. 問題設定

2.1対象の選択ー論理図生成への適用

論理図生成において、見易さの指標を的確に設定できず、見易い論理図を自動生成することは非常に難しい問題である。これは「見易い」という概念の定義が不確かであり、主観的なあいまいさを含んでいることによる。この様な人間の主観に基づく問題に対し、ファジイ理論は有効である。

2.2論理図生成の概要

論理図生成に用いる処理概要をFig.1に示す[2]。

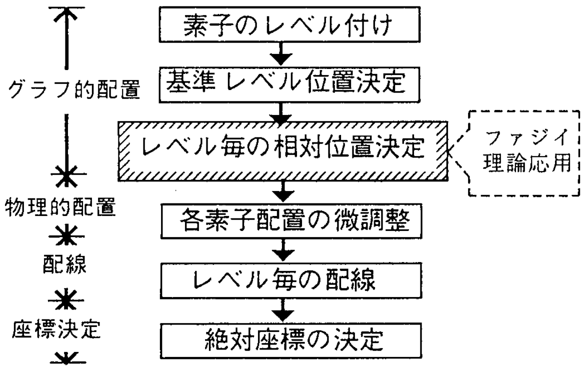

Fig.1 論理図生成処理概要

グラフ的配置では、各素子の物理的形状とは無関係に、グラフ論的に素子の配置を決定する。(1)まず、信号の伝搬順序に従って各素子のレベル付けを行い、(2)基準レベルの素子間での位置関係を決定し、(3)既に位置が決定された素子との接続関係から各素子の相対位置をレベル毎に決定する。

物理的配置で各素子の形状情報に従って素子配置の微調整を行い、配線では各信号の配線を行う。

最後に各処理結果を基に絶対座標を決定する。

An Application of Fuzzy Theory to The Placement
Yuki HASHIGUCHI**, Tamotsu NISHIYAMA*
*Matsushita Electric Industrial Co.,Ltd.;
**Matsushita Soft Research Inc.

2.3対象の問題定義

適用対象として、Fig.1に示す相対位置決定問題を取り上げる。まず前提条件を以下に示す。

(a)全ての素子の入力端子が論理的に等価
(b)ループがない
(c)各素子のレベルは既決定
(d)基準となるレベルの相対位置は既決定

各素子をノード、その接続関係をアークとするグラフを考える。また、ノード全体の集合をXとし、集合U,U_ℓ,V,Yを以下の様に定義する(Fig.2)。

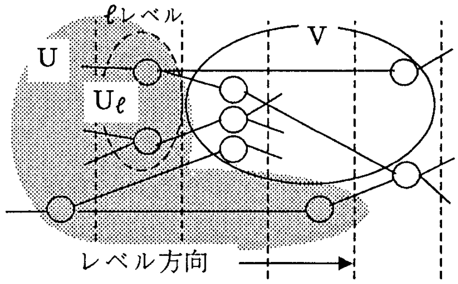

Fig.2 グラフにおける集合U,U_ℓ,V

U : 既に相対位置が決定されたノード集合
U_ℓ : ℓレベルのノード集合
(ただしℓはUに全ノードが属する最大レベル)
V : $\ell+1$レベル、あるいはU_ℓの要素に接続する、相対位置未決定のノード集合
Y : Uの要素が存在する相対位置の集合

U(x),V(x),W(x)をそれぞれ集合U,V,$\overline{U}$の要素のうち、x($\in$X)に接続する要素の集合とする。

今、これらの定義を用いて、集合Vに属する要素の相対位置を決定する。

3. アプローチ

3.1ファジイ理論基礎知識[3),4)]

ファジイ集合はあいまいな情報の集合である。ある集合Xにおけるファジイ集合Aは、次のメンバーシップ関数μ_Aによって特性づけられる。

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1]$$

要素$x\in X$に対する値$\mu_A(x)$は、xがファジイ集合Aに属する度合い(grade)を表し、集合Aは、

$$A=\{\mu_A(x)/x \mid x\in X\}$$

と表せる。また、ファジイ集合に対して通常の集合と同様な基本的な演算が行える。例えば、ファジイ集合A,Bにおいて、その和集合は、

$$A\cup B \Leftrightarrow \mu_{A\cup B}(x) = \max\{\mu_A(x),\mu_B(x)\}$$

と定義される。

2つの集合X,Yの直積$X\times Y = \{(x,y) \mid x\in X, y\in Y\}$におけるファジイ関係Rとは、X×Yにおけるファジイ集合Rのことで、

$$\mu_R : X\times Y \rightarrow [0,1]$$

なるメンバーシップ関数で特性づけられる。

3.2相対位置決定手法

まず、(1)各々の素子の各相対位置に対する、「この素子がこの位置に配置されると見易い」というファジイ集合を求め、次に(2)求めたファジイ集合から各素子の相対位置を決定する。

3.2.1 ファジイ集合の決定

まず「素子xが位置yに配置されると見易い」という$V \times Y$におけるファジイ集合Aを考える。また既に相対位置が決定されている要素xに対し$U \times Y$におけるファジイ集合Bを設定する。そのメンバーシップ関数$\mu_B((x,y))$は、yがxの位置のとき$\mu_B((x,y))=1$, それ以外は$\mu_B((x,y))=0$である。

今、相対位置$y(\in Y)$に配置するときの素子$x_1(\in X)$と、別の素子$x_2(\in X)$との「隣接度」を表す$X \times X$におけるファジイ関係R_yを導入する。R_yのメンバーシップ関数は

$$\mu_{R_y}(x_1,x_2)=f(|l(x_1)-l(x_2)|,|y-o(x_2)|)\times\mu_{A\cup B}((x_2,o(x_2))) \quad \text{for } x_2\in(U(x_1)\cup V(x_1))$$
$$= 0 \quad \text{for } x_2\notin(U(x_1)\cup V(x_1))$$

と定義する。ここで、$l(x)$はxのレベル、$o(x)$はxが存在する相対位置、つまり$\mu_A((x,y))$がmaxになる相対位置yを表す。また$f()$はレベル差と相対位置差の関数である。

次に、$V \times U$におけるファジイ関係R_yより、$V \times Y$におけるファジイ集合Aを求める。メンバーシップ関数を

$$\mu_A((x,y)) = \Sigma_u \mu_{R_y}(x,u)(\delta(y-o(u))+1/|U(x)|)/2$$

と定義すれば、ファジイ集合Aは決定できる。ただし、$\delta(x)$はデルタ関数、|集合|は要素数とする。

3.2.2相対位置の決定

決定されたファジイ集合Aよりα-レベル集合[4] A_α ($A_\alpha=\{z\,|\,\mu_A(z)\geqq\alpha\}, z\in V\times Y, \alpha\in[0,1]$) をつくる。次に、A_αから部分集合

$\{(x_i,y_i)|x_i\neq x_j,y_i\neq y_j(i\neq j)\ \text{s.t.}\ \Sigma_i \mu_A((x_i,y_i))\rightarrow\max\}$

を求め、それぞれ相対位置を決定していく。

なお、既存の相対位置に決定されなかった$\ell+1$レベルの要素$v(\in V)$は相対位置の間に埋め込む。その際、$W(v)$の要素wが位置しそうな相対位置を知るため、$W(v)\times Y$におけるファジイ関係R_yからメンバーシップ関数$\mu_A((w,y))$の値を求める。次に$V\times(W(v)\cup U)$におけるファジイ関係R_yからファジイ集合Aを求め直し、埋め込みに適した位置place(v)を決定する:

$$\text{place}(v)=\Sigma_y\, y\cdot\mu_A((v,y))/(\Sigma_y\, \mu_A((v,y))).$$

4. 考 察

本手法に基づいた論理図生成システムを開発した。その生成結果例をFig.3に示す。

また、本手法の性能を評価するために従来のシステム[2]と比較してみた。見易さを定量的に評価するため、交差数、屈曲数、関連する素子間の距離の総和、離散間隔(同じ入力を持つ素子間の平均間隔)について比較した結果をTable1に示す。本手法は、従来のシステムに比べ、これらの評価指標においてほとんどの回路で優れている。

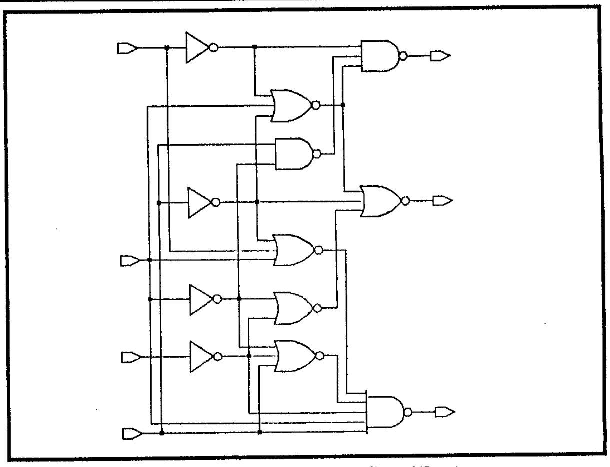

Fig.3 論理図自動生成結果例

ここに挙げた評価指標は、論理図を見易くする要因のほんの一部であり、これらの定量的結果だけからでは、図が見易くなったとは一概に言えない。しかし、本手法を用いて得られた論理図は、従来のものに比べ、視覚的に見易くなっていると思われる。さらに本手法の適用結果から、次の様な有効性を確認した。

(1)評価指標の設定が難しい問題に対して予想外に結果が良い。

(2)比較的容易にチューニングができ、様々な観点から見た見易い配置が得られる。例えば、

a.メンバーシップ関数に離散的な値が設定でき、その変更が容易

b.メンバーシップ関数の演算の変更が容易

(3)処理が比較的簡単なため、処理効率が良い。

Table 1 本手法と従来との比較

回路	交差数		屈曲数		距離の総和		離散間隔	
	従来	本手法	従来	本手法	従来	本手法	従来	本手法
A	26	18	33	33	45	42	3.3	2.4
B	96	91	62	58	146	142	4.2	4.3
C	4	4	20	20	17	18	2.0	1.0
D	178	131	85	83	254	223	5.9	4.2

5. おわりに

論理図生成という配置問題へのファジイ理論の応用を提案した。従来は、評価関数がうまく扱えなかったが、この手法を用いると、比較的簡単に見易い配置を得ることができ、その有効性を確認した。今後さらに評価を行い、より見易い図を得ると共に、論理図生成における他の処理に対しても適用を試み、実用化を図る。

参考文献

1)西山他：論理合成エキスパートシステムLODES, 計測と制御 Vol.27,No.10,pp.923-924,1988.

2)泉野,西山：論理図自動生成の一手法,情報処理学会第37回全国大会講演論文集,pp.1778-1779,1988.

3)Zadeh,L. A.:Fuzzy sets,Inform.Control,8,pp.338-353,1965.

4)水本:ファジィ理論とその応用,サイエンス社,1988.