

Algorithmen im Chip-Entwurf 12

Verbesserungen

Andreas Koch
FG Eingebettete Systeme
und ihre Anwendungen
TU Darmstadt

Verbesserungen Place & Route-Flow

1

Übersicht

- Verbesserung der Platzierung
- Vorschläge
 - Verdrahtungsorientierte Platzierung
 - Parallele Platzierung
- Brainstorming
- CAD-Demo
 - 2. Versuch

Verbesserungen Place & Route-Flow

2

Verbesserungen

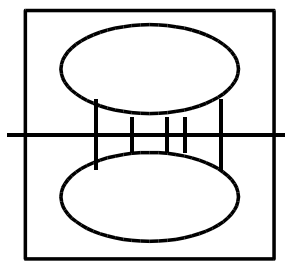
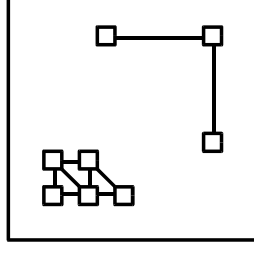
- Basisfunktionen
 - Platzierung
 - Verdrahtung
- Vorschläge zur Verbesserung
 - Bessere Ergebnisse
 - ◆ Weniger Tracks
 - ◆ Weniger Verzögerung
 - Schnellere Laufzeiten
 - ◆ Um welchen Preis?

Verbesserungen Place & Route-Flow

3

Verdrahtungsorientierung

- Während der Platzierung
- Bisher nur sehr einfach
 - Gesamtverdrahtungslänge
- Nicht berücksichtigt
 - Örtliche Verdrahtungsdichte
 - Schnitt-basierte Verdrahtungsdichte



Verbesserungen Place & Route-Flow

4

Örtliche Verdrahtungsdichte

- Abschätzungen
- Über Netzdichten
 - Flächenorientiert
 - Ansatz von RISA
 - ◆ Cheng: ICCAD 1994
- Statistische Modelle
 - Pfadorientiert
 - Ansatz von fGREP und fGREP2
 - ◆ Bhatia: FPL 2001, DAC 2002

Verbesserungen Place & Route-Flow

5

Berechnung von Netzdichten

- Idee: Netzlänge pro Ressource
 - Abschätzung Netzlänge $L(n)$
 - ◆ Anzahl Terminals
 - ◆ Korrekturfaktor q
 - Fläche ist bekannt
 - ◆ Netzsparrendes Rechteck BB
 - ◆ Daraus Anzahl Verdrahtungsressourcen bestimmen
 - ◆ $R(BB(n))$
- Annahme
 - Netzlänge verteilt sich homogen auf Verdrahtungsressourcen

$$d(n) = \frac{L(n)}{R(BB(n))}$$

Verbesserungen Place & Route-Flow

6

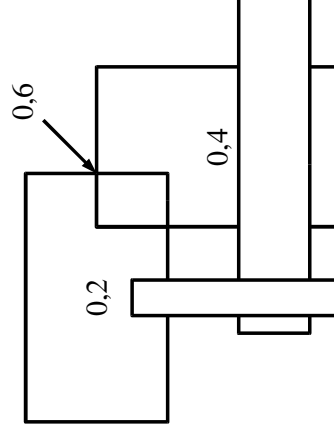
Berechnung von Netzdichten

- Vorgehen
 - Berechne $d(n)$ für alle Netze n
 - ◆ Anhand aktueller Platzierung (z.B. je SA Schritt/e)
 - Berechne örtliche Dichte für CLB C_{ij}
 - ◆ Summiere $d(n)$ für alle Netze n mit (ij) in $BB(n)$
- Optimierungsziel
 - Zusätzlich zu Verzögerung und Gesamtlänge
 - Minimiere örtliche Dichte
 - ◆ Präziser: Überschreitung der vorhandenen Tracks
 - ◆ Theoretisch: $d(n) > 1$
 - ◆ Aber: Abschätzung sehr ungenau
 - ◆ Korrekturfaktor durch Analyse realer Verdrahtungen
 - ◆ Vergleich mit Abschätzungen
 - ◆ qi.txt

Verbesserungen Place & Route-Flow

7

Beispiel



- Aufsummieren der Netzdichten
 - Je Block
 - Verfeinerung
 - ◆ Getrennt nach H und V Segmenten
 - ◆ Vorzugsrichtung des Netzes

Verbesserungen Place & Route-Flow

8

Statistische Modellierung

- **Pfadwahrscheinlichkeiten**
 - Nicht mehr flächenorientiert
 - Berücksichtigen pro Netz n
 - ◆ Anzahl der Terminals
 - ◆ Lage der Terminals in $BB(n)$
- **Genauer als flächenorientierter Ansatz**
 - 3,8% Fehler statt 34% (RISA, ICCAD 1994)
- **Aber langsamer**
 - Praktisch ca. 660x
 - ◆ Bhatia, FPL 2001
 - Verbesserbar bis auf 37x langsamer
 - ◆ Bhatia, DAC 2002

Verbesserungen Place & Route-Flow

9

Ideen

- **Bei wachsender Entfernung vom Ursprung**
 - Mehr Möglichkeiten der Pfadführung
- **Benutzungswahrscheinlichkeit für gegebene Verdrahtungsressource (VR)**
 - Umgekehrt proportional zu Möglichkeiten
- **Bei mehreren Ursprüngen**
 - Nahegelegenster bestimmt die Nachfrage

Verbesserungen Place & Route-Flow

10

Modellierung

- **Von Terminal t equidistante VR r der Distanz q**

$$LS(t, q) = \{r \in R \mid dist(t, r) = q\}$$

- **Terminalnachfrage von t nach VR r**

$$TD(t, r) = \frac{1}{|LS(t, dist(t, r))|}$$

- **Netznachfrage von n nach VR r**

$$ND(n, r) = \max_{t \in \{u \in n\}} dist(u, r) = \min_{v \in n} dist(v, r)$$

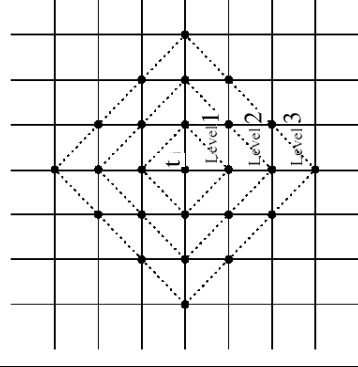
- **Gesamtnachfrage nach VR r**

$$D(r) = \sum_{n \in N} ND(n, r)$$

Verbesserungen Place & Route-Flow

11

Beispiel 1



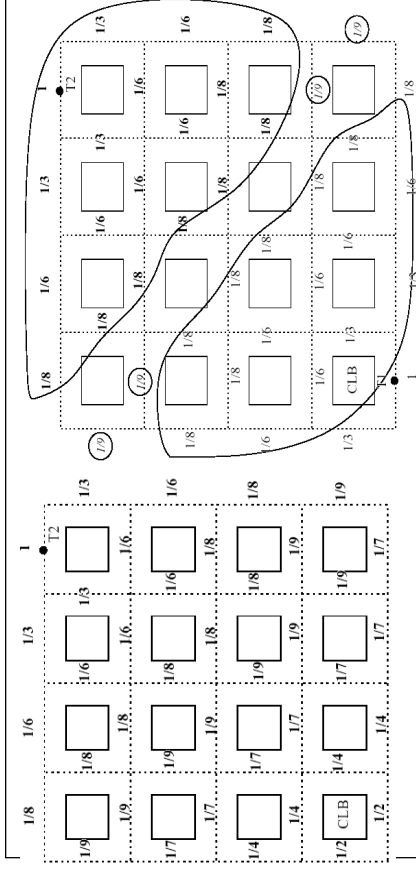
Level-Set $LS(t, q)$ für
 $q=0, 1, 2, 3$

Terminalnachfrage $TD(T1, r)$
für alle r in $BB(n)$

Verbesserungen Place & Route-Flow

12

Beispiel 2



Terminalnachfrage $TD(T_2, r)$
für alle r in $BB(n)$

Netznachfrage $ND(n, r)$
für alle r in $BB(n)$
mit $n = \{T_1, T_2\}$

Verbesserungen Place & Route-Flow

13

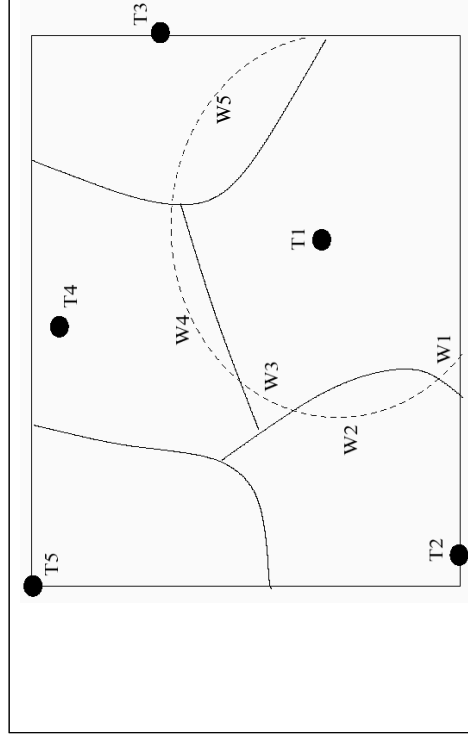
Vorgehen

- Gesamtnachfrage berechnen
 - Aufsummieren über alle Netze
- Algorithmus
 - Breitensuche ausgehend von Terminal
 - ◆ Bis alle r in $BB(n)$ besucht
 - Komplexität $O(|n| \cdot |R|)$
- Laufzeit
 - 5-20x schneller als VPR Router (für geg. W_h, W_v)
- Verbesserung (DAC 2002)
 - Einflusszonen um Terminal herum
 - ◆ Nachfrage wird nur durch ein Terminal bestimmt
 - ◆ Ausnutzen: Nachfrage nach r nur 1x berechnen
 - ◆ Komplexität nur noch $O(|R|)$

Verbesserungen Place & Route-Flow

14

Beispiel Verbesserung



Einflusszonen um Terminals $T_1 \dots T_5$
Fragmentierung der Wellenfront in $W_1 \dots W_4$

Verbesserungen Place & Route-Flow

15

Vorgehen

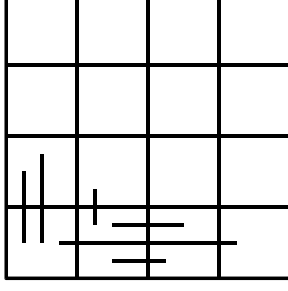
- Parallele BFS von allen Terminals t in n
 - Erreichen einer Zonengrenze
 - ◆ Zwei Wellenfronten treffen aufeinander
- Problem
 - Andere Teile der Wellenfront sind noch in Zone
 - Nicht einfach aufhören
 - ◆ $LS(t, q)$ wäre falsch (zu klein!)
 - ◆ $|W_1| + |W_3|$ statt $|W_1| + |W_2| + |W_3| + |W_4| + |W_5|$
- Lösung
 - Wellenfront W von t aus weiter ausbreiten
 - ◆ Solange auch nur ein r aus W in der Zone von t liegt
- Resultat
 - Gleiche Ergebnisse, 17x schneller

Verbesserungen Place & Route-Flow

16

Schnittdichten

- Einfachere Idee, aber ungenauer
- Chip in mehrere Regionen aufteilen
 - 4x4, 16x16
- Je Schnittsegment
 - Horizontal und vertikal
 - Anzahl der kreuzenden Leitungen berechnen
 - Falls grösser als Anzahl Tracks
 - ◆ In Kostenfunktion bestrafen



Verbesserungen Place & Route-Flow

17

Parallele Platzierung

- Ziel ist kürzere Programmlaufzeit
- Vorgehen
 - Aufteilung des Platzierungsproblems
 - Verteilen auf N CPUs/Rechner
 - Lösen der Teilprobleme
 - Zusammenfügen zur Gesamtlösung
- Im Idealfall
 - Beschleunigung um Faktor N
 - Praktisch aber nicht:
 - ◆ Aufteilen: auf einer CPU
 - ◆ Kommunikation: Zusätzlicher Overhead
 - ◆ Zusammenfügen: I.d.R. auf einer CPU
 - ◆ Auch hierarchisches Vorgehen möglich

Verbesserungen Place & Route-Flow

18

Aufteilung

- Einfache Lösung
 - Partitionierung mittels Min-Cut
 - Problem aufteilen
 - ◆ In möglichst unabhängige Unterprobleme
- In heterogenen Systemumgebungen
 - Partitionsgrösse an Rechenleistung anpassen
- Selbst bei Aufteilung
 - Kontextinformationen bestimmen
 - ◆ Relativ einfach: Topologie
 - ◆ Komplizierter: Delay
 - ◆ Verteilte Abschätzung oder zentrale Criticality-Berechnung
 - ◆ Über Partitionsgrenzen verteilen
- Aber: Aufteilung vermindert Qualität
 - Prinzip der Optimalität gilt nicht!

Verbesserungen Place & Route-Flow

19

Implementierung

- Einlesen der Eingabedaten
 - Aufteilen
 - Bestimmen von Kontextdaten
- Verteilen auf Rechenknoten
 - Dort ständig laufende Server-Prozesse
 - Nehmen Anfragen via Java RMI entgegen
 - ◆ Teilproblem und Kontextdaten
 - Berechnung mit üblichem Algorithmus
 - Ggf.: Zentrale Berechnung der Criticality
 - ◆ Kommunikation mit Master-Knoten
- Zusammenfügen der Teilergebnisse
 - Übertragen auf Master-Knoten
- Schreiben der Ausgabedaten

Verbesserungen Place & Route-Flow

20

Praktische Arbeiten

- **Phase 3: Routing**
 - Abgabe: Bis Dienstag, 17.01.2006, 12:00
 - Kolloquien: Donnerstag, 19.01.2006
 - Vorträge: Freitag, 20.01.2006
- **Phase 4: Verbesserungen**
 - Abgabe: Bis Freitag 03.02.2006
 - Kolloquien: Dienstag, 07.02.2006
 - ◆ In der Vorlesungszeit
 - ◆ 3 Gruppen
 - ◆ Extratermine
 - ◆ 2 Gruppen
 - Vorträge: Dienstag, 14.02.2006

Verbesserungen Place & Route-Flow

21

Zusammenfassung

- Verbesserungen des P&R-Flusses
- Qualität
 - Verdrahtungsorientierte Platzierung
- Rechenzeit
 - Parallele Platzierung

Verbesserungen Place & Route-Flow

22