

インテリジェントファイル制御機構の 実験システムについて

石塚拓雄* 宮寺博男* 高橋英夫**

(* 日立製作所 神奈川県工場) (** 日立製作所 ソフトウェア工場)

1. はじめに

データベースシステムに対するユーザの要求がますます多様化している中で、データベースを直接エンドユーザ（管理者，研究者も含む）が容易に扱い、利用したいという要求が増加している。また、検索形態としても、レコードの任意のフィールドの内容によりデータを検索するコンテンツアクセスの要求が強くなっている。このコンテンツアクセスは、今後のデータベースアクセス形態の一つと考えられる^{(1)~(3)}。

ところが、このコンテンツアクセスは、従来の方式では非常に効率が悪く時間がかかる。

そこで、このデータベースに対するコンテンツアクセス処理を高速化し、データ検索要求に対するレスポンスタイムの短縮と、中央処理装置の負荷の軽減を計るためのインテリジェントファイル制御機構（IFC）のシステムを製作し、評価を行った。

本システムは、市販されている汎用計算機と、ディスク装置を使用し、ディスク制御装置にハードウェアを追加し、コンテンツアクセス手法を実現したものである。

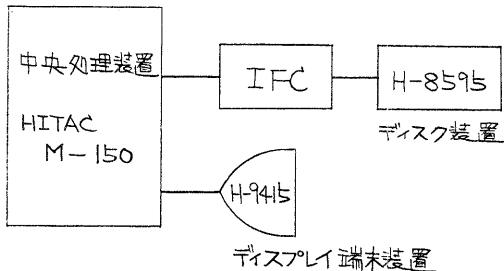


図1. システムの接続

2. 検索機能とその方式

2.1 検索機能

レコード（長さ4キロバイト以内）の任意の4つのフィールド（各々255バイト以内の長さ）に対して、それぞれ3つまでの比較条件を設定することができる。比較条件としては、 $>$ 、 $<$ 、 \geq 、 \leq 、 $=$ 、 \neq が指定できる。

さらに、これらの比較結果の真値値の向でAND（論理積）、OR（論理和）の論理演算を行うことができる。使用できるORの演算手数の最大は3個である。ANDの演算手数の最大は28個である。

例)

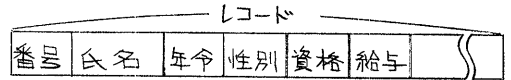


図2. 検索レコードフォーマット

例1) 年齢 $>$ 30 , 性別 = 男性

例2) 年齢 $>$ 30 AND 性別 = 男性
OR 年齢 $<$ 25 AND 性別 = 女性
AND 資格 = 運転免許

2.2 検索方式

従来方式と本方式の比較を図3. に示す。

従来方式は、中央処理装置からファイルの最初のレコード1を読みという指令をディスク制御装置に出し、レコード1が処理装置に転送されて来ると検索条件との比較を行う。この向、ディスク装置は回転待ちをしている。レコード1の処理が終わると、レコード2を読みという指令を中央処理装置

が出し、前記動作をくりかえす。このように、1トラックの処理に何回転かの回転待ちがある。

これに対してIFCの方式は、中央処理装置がIFCに対して「ある条件に合ったレコードを読み」という指令を出し、IFCは、レコード検索の前処理をしてディスク装置にレコードの

転送要求を出す。レコード1から順次IFCに転送されて来ると、IFCは転送速度に合わせて、検索条件と比較する。すなわち、レコードの検索はディスクの回転に同期して行うので、1トラックのレコード処理を1回転で行うことができる。

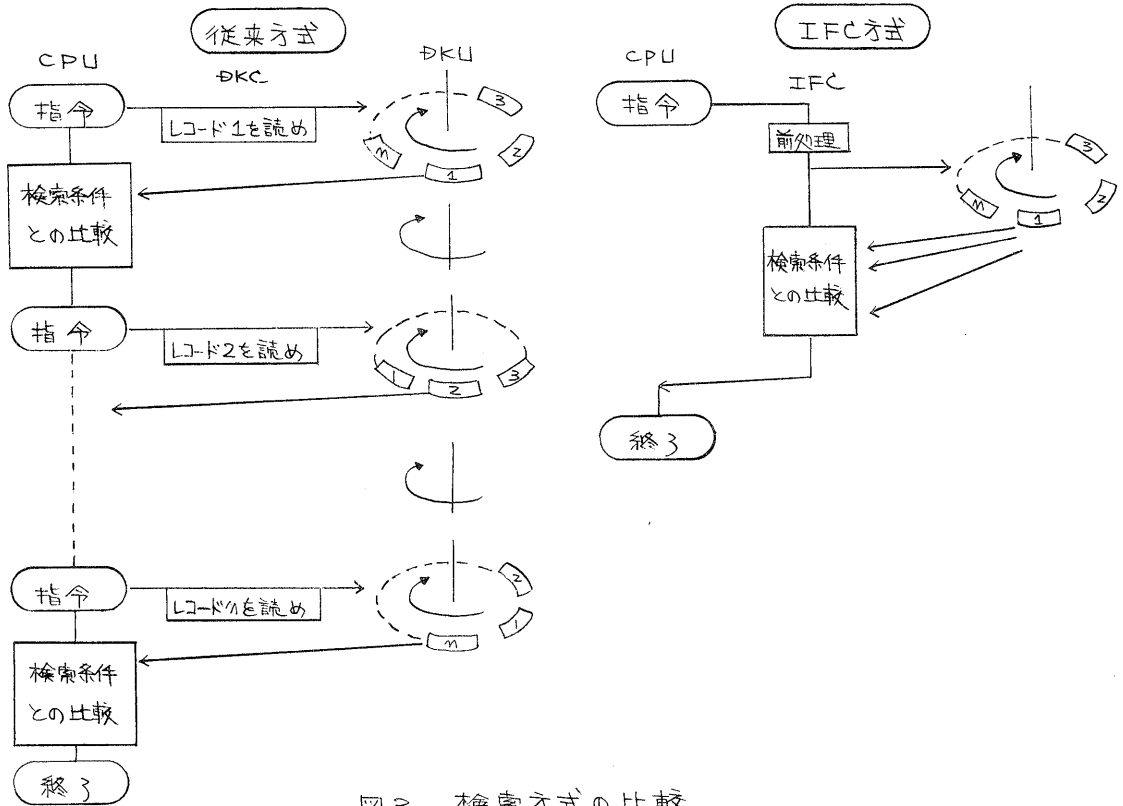


図3、検索方式の比較

2.3 IFCの動作

IFCは、図4に示すような7つの論理ブロックから成り、次のように検索処理を行う。

- ①、SET KEY AND SEARCH (SKAS) コマンド (レコード検索用の新コマンド) によりチャネルからファイル定義に関するデータと、検索条件に関するデータを受け取る
- ②、マイクロプログラムにより検索

- 制御部に検索条件をセットする。
- ③、比較条件のデータを検索キーストージにセットする。
- ④、ディスク装置の目的のファイル領域の先頭にヘッドを位置付けて、データ転送要求を出す。
- ⑤、データ転送されて来たらレコードを検索制御部に送る。
- ⑥、検索制御部は、検索キーストージから比較条件のデータを読み

出し、レコードのフィールドの値と比較する。レコードが検索条件を満足していればレコードバッファに入る。

- ⑦、1つのレコードの処理が終了した次のレコードを読み出してきて、検索処理を行う。1トラック内のレコード検索が終了した次のトラックの処理を行う。
(⑤, ⑥, ⑦の動作はディスクの回転に同期して行われる)
- ⑧、目的のファイル領域の検索が終了するか、レコードバッファが満杯になるとSKSコマンドは終了する。
- ⑨、READ RECORD AND STATUS (RRS) コマンド(レコード検索用の新コマンド)によりレコードバッファのレコードをチャンネル装置に入る。

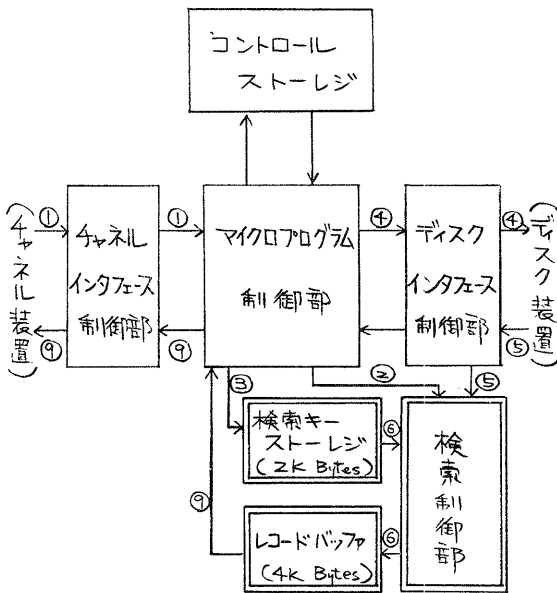


図4. IFC ブロック図

() の部分がレコード検索のための追加部分であり、それ以外は標準のディスク制御装置の部分である。

2.4 検索論理

図5にレコード検索回路のブロック図を示し、以下にその回路の要点を説明する。

- (1)、KEY BUFFER A, B
チャンネルから転送されたKEYデータと検索条件バイト(比較条件)を入れておき、レコード検索時に使用する。
- (2)、KEY-ADDR
KEY BUFFERのアドレスで、レコード検索中にファイルデータに同期して更新する。
- (3)、COMPARE SUCCESS 回路
ファイルのデータが検索条件に一致するかをハードウェアで判定する回路である。この回路によりディスクのデータ転送速度に同期した検索が可能となる。本図では、CMP A, B CMP-CONDITION A, B CMP-MATCH A, B CMP-MASK REQ から構成される。
- (4)、LOGICAL RECORD BUFFER
レコード検索時に検索条件に一致したレコードを回避しておくバッファで、RRSコマンドでチャンネルに転送する。
- (5)、L-ADDR
LOGICAL RECORD BUFFERアドレスで、レコード検索中にファイルデータに同期して更新する。
- (6)、KL-BUFFER
KEYフィールドごとのKEYの長さとそのKEYフィールドが最後かどうかを示す情報を格納し、フィールドが変わるたびにKL-COUNTERにデータを送る。
- (7)、KL-COUNTER
検索中のKEYフィールドの残りバイト数と、そのフィールドがレコード中の最後のKEYか否かの判定をする。

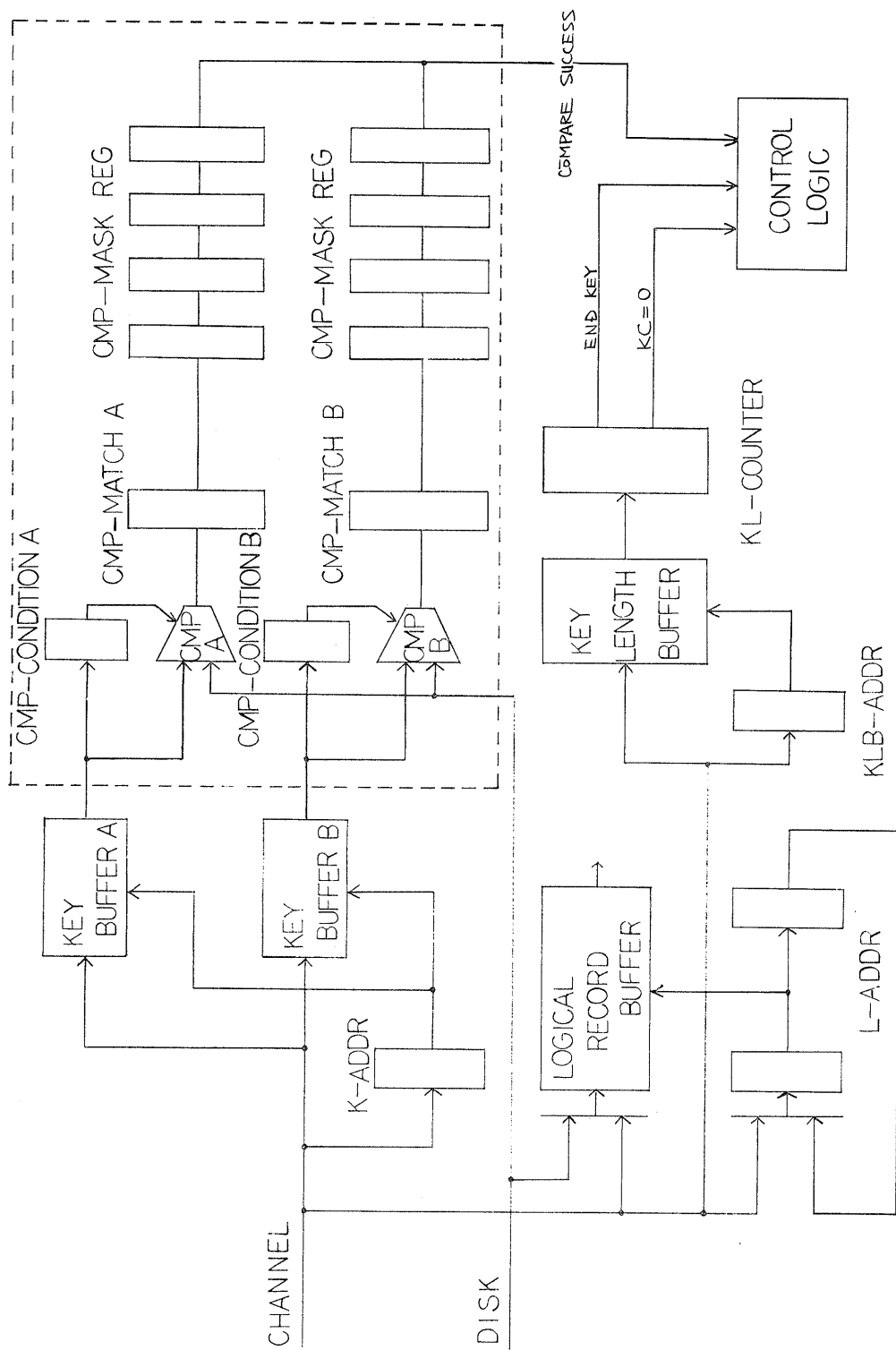


図5、ワード検索回路

2.5 検索コマンド

ファイルの検索は、SET KEY AND SEARCH (SKS) コマンドと READ RECORD AND STATUS (RRS) コマンドにより行う。

(1). SKS コマンド

本コマンドは、中央処理装置から EFC に、チャンネルコマンドのデータとして、検索するファイルの領域の定義、レコードの定義、検索条件となるレコード内のフィールドの定義、検索条件およびキーデータを送り、レコード検索を EFC に行うよう指示するコマンドである。

EFC は、通常、指定されたファイルの領域の検索が終了するか、検索条件を満足するレコードがレコードバッファの容量以上になると検索を終了する。また、EOF レコードを検出したときも終了する。

(a). ファイル領域の定義

検索の開始位置と終了位置をシリンダアドレス (CC), ヘッドアドレス (HH), レコード番号 (R), シーケンス番号 (NN) によって示す。

(b). レコードの定義

検索レコード長が何バイトかを示す。

(c). フィールドの定義

検索キーとなるフィールドの長さとしてレコードの先頭から何バイト目からそのフィールドが始まるかを示す。

(d). 検索条件

検索条件は、AND, OR の論理演算式として表わされる。

使用できる OR 演算子の数は最大 3 個, AND 演算子の数は最大 2 個である。

(2). RRS コマンド

本コマンドは、SKS コマンドにより検索されたレコードとレコード数および EFC の終了状態を中央処理装置に報告するコマンドである。

(a). EFC の終了状態

検索終了の状態としては以下がある。

① 物理アドレスによる終了

(C C H H R)

② EOF レコード検出による終了

③ 一致レコード数による終了

④ バッファ満杯による終了

(本状態のとき、リスタート EFC (C C H H R) も報告し、検索再開時に使用する)

⑤ ハードウェア異常による終了

(b). 一致レコード

検索条件に一致したレコードとその数が本コマンドにより報告される。

SKS コマンド

コマンド コード	データアドレス	カウンタ
-------------	---------	------

検索条件
指定テーブル

RRS コマンド

コマンド コード	データアドレス	カウンタ
-------------	---------	------

終了状態

一致レコード

図 6. 検索コマンドの形式

3. 実験システム概要

- (1). IFCは、標準のディスク制御装置にレコード検索用の2つのコマンドを追加したものである。
- (2). 検索するファイルは、標準製品のH-8595ディスク装置(データ転送速度: 1.2MB/S, 記憶容量: 317.5MB/スピンドル)を使用した。
- (3). レコード形式は、順編成ファイル(SAM)の固定長レコードである。
- (4). オペレーティングシステムは、日立の中形~大形汎用電子計算機のオペレーティングシステムであるVOSZC Virtual Storage Operating System Z)の一部を改造したものをを使用した。
- (5). エンドユーザからの問合せ言語としては、標準製品のファイル検索言語を使用した。この言語により、ディスプレイ端末装置から検索要求コマンドを入力し、検索結果をディスプレイ端末装置に表示させることができる。
- (6). 中央処理装置は、HITAC M-150中形汎用電子計算機を使用した。

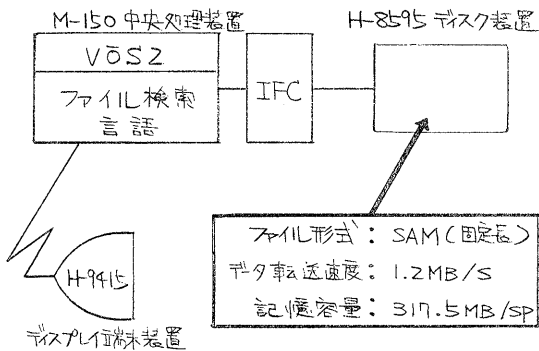


図7. 実験システム構成

4. 性能測定

コンテンツアクセスの全数検索について、従来方式と本方式の比較を、端末装置から見たレスポンスタイムと、CPUタイムについて測定した。

本測定は、図7の実験システム構成を使用したものである。

測定結果の1例を表1に示す。

表1. 測定結果

		従来方式	IFC 実験方式	所要時比
測定1	レスポンス タイム	107.5秒	10.4秒	1/10
	CPU タイム	104.4秒	3.0秒	1/35
測定2	レスポンス タイム	92.6秒	11.5秒	1/8
	CPU タイム	90.4秒	3.0秒	1/30

* 測定1の条件.

ファイル定義: 300バイト/レコード, 2万レコード/ファイル
検索条件: $A < a$ AND $B > b$ AND $C = c$

** 測定2の条件.

ファイル定義: 340バイト/レコード, 2万レコード/ファイル
検索条件: $A = a$ AND $B = b$

また、1例として、演算子数に対するレスポンスタイムとCPUタイムの変化を従来方式との比較で、図8に示す。

図8からわかるように、従来方式では、演算子数に比例してレスポンスタイム, CPUタイムが増大するのに対して、IFC方式では、演算子数に比例なく一定のレスポンスタイム, CPUタイムを得ることができた。

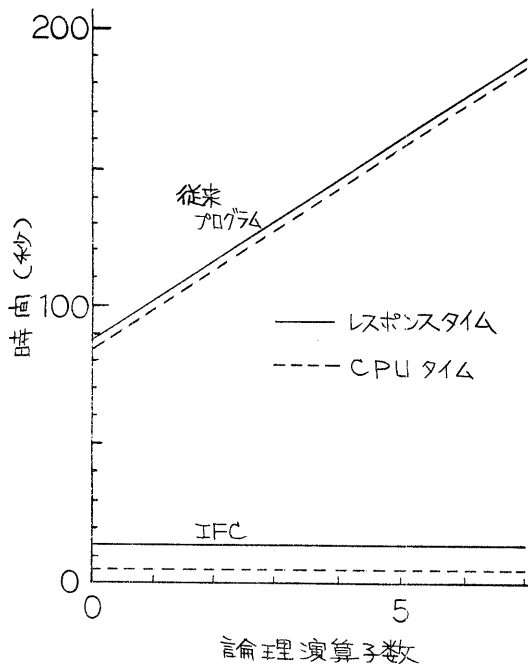


図8. 論理演算子数による測定結果

測定条件

- 400バイト/ロード, 2万ロード/ファイル
- 4Kバイト/ブロック

5. おわりに

従来のディスク制御装置にデータ検索機能をもたせることにより、コンテンツアクセス手法を実現し、データ検索におけるレスポンスタイムを格段に短縮し、CPU負荷を大幅に軽減できることを確認した。

従来の方式と比較するとおおよそ以下のことを実測により得た。

- レスポンスタイムで
1/4.5 ~ 1/13
- CPUタイムで
1/11 ~ 1/45

本研究は、データベースマシンの中のインテリジェントコントローラ⁽⁴⁾⁽⁵⁾の範ちゅうに入るものと考えている。

参考文献

- (1). Kevin Smith, "Data - Access System Searches by Content, Slashing Response Time" Electronics Jun 7, 1979, P113~P114
- (2). E. Babb, "Implementing a Relational Database by Means of Specialized Hardware" ACM Trans on Data Base vol4 no1 March 1979, P1~P29
- (3). Douglas S. Kerr "Data Base Machines with Large Content-Addressable Blocks and Structural Information Processors" COMPUTER March 1979 P64~P79
- (4). George A. Champine "Four Approaches to a Data Base Computer" DATAMATION December 1978, P101~106
- (5). T. Lang. et al, "An Architectural Extension for a Large Data Base System Incorporating a Processor for Disk Search" Proc. International Conference on Very Large Data Base, 1977 P204~P210