

パケット充填率を考慮した複合オブジェクト索引の 並列検索終了判定

6X-7

†堀部 兼一 †阪本奈央子 ‡都司 達夫 ‡樋口 健 ‡宝珍 輝尚
† 福井大学大学院工学研究科 ‡ 福井大学工学部*

1 はじめに

オブジェクト指向における複合オブジェクトの概念は重要であるが、その検索には参照関係の巡航を必要とするので時間がかかる。このため、複合オブジェクトに対する高速な索引は重要であり、その方式が種々提案されている。その一方式として、分散・並列化に対して適応性の高いマルチインデクスがある。本研究ではマルチインデクスの各段における送・受信パケットのデータ充填率を高めて、通信オーバーヘッドを軽減させるための方式を提案する。本方式では充填率向上のために、検索対象オブジェクトを格納するパケットデータの分割と併合が行なわれるが、これに伴い、検索履歴を操作して、1つの検索要求に対する並列検索が終了したことを正しく検知する必要がある。

2 並列検索システム

マルチインデクスでは、検索パスで指定されたクラス間ごとに部分索引が用意される。これらの部分索引を使用して、実際のオブジェクトの参照関係を逆行することによって検索結果としての最終的な参照元であるオブジェクトの ID が特定される。検索に並列性を導入するために、マルチインデクスの各部分索引をさらに水平に分割し、水平・垂直分割とする（図 1）。垂直分割により、パイプライン並列性の効果が期待でき、さらに水平分割により、並列化の効果が増大する。各分割毎に PE を割り当て、各 PE の局所メモリ上に B^+ 木を確保し索引要素を格納する。PE は上流の PE から送られてきた入力パケット中の OID をキーとして B^+ 木を検索し、結果を下流の PE に送信する。

上記の並列検索では、各々の PE は他の PE とは独立して、非同期に並列動作する。したがって、検索要求に対してマルチインデクスの最終段において全ての検索結果が出そろったことを判定する機構が必要と

なる。[1] では検索結果のパケット分岐履歴情報を探ることによって全結果が到着したか否かの判定を行なっている（図 2）が、本研究では、送信パケットに対して次のように分岐履歴を付加する。

(a) 1 段目の検索開始パケットの分岐履歴は空列 (ϵ)。 (b) 前段の PE から渡された検索結果のパケット P の分岐履歴が (b_i, \dots, b_1) であるとする。 P 中の各 OID をキーとして検索を行う。検索結果のパケットを P' とする。 P' が最後のパケットでないとき、 P' の分岐履歴を $(-1, 0, \dots, 0)$ とする。このとき、 P' の分岐履歴を未確定分岐履歴と言ひ、 P' を未確定パケットと言ひ。 P' が最終のパケットであり、その分岐数が q であるとき、 $(q-1, b_i, \dots, b_1)$ とする。このとき、 P' の分岐履歴を確定分岐履歴と言ひ、 P' を確定パケットと言ひ。

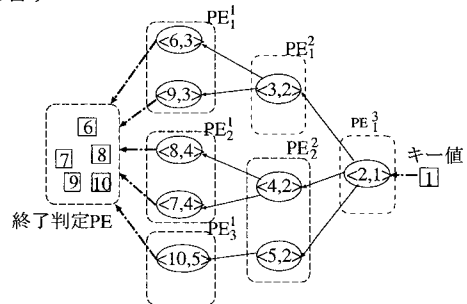


図 1: 索引分割と並列検索

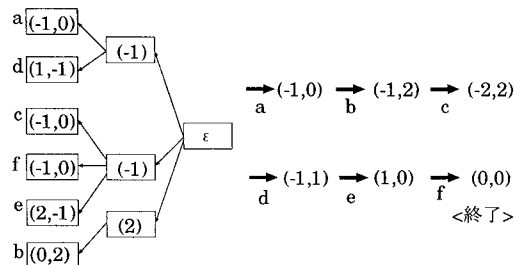


図 2: 分岐履歴と検索終了判定

*Termination Detection of Parallel Index Retrieval for Complex Objects Using Filled Up Packets by Kenichi HORIBE, Naoko SAKAMOTO, Tatsuo TSUJI, Ken HIGUCHI, Teruhisa HOCHIN

3 問題点と解決策

マルチインデックスの各段を水平に分割して検索することによって、検索結果のデータが複数のバケットに分散し、バケット充填率が低下する。このため、送信バケット数が増え、様々な処理コストの増大により全検索時間を増加させることになる。

バケット充填率低下の問題に対して、受信バケットの検索後、次段の PE に送信するバケットに空きがある場合には、即座に送信することはせず、次の検索入力バケットを処理し、その検索結果も併せて満杯になるのを待ち、次段の PE に送信する。このようにバケット統合を行なった場合には、統合したバケットには複数の分岐履歴が混在することになり (図 3(a))、バケット容量を消費する上、図 2 における並列検索終了判定の方式が使用できないことになる。そこで、ここでは、終了判定を正しく行なうために、以下では、2つの方法を提案する。これらの方法を用いることによりバケットには単一の分岐履歴が添付される。

(1) 未確定分岐履歴の破棄による統合

図 3(a) の例に対して、本方法による統合を図 3(b) に示す。分岐履歴 a の入力バケットの検索結果 (の一部) が出力バケット p に収容され、分岐履歴が付されたとする。 p が満杯ではなく、以後、分岐履歴 b の入力バケットの検索結果が p に収容された場合、検索結果の分岐履歴が

(a) 未確定履歴の場合には、それを破棄し、以後の確定分岐履歴において、カウントしない。すなわち、図 3(b) において、本来確定分岐履歴が $(5, b)$ であったのに対して、未確定履歴の破棄により、 $(2, b)$ となる。

(b) 確定履歴の場合には、破棄せずに、確定履歴のみの空のバケットを直接、終了判定 PE に送出する。これにより、確定分岐履歴の紛失を防ぎ、終了判定において考慮することができる。

なお、図 3(b) の $(2, b)$ の場合のように、確定分岐履歴を付すべきバケットに既に分岐履歴が付されていない場合には、そのまま、そのバケットの分岐履歴として、終了判定 PE に送出しない。

(2) 分岐履歴の和による統合

(1) の方法では、検索 PE から終了判定 PE に至る直接の通信路を確保する必要があること、分岐履歴のみの空のバケットの送信により、通信コストが増大する。本方法では、分岐履歴が混在した場合、それらの和をとることにより、単一の分岐履歴とする方法である。図 3(a) の例に対して、本方法による統合を図 3(c) に示す。 [1] ではこのような分岐履歴に対する演算は終

了判定 PE にて行っていたが、検索の途中の段において行うことになる。これにより、終了判定 PE への負荷集中が軽減するのは利点であるが、逆に検索 PE の負荷が増加するのが欠点である。

(3) (1)(2) の併用

(1)(2) それぞれの方式の欠点を軽減するためにこれらを併用する。すなわち、基本的に (1) の方式とするが、(1)(b) の場合においては、確定履歴を終了判定 PE に送信することはせずに、すでに付されている分岐履歴との和を取り、分岐履歴を更新する。図 3(a) の例に対して、本方法による統合を図 3(d) に示す。

現在、これらの方式に基づいた検索システムの評価を行っている。

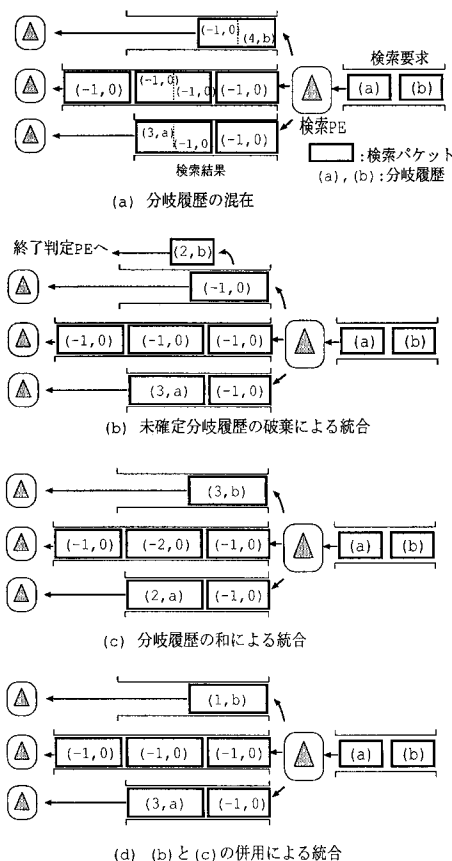


図 3: 分岐履歴の統合

参考文献

- [1] 都司, 佛木, 樋口, 宝珍: 分岐履歴演算による複合オブジェクト索引の並列検索終了判定, 電子情報通信学会論文誌 D-I, J82-D-I, No.8, pp.1059-1070, 1999.