

京都大学大学院情報学研究科  
通信情報システム専攻 修士課程入学試験問題  
(平成 22 年度 10 月期入学・平成 23 年度 4 月期入学)

Admissions for October 2010 and for April 2011

Entrance Examination for Master's Program

Department of Communications and Computer Engineering

Graduate School of Informatics, Kyoto University

平成22年8月9日 13:00－16:00

August 9, 2010 13:00 - 16:00

専門基礎B  
**Problem Set B**

**注意 (NOTES)**

1. 解答開始の合図があるまで中を見てはいけない。
2. これは「専門基礎B」の問題用紙で、表紙共に 17 枚ある。解答開始の合図があった後、枚数を確認、落丁または不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
3. 問題は10問(B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, B-10)ある。4問を選択して解答すること。答案用紙の問題番号欄に問題番号を記入すること。
4. 解答は問題ごとに答案用紙1枚を使うこと。答案用紙1枚に2問以上の解答もしくは1問の解答を2枚以上の答案用紙に書いた場合は無効にすることがある。なお、必要な場合「裏に続く」と明記した上で裏面を使用してもよい。
5. 答案用紙は4枚綴じたまま使用し、切り離さないこと。
6. 答案用紙の綴じ込みがはずれた場合は、直ちに申し出ること。
7. 解答は日本語または英語で行うこと。

1. Do not open the pages before a call for starting.
2. This is the “**Problem Set B**” in 17 pages including this front cover.  
After the call of starting, check all pages are in order and notify proctors (professors) immediately if missing pages or with unclear printings are found.
3. **Answer 4 of the following 10 questions;** B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, and B-10. State the Question Numbers you choose on the Answer Sheet.
4. Use one sheet for each question. If required, the reverse side may be used, stating “Over” at the end of the page. Note that in case two or more questions are answered in one sheet or two or more sheets are used for one question, they may be regarded as no answers.
5. Do not separate the pages of answer sheets; keep them bound.
6. Notify proctors (professors) immediately if the pages are separated for some reason.
7. Answer the questions either in Japanese or English.

### 専門基礎B

**B-1**, **B-2**, **B-3**, **B-4**, **B-5**, **B-6**, **B-7**, **B-8**, **B-9**, **B-10**の10問から4問を選択して解答せよ。

### Problem Set B

Choose and answer 4 questions out of **B-1**, **B-2**, **B-3**, **B-4**, **B-5**, **B-6**, **B-7**, **B-8**, **B-9**, and **B-10**.

#### **B-1**

以下の設問に答えよ。

Answer all the following questions.

- (1) パルス伝送に関する以下の問に答えよ。

Answer all the following questions related to pulse transmission.

- (a) 周波数帯域幅が  $B$  (Hz) の理想低域通過フィルタを介して符号間干渉のないパルス伝送を行いたい。理論的に達成可能な最大のパルス伝送レートはいくらか。

We want to transmit a pulse train without any intersymbol interference over an ideal low pass filter with bandwidth  $B$  (Hz). What is the theoretically achievable maximum pulse transmission rate?

- (b) 実際上は理想低域通過フィルタを用いた符号間干渉のないパルス伝送は実現困難である。急峻なフィルタ遮断特性の実現が困難であることに加え、もう一つ大きな理由がある。それは何か。

In practice, it is quite difficult to transmit a pulse train without any intersymbol interference at such a rate over an ideal low pass filter. In addition to the difficulty associated with the implementation of sharp cut-off characteristics of the filter, there exists one more serious reason. What is it?

continued on next page  
次 頁 ^ 続 <

- (c) 問 (b) で指摘した実際上の問題点を克服するために一般に周波数帯域幅を拡げることが行われる。問 (a) で求めたレートで符号間干渉のないパルス伝送を実現するためには、どのような形に拡げる必要があるか説明せよ。また、その拡幅されたフィルタの周波数応答の一例を図示せよ。

To overcome practical difficulties pointed out in Question (b), generally frequency bandwidth is broadened. Explain in what shape this broadening of bandwidth should be made to realize intersymbol interference-free pulse transmission at a rate obtained in Question (a). In addition, sketch an example of a frequency response waveform of such a filter with broadened bandwidth.

- (d) 問 (c) まではフィルタの入力としてインパルス列を仮定していたが、インパルス列ではなくて幅が  $\tau$ 、高さが  $1/\tau$  の長方形パルス列を入力信号と仮定したとき、問 (c) で図示したフィルタの周波数応答波形をどのように変更する必要があるか簡潔に説明せよ。ただし  $\tau$  はパルス繰り返し間隔以下の正数である。

Up to Question (c), an impulse train is assumed to be applied as a filter input. Assume we apply a rectangular pulse train with width  $\tau$  and height  $1/\tau$  instead of an impulse train. How should we change the frequency response waveform of the filter shown in the above Question (c), where  $\tau$  is a positive number less than or equal to the pulse repetition interval? Explain it briefly.

continued on next page
次 頁   へ   続   <

(2) ランダムな呼の生起を表すポアソン分布  $P_k(t)$  は、時間  $t$  に  $k$  個の呼が発生する確率を表す。下記の問に答えよ。

Poisson distribution describes randomly generated call process.  $P_k(t)$  gives probability that  $k$  calls originate in time interval  $t$ . Answer the following questions.

(a)  $\lambda$  を単位時間の呼の発生率とする。時間  $t$  を  $n$  個の微小な時間  $\Delta t$  に分割し、微小時間内に発生する呼の数が 2 以上になる確率を 0 と仮定して、 $P_k(t)$  を表す式を記せ。

Let  $\lambda$  be call generation rate in unit time interval. Partition the interval  $t$  into a sufficiently large number  $n$  of subsections and let  $\Delta t = t/n$ . Assuming the probability that two or more calls originate in  $\Delta t$  tends to zero, write the formula that gives  $P_k(t)$ .

(b)  $n$  を無限大として  $P_k(t)$  が (1) 式で表されることを示せ。なお導出にあたって (2) 式を用いてよい。

Let  $n \rightarrow \infty$ , and show the  $P_k(t)$  is given by the formula (1). Formula (2) may be used for derivation.

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (1)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{x}{n}\right)^n = e^{-x} \quad (2)$$

(c) ポアソン分布を用いて、呼の発生間隔が時間  $t$  以下となる確率  $P$  を求めよ。

Using Poisson distribution, derive the probability  $P$  that the inter generating time is no greater than  $t$ .

**B-4**

自由空間中における角周波数 $\omega$ の単色平面電磁波に関する以下の設問に答えよ。

Answer all the following questions related to a plane monochromatic electromagnetic wave of angular frequency  $\omega$  in free space.

- (1) この場合におけるマクスウェル方程式を書け。

Write Maxwell's equations for this case.

- (2) 電界と磁界は、いずれも波の進行方向に垂直な面内にあり、互いに垂直である。問(1)の式から電界と磁界の大きさの比を導け。

Both the electric field and the magnetic field of the wave lie in a plane perpendicular to the direction of propagation, and are orthogonal to each other. Derive the ratio of the electric and magnetic field strength from the equations of Question (1).

- (3) 複素ポインティングベクトルの定義を述べ、その大きさが  $1\text{W/m}^2$  の場合に電界の実効値を求めよ。

Give a definition of the complex Poynting vector, and find the effective value of the electric field strength when its magnitude is  $1\text{W/m}^2$ .

- (4) アンテナの絶対利得の定義を述べよ。絶対利得が1のアンテナを問(3)の電磁波の中に置いた場合に得られる受信電力が最大となる条件と、その値を求めよ。

Give a definition of the absolute antenna gain. Find the condition that the received power becomes maximum when an antenna with the absolute gain of 1 is placed in the electromagnetic wave of Question (3). Also find the maximum power.

B-5

以下の設問に答えよ。

Answer all the questions below.

- (1) 図 (a) に示す論理回路で与えられる論理関数  $F$  について、以下の問に答えよ。

Answer the following questions related to the logic function  $F$  realized by the logic circuit shown in Figure (a).

- (a) 論理関数  $F$  の積和標準形を求めよ。

Derive the canonical sum-of-products form of  $F$ .

- (b) 論理関数  $F$  を積和形で簡単化せよ。

Minimize  $F$  in a sum-of-products form.

- (c) 論理関数  $F$  を和積形で簡単化せよ。

Minimize  $F$  in a product-of-sums form.

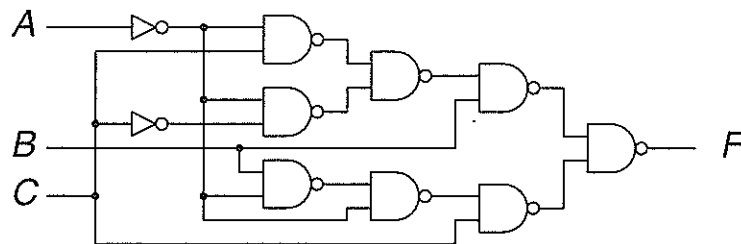


図 (a): 論理回路

Figure (a): Logic Circuit

- (2) 図 (b) に、バイナリの信号系列を他の系列に変換する Mealy 型順序機械 M と、変換された信号系列を元の系列に戻す順序機械 N を示す。順序機械 M の入力を  $X$ 、出力を  $Y$  とする。順序機械 N の入力は  $Y$  であり、出力を  $Z$  とする。以下の問に答えよ。

Figure (b) shows a Mealy-type sequential machine M that transforms a binary signal sequence into another sequence and a sequential machine N that produces the original sequence from the transformed sequence. The input of M is  $X$  and the output is  $Y$ . Machine N receives  $Y$  and outputs  $Z$ . Answer the following questions.

- (a) 順序機械 M の初期状態は  $A$  である。この順序機械に 10110100 が入力された場合の出力  $Y$  の系列を求めよ。

The initial state of M is  $A$ . Derive the sequence of output  $Y$  when a sequence of 10110100 is applied to the input.

- (b) Mealy 型で実現した順序機械 N の状態遷移図を求めよ。状態数は最小化すること。初期状態がどこであるかも説明すること。また、問 (a) で求めた出力  $Y$  が入力された場合の状態遷移と出力の様子を説明し、元の信号系列 10110100 が出力されることを示せ。

Find the state transition diagram of the Mealy-type sequential machine N. The number of states should be minimized and the initial state should be specified. Also, explain the state transition and the output sequence when the transformed sequence derived in Question (a) is applied, and show that the original sequence of 10110100 is generated.

- (c) 順序機械 N を実現する同期式順序回路を、最小個数の D フリップフロップを用いて実現したい。D フリップフロップの励起関数と出力  $Z$  を与える論理関数を求め、回路全体を D フリップフロップ、NOT ゲート、2 入力 NAND ゲートのみを用いて設計し図示せよ。使用する論理ゲートの総数は最小化すること。なお、D フリップフロップの出力には  $Q$  と  $\bar{Q}$  が得られ、D フリップフロップの初期値は任意の値に設定可能であるとする。また、クロック配線は記入しなくても良い。

We would like to design a synchronous sequential circuit that realizes the sequential machine N with the minimum number of D flip-flops. First, find the excitation function(s) of the D flip-flop(s) and the logic function of the decoded signal  $Z$ . Next, design the whole circuit using D flip-flop(s), NOT gate(s), and two-input NAND gate(s) only. The total number of gates should be minimized. We assume that the initial value of a D flip-flop can be set to any value and  $\bar{Q}$  as well as  $Q$  are available as the outputs of a D flip-flop. Clock lines can be omitted.

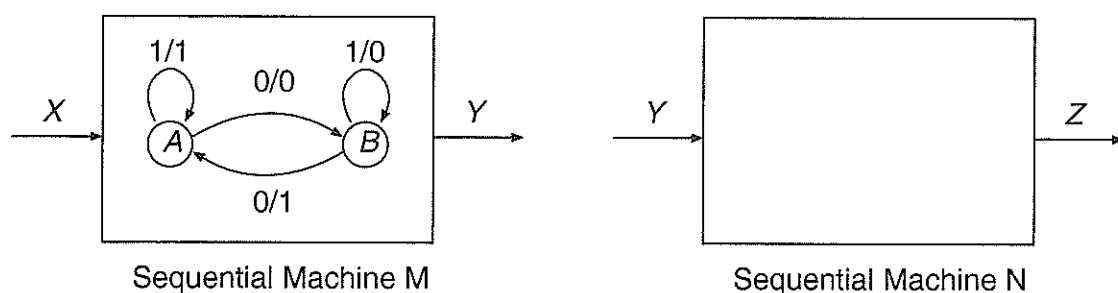


図 (b): 順序機械 M と N

Figure (b): Sequential Machines M and N

**B-6**

以下の全ての設問に答えよ。

Answer all the questions below.

- (1) 下記の用語の意味を簡潔に説明せよ。

Explain the meanings of the words described below.

- (a) スーパースカラプロセッサ

Superscalar processor

- (b) 割り込み

Interrupt

- (2) 仮想記憶について、以下の問に答えよ。

Answer the following questions related to virtual memory.

- (a) 仮想記憶とは何か説明せよ。仮想記憶を用いる利点を説明せよ。

Explain the word “virtual memory.” What benefits are associated with utilizing virtual memory?

- (b) TLB (Translation Look-aside Buffer) とは何か説明せよ。アドレス変換において TLB がどのように動作するかを説明せよ。

Explain what the TLB (Translation Look-aside Buffer) is. Explain how TLB works in address translation.

- (3) キャッシュメモリについて、以下の問に答えよ。

Answer the following questions related to cache memory.

- (a) 「ダイレクトマップ」、「セット・アソシアティブ」、「フル・アソシアティブ」について、違いがわかるように説明せよ。

Explain and contrast “direct mapped”, “set associative”, and “fully associative”.

- (b) 物理アドレス 32 ビット、容量 16K バイトのダイレクトマップ方式のキャッシュがあり、キャッシュブロックは 4 語 (1 語は 4 バイト) とする。以下のアドレス (16 進数で書かれている) からこの順序で読み出されたとき、キャッシュメモリの内容がどのように変化するかを示せ。

Assume that there is a 16K-byte direct mapped cache memory for 32-bit physical address, and the size of its cache block is 4 words (1 word = 4 byte). When the following addresses (represented in hexadecimal) are read in this order, explain how the contents of the cache memory is updated.

- 0x00000000
- 0x00000010
- 0x00000004
- 0x00010010



頂点被覆問題とは、グラフ  $G$  と整数  $k$  が与えられた時に、 $k$  個以内の頂点集合  $S$  で全ての枝を被覆する（つまり枝の少なくとも一方の頂点が  $S$  に入っている）ことができるかどうかを問う決定問題である。また、支配集合問題は、同様の入力に対して、やはり  $k$  個以内の頂点集合  $S$  で全ての頂点を支配する（つまり全ての頂点  $v$  に対して、 $v$  が  $S$  に入っているか、 $v$  の少なくとも 1 個の隣接頂点（つまり  $v$  と枝でつながっている頂点）が  $S$  に入っている）ことができるかどうかを問う問題である。なおこうして選ばれた集合をそれぞれ被覆集合、支配集合と呼ぶ。また、以下でグラフとは常に連結グラフを意味する。

(1) 適当な（自明でない）5 頂点のグラフの与え、最小被覆集合（つまり頂点数最小の被覆集合）と、最小支配集合を求めよ。

(2)  $G$  の頂点数が 2 以上なら、被覆集合は支配集合でもあることを証明せよ。

(3) 最小支配集合の頂点数は 3 であるが、最小被覆集合のサイズは 4 以上になってしまうだけ頂点数の多いグラフの例を挙げよ。

(4) 支配集合問題が NP 完全であることを証明せよ。ただし、頂点被覆問題が NP 完全であることは証明なしで使ってよい。（ヒント：グラフ  $G$  の各枝  $(u, v)$  に対して、新しい一つの頂点  $x$  と二つの新しい枝、 $(x, u)$  と  $(x, v)$ 、を追加する。）

なお、質問は一切受け付けない。問題に不審のある場合はそのことを明記し、妥当な仮定を設定して解答すること。解答は細部にこだわりすぎるよりは、アイデアを分かりやすく説明することが重要である。ただ、説明が大雑把過ぎて基本的事項を誤解していると採点者が判断することが無いように注意すること。

The vertex cover problem asks, for a given graph  $G$  and an integer  $k$ , if there is a set  $S$  of at most  $k$  vertices which covers all the edges. (An edge  $(u, v)$  is covered if  $S$  includes  $u$  or  $v$ .) The dominating set problem asks, for a similar input, if there is again a set  $S$  of at most  $k$  vertices which dominates all the vertices. (A vertex  $v$  is dominated if  $v$  itself is in  $S$  or at least one of its neighbors, i.e., vertices connected to  $v$  by edges, is in  $S$ ). Sets of vertices selected in these ways are called a vertex-cover set and a dominating set, respectively. In this problem, “graphs” always mean connected graphs.

(1) Give a (nontrivial) example of a 5-vertex graph, and obtain a minimum (i.e., the number of vertices is minimum) vertex-cover set and a minimum dominating set.

(2) Prove that if  $G$  has two or more vertices, a vertex-cover set is also a dominating set.

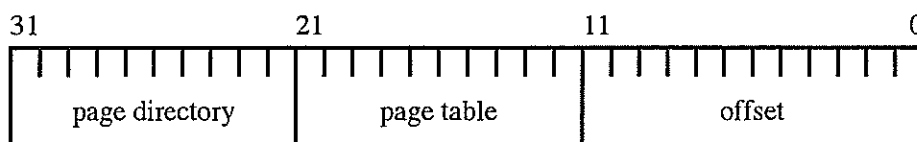
(3) Give an example of a graph  $G$ , having as many vertices as possible, such that the size of its minimum dominating set is three, but the size of its minimum vertex-cover set is four or more.

(4) Prove that the dominating set problem is NP-complete. You can use the fact that the vertex cover problem is NP-complete without proof. (Hint: For each edge  $(u, v)$  of a graph  $G$ , we add a new vertex  $x$  and two new edges  $(x, u)$  and  $(x, v)$ .)

No questions about the problem will be answered. If you think there is a flaw in the problem, first make it clear. Then make some reasonable assumption or correction and give your answer. Your answer should be easy to read, namely it is more important to make the basic idea clear rather than to go to too much details. At the same time, if your answer is too sloppy, it would cause a doubt that you are making some fundamental misunderstanding or confusion.

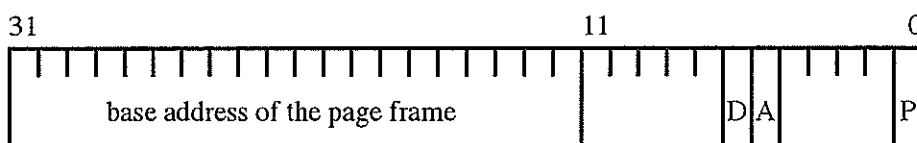
IA32 アーキテクチャ上の Linux における典型的な仮想記憶の実装について、下記のすべての問に答えよ。  
 Answer all the following questions about typical Linux implementation of virtual memory on the IA32 architecture.

- (1) 32 ビットの論理アドレスのうち、次の図のように上位 10 ビットがページディレクトリへのインデックスを、次の 10 ビットがページテーブルへのインデックスを、残りの 12 ビットがページ内オフセットを表すものとする。与えられた論理アドレスから物理アドレスを求める計算を具体的に説明せよ。  
 Of a 32 bit logical address, assume that the most significant 10 bits represent an index into the page directory, the next 10 bits represent an index into the page table, and the last 12 bits represents an offset within a page, as illustrated in the following figure. Give a concrete algorithm to translate a logical address to the corresponding physical address.



- (2) 次の図は、IA32 におけるページテーブル・エントリの典型的な構造を示したものである。図中の P は「物理メモリに存在するか」、A は「アクセスしたか」、D は「書き込みがあったか」を表すフラグである。この図を使って、仮想記憶がどのように実装されるかを説明せよ。ベースアドレスと三つのフラグ (P, A, D) がどのように利用されるかを明記すること。また、ハードウェアとソフトウェア (OS) の役割分担を明記すること。

The following figure illustrates a typical structure of a page table entry on IA32. In the figure, the flag P represents whether the page exists in physical memory, the flag A represents whether the page has been accessed, and the flag D represents whether the page has been modified. Using this figure, explain how the virtual memory is implemented. Make it clear how the three flags (P, A, and D) are used. Also make clear the roles of hardware and software (OS).



下記の全てに答えよ

Answer all the following questions.

- (1)  $R(A,B)$ ,  $S(C,D,E)$ を関係表とし,  $\{A\}$ ,  $\{C,D\}$ をそれぞれ,  $R$ ,  $S$ の主キーとする.  $R$ の外部キーとなり得る属性集合を列挙し, それぞれの場合の实例として, (i) 関係  $R$ ,  $S$ の具体的な名前, (ii) そのインスタンス, (iii) 属性  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$ の具体的な名前を与えよ. また, 各属性に空値が許されるか否かについて論ぜよ.

Let  $R(A,B)$  and  $S(C,D,E)$  be relational tables. Also, let  $\{A\}$  and  $\{C,D\}$  be the primary key of  $R$  and  $S$ , respectively. Enumerate attribute sets which can be a foreign key of  $R$ . In each case, give a concrete example of (i) relation names  $R$ ,  $S$ , (ii) their instances; and (iii) attribute names  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  and  $E$ . Also, answer whether null values are allowed or not in each attribute.

- (2) 下記の索引に関する問に答えよ.

Answer the following questions related to indexes.

- (a) データベースにおける索引の役割を図を用いて説明せよ.

Explain the role of indexes in databases using a figure.

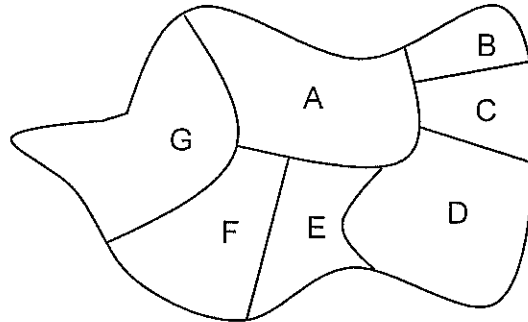
- (b) 索引を構築するための代表的なファイル編成法として  $B+$ 木と動的ハッシュがある. それらのファイル編成法を図を用いて説明せよ.

$B+$  tree and dynamic hashing are representative file organization methods to construct indexes. Explain these file organization methods using figures.

B-10

下に示す地図の色塗り問題を考える. 与えられた課題は, 赤 (red), 緑 (green), 青 (blue) のいずれかで, 隣接する領域が異なる色となるように塗り分けることである.

Consider a map-coloring problem shown below. The task is to color each region either red, green, or blue in such a way that no neighboring regions have the same color.



(1) この問題を制約充足問題として定式化せよ.

Give a formulation for the above problem as a constraint satisfaction problem.

(2) 木探索法 (後戻り探索) の動作を説明せよ. また, 領域 A の値を先に具体化するのか, 領域 B の値を先に具体化するのか, どちらが効率的に解を得られるかを議論せよ.

Explain the behavior of a tree search method (backtracking search). In addition, compare the following two strategies in terms of computational efficiency: (a) first instantiating the color of region A, and (b) first instantiating the color of region B.

(3) 弛緩法 (arc consistency) について説明せよ. また, 領域 B=red, 領域 G=red と決めたとき, 全体の制約を満たす解が存在しないことを示せ.

Explain a relaxation method (arc consistency). In addition, show that no solution exists that satisfies all the constraints if we set region B to red and region G to red.