

1. 図 1.1 は、 $n$  ビットの 2 つの 2 進整数  $A(a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_i\cdots a_0)$  と  $B(b_{n-1}b_{n-2}\cdots b_i\cdots b_0)$  とを加算する、 $n$  ビットリプル桁上げ加算器の構成を示す。

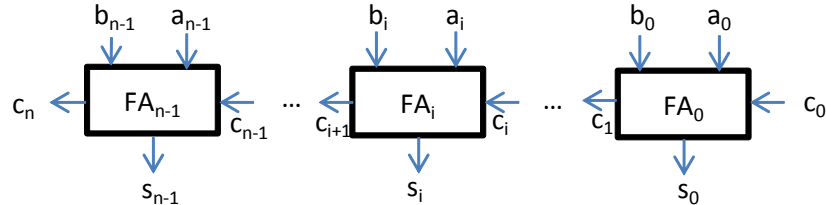


図1.1  $n$ ビットリプル加算器の構成

全加算器  $FA_i$  への 2 つの入力を  $a_i$  と  $b_i$ 、前段からの桁上げ入力を  $c_i$ 、その和を  $s_i$ 、次段への桁上げ出力を  $c_{i+1}$  とする。また、初段  $FA_0$  への桁上げ入力  $c_0$  と、2 つの入力  $A$  と  $B$  の信号は同時に入力されるものとする。

- 問 1. この全加算器について、解答欄の真理値表を完成させよ。
- 問 2. この真理値表を用いて、和  $s_0$  の式を求めよ。
- 問 3. 問 2 の式に用いられる AND, OR, NOT のどのゲートも遅延時間が  $t_g$  であるとして、和  $s_0$  を得るに要する遅延時間を求めよ。
- 問 4. また、次段への桁上げ出力  $c_1$  について、最簡積和型の式を求めよ。
- 問 5. 問 4 の式に用いられるどのゲートも遅延時間が  $t_g$  であるとして、桁上げ出力  $c_1$  を得るに要する遅延時間を求めよ。
- 問 6.  $c_0$  が入力されてから  $c_{n-1}$  が得られるまでには、 $(n-1)$  個の FA を通過することになる。 $c_0$  が入力されてから  $c_{n-1}$  が得られるまでの遅延時間を求めよ。
- 問 7.  $c_0$  が入力されてから  $s_{n-1}$  が得られるまでには、問 6 の遅延時間に、更に問 3 で求めた遅延時間が加わることになる。 $c_0$  が入力されてから  $s_{n-1}$  が得られるまでの遅延時間を求めよ。

上述したように、リプル加算器では、語長  $n$  に比例して演算時間が長くなる。この欠点を無くす加算器として、桁上げ先見加算器がある。

図 1.2 は、 $n$  ビット桁上げ先見加算器 ( $n$ -bit carry-lookahead adder,  $n$ -bit CLA) の構成を示す。この回路で使用される AND, OR, NOT のどのゲートも遅延時間が  $t_g$  であるとする。特に AND と OR ではどれだけの入力数に対しても、遅延時間が  $t_g$  であるとする。

- 問 8. 図 1.2 において示す  $c_{i+1}$  の式における  $g_i$  と  $p_i$  について、 $a_i$  と  $b_i$  を用いて、それぞれの式を書け。

- 問 9.  $a_i, b_i, c_i$  が入力されてから, 問 8 の  $g_i$  と  $p_i$  を得るに要する時間をそれぞれ求めよ.
- 問 10.  $c_{i+1}=g_i+p_i c_i$  の  $c_i$  は  $(g_{i-1}+p_{i-1}c_{i-1})$  で表わされる. このように  $c$  を次々と書き換えていき, 最終的に  $c_0$  を用いて表現した場合の式を書け.
- 問 11. 問 10 の結果より分かるように, どの全加算器についても, その桁上げ入力を得るのに要する時間は, OR と AND と問 9 の結果のみで表現できる. この桁上げ入力を得るのに要する時間を  $t_g$  を用いて書け.
- 問 12.  $n$  ビット加算に要する時間は, 問 11 の結果に更に,  $c_{n-1}$  から  $s_{n-1}$  を得るのに要する時間を加えたものになる. 最終的な  $n$  ビット加算に要する時間を書け.

以上の結果より, 桁上げ先見加算器では, 語長  $n$  に無関係に, 問 12 で示される一定の時間となる.

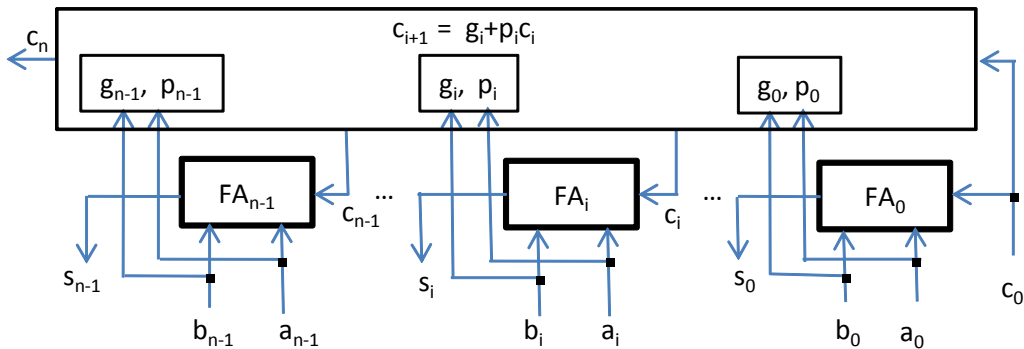


図1.2 nビット桁上げ先見加算器の構成

解答欄

問1  全加算器の真理値表	$a_i$	$b_i$	$c_i$	$s_i$	$c_{i+1}$
	0	0	0		
	0	0	1		
	0	1	0		
	0	1	1		
	1	0	0		
	1	0	1		
	1	1	0		
	1	1	1		
問2	$s_0 =$				
問3	和 $s_0$ を得るに要する遅延時間 =				
問4	$c_1 =$				
問5	$c_1$ を得るに要する遅延時間 =				
問6	$c_0$ が入力されてから $c_{n-1}$ が得られるまでの遅延時間 =				
問7	$c_0$ が入力されてから $s_{n-1}$ が得られるまでの遅延時間 =				
問8	$g_i =$				
	$p_i =$				
問9	$g_i$ を得るに要する時間 =				
	$p_i$ を得るに要する時間 =				
問10	$c_{i+1} =$				
問11	桁上げ入力を得るのに要する時間 =				
問12	$n$ ビット加算に要する時間 =				

2. 図 2 は、高速なキャッシュメモリに、主記憶の一部をコピーして、メモリアクセスを高速化する典型的な構造（セット・アソシアティブ・キャッシュ方式と呼ばれる）を示している。この構造に関する以下の問に答えよ。ただし、メモリ空間のアドレスは 20 ビット、アドレス付けの単位はバイトとする。また、図 2 はキャッシュメモリの読み出し動作のみに関する構造を示しているが、その読み出し動作が正しく行われるよう書き込み動作が行われているものとする。例えば、4 つの tag メモリから同じ値が読み出されることはない。なお、図 2 の比較器、AND 回路、OR 回路の機能は以下の通りである。比較器：2 つの 8 ビットの値を入力とし、これらが等しいとき 1、そうでないとき 0 を出力する。AND 回路：1 ビットの値  $a$  と 8 ビットの値  $B$  を入力とし、 $a$  が 0 のとき 8 ビットの 0、 $a$  が 1 のとき  $B$  を出力する。OR 回路：4 つの 8 ビットの値  $A, B, C, D$  を入力とし、 $A, B, C, D$  のビットごとの論理和 8 ビットを出力する。セット・アソシアティブ・キャッシュ方式は群連想キャッシュ方式とも呼ばれ、メモリ空間をいくつかの群（セット）に分け、その中でメモリ空間の（ブロックを単位とする）任意のアドレス部分を連想数だけ登録できるようにしたものである。tag メモリからは登録部分のアドレスが出力される。

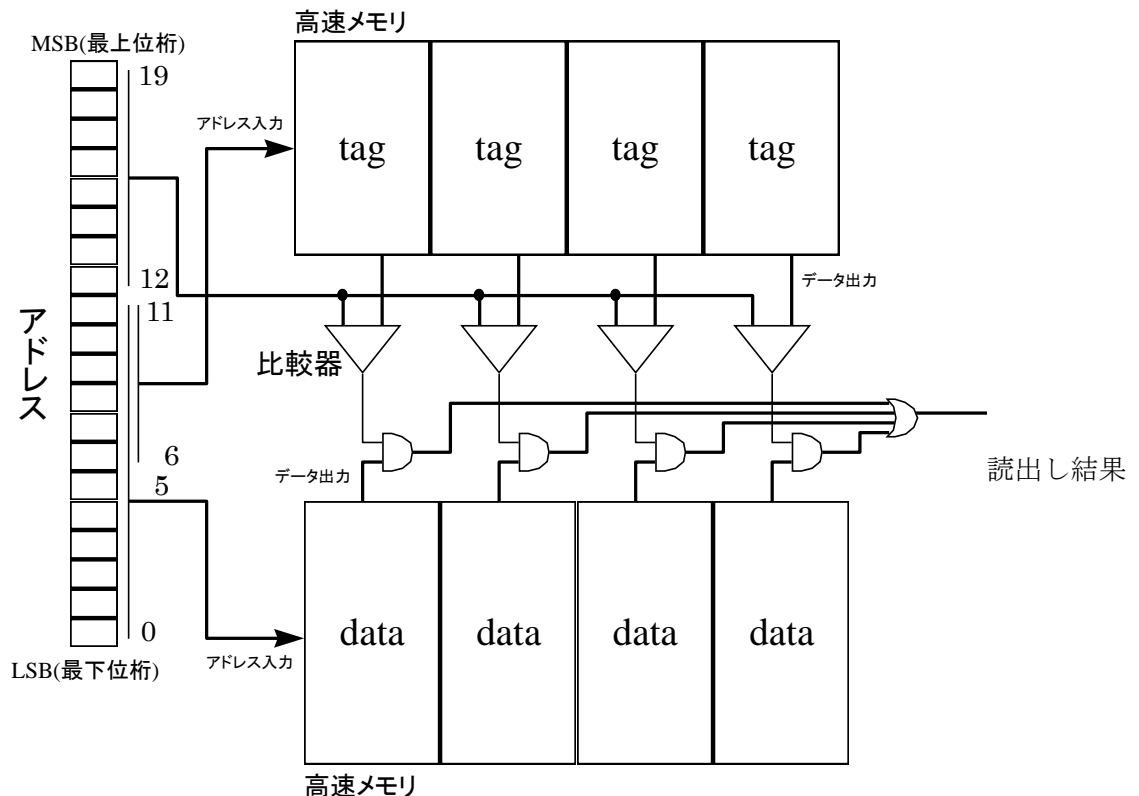


図 2 キャッシュメモリの構造

問 1 どのように動作するのかを説明せよ.

---

---

---

---

---

---

問 2 このキャッシュメモリが保持できるデータはメモリ空間全体の何分の一か.

---

問 3 このキャッシュメモリにデータをコピーする時の単位, すなわちブロックのサイズは何バイトか.

---

問 4 セット数はいくつか.

---

問 5 セットの大きさは何バイトか.

---

問 6 連想数はいくつか.

---

問 7 キャッシュミスの判定を行う回路を追加したい. どのような回路にすればよいかを述べよ.

---

---

3. 以下の文を読み設問に答えよ。(各ヘッダ情報は一部を抜粋して記載)

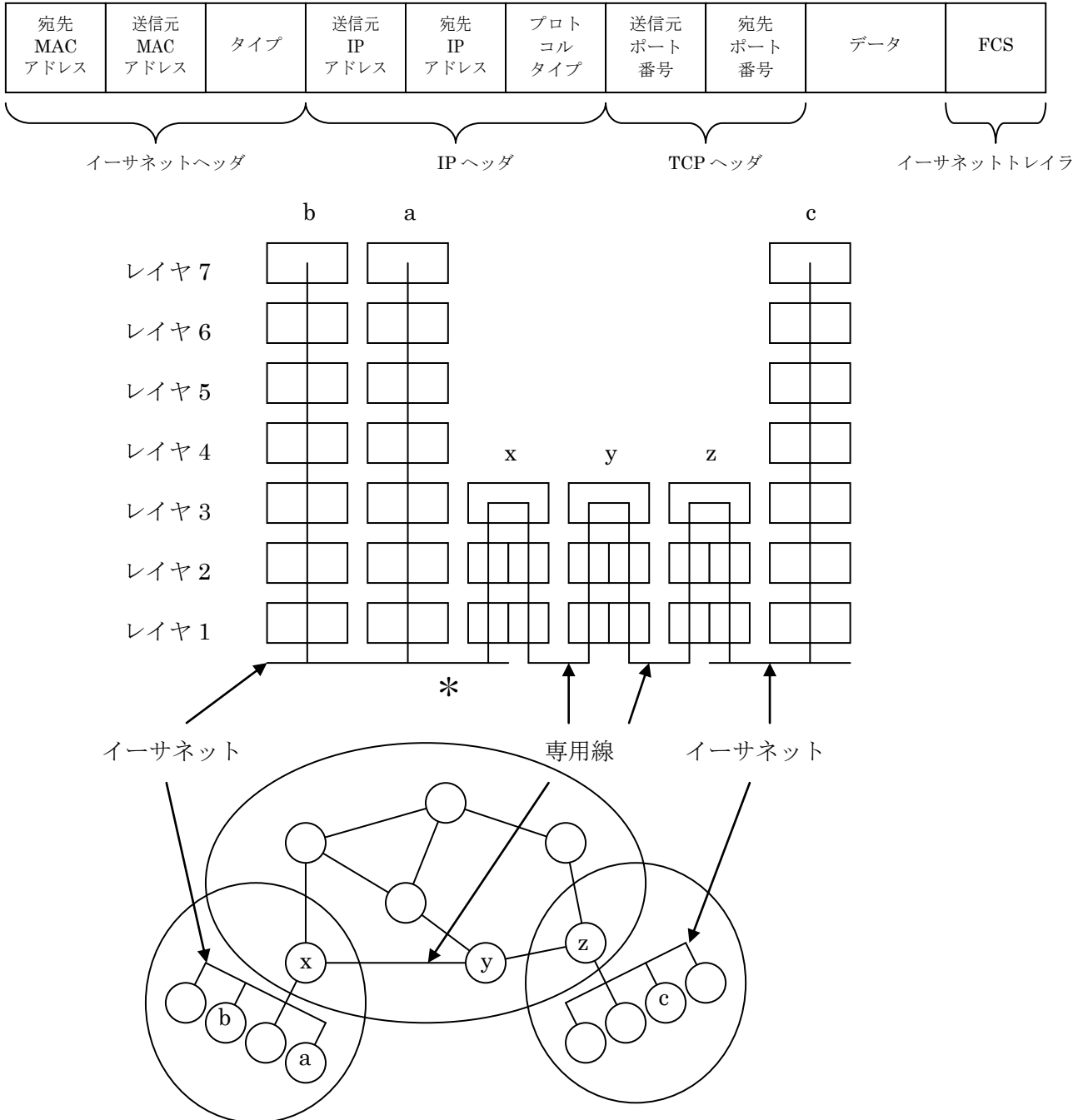


図 3 TCP/IP ネットワークの構造と概念

図 3 の a は買ったばかりのあなたのパソコンである。DHCP サーバは置かないという方針でネットワークが管理されているので、a をインターネットに接続するにはネットワークの管理者から 4 つの情報を教えてもらい、それを a に設定しなければならない。

**設問** その 4 つの情報とは何か。

---

---

あなたは見たい Web があったので、a 上で Internet Explorer を起動し、その場所欄に友達から聞いた URL である <http://www.abc.ac.jp/web> を打ち込んだ。 [www.abc.ac.jp](http://www.abc.ac.jp) は見たい Web のサーバが動作しているコンピュータ (図 3 の c) のホスト名である。インターネットでの通信は IP アドレスによって行われる。従って c と通信するためには c の IP アドレスが必要である。それをホスト名から検索して教えてくれるのが DNS サーバ (図 3 の b) である。そのために a はまず b と通信しなければならない。b の IP アドレスは管理者から聞いて a に設定してあるので、b との通信は IP アドレスによって行われるはずである。でも IP アドレスは電話番号のように番号と地域が対応しているわけではない。どうやって宛先の位置が分かるのだろうか。IP アドレスによる通信はまず相手が同じブロードキャスト・ドメインにいるかどうかを判断するところから始まる。その判断には自分の IP アドレス、相手の IP アドレス、そして自分のネットマスクが使われる。**設問** どのように判断するのかを説明せよ。

---

---

b が同じブロードキャスト・ドメインにいることは分かった。大声を出せば相手に伝わる、これがブロードキャスト・ドメインの意味であるが、大声を出して毎回全員に振り向いてもらうのは迷惑なので、普通はブロードキャスト・ドメイン内の通信は MAC アドレスを指定して行われる。ところが a は b の MAC アドレスを知らない。そこで、a は宛先 MAC アドレスをすべて 1 とした上で b の IP アドレスを指定して、b に b の MAC アドレスを返答してもらうように頼む。これに対して b は a に b の MAC アドレスを返答する。**設問** このときの b から a への通信は a の MAC アドレスを指定して行われる。なぜだと思うか、図 3 の上段のイーサネットヘッダの情報を参考にして述べよ。

---

---

**設問** また「大声を出す」に相当するものが文中に説明されている。それは何かを説明せよ。

---

**設問** このブロードキャスト・ドメイン内で IP アドレスを指定して MAC アドレスを手に入れるプロトコルをなんと言うか。

---

ここではじめて a は、「ホスト名から IP アドレスへの変換処理」を b に依頼することができ、その応答として c の IP アドレスを手に入れることになる。a は c の IP アドレスを手に入れたので、その IP アドレスを使ってやっと c と通信できることになる。a から c への IP パケットがどのようにして c へ届くのかを考えてみよう。まず、a は c が同じブロードキャスト・ドメイン内に存在するかを調べる。同じブロードキャスト・ドメイン内でないことがわかると、a はパケットをデフォルト・ゲートウェイへ渡す。**設問 a のデフォルト・ゲートウェイは図 3 中のどれか、図につけられた英文字で答えよ。**

---

a がパケットをデフォルト・ゲートウェイへ渡すというのは、宛先 IP アドレスは c のままで、MAC アドレスをデフォルト・ゲートウェイのものにしてブロードキャスト・ドメイン内に信号を送るということである。a がデフォルト・ゲートウェイの MAC アドレスを知る手順は a が b の MAC アドレスを知った手順と同じである。すなわち a はデフォルト・ゲートウェイの IP アドレスを知っている必要がある。さて、デフォルト・ゲートウェイは宛先 IP アドレスが自分のものでなければ IP パケットを隣接するルータへ転送する。どの隣接ルータへ送るべきかはあらかじめルーティングプロトコルにより設定されている経路情報により決定される。**設問 ルーティングアルゴリズムの名前を 2 つ挙げよ。**

---

このようにして a から x, y, z を経由して c へ IP パケットが届けられることになる。ここまでをまとめてみると、レイヤ 1 (物理層: ケーブルそのものや信号の電圧など) とレイヤ 2 (データリンク層: MAC アドレスによる通信など) は直接信号が届く範囲内で情報を届ける機能をつかさどっており、レイヤ 3 (ネットワーク層: ルーティングなど) は IP パケットの配送をつかさどっていることがわかる。それではレイヤ 4 (トランスポート層) から上を考えることにしよう。ただしインターネットではレイヤ 5, 6, 7 は一体として扱われ、まとめてアプリケーション層とされる。さてレイヤ 3 は IP パケットを配送するだけなので、



パケットのサイズの情報しか送ることができず、また途中で紛失することもあり、さらに複数個送ったパケットの順番が入れ替わって届いたりする。これをコネクションレス型の通信と呼ぶ。これで十分な場合もあるが、送ったら送っただけの情報がそのままの順序で確実に届くという形態のほうが望ましい場合も多い。これは情報を転送する一本の経路を最初に確保してしまうというイメージなのでコネクション型の通信と呼ばれる。**設問 このコネクション型の通信を実現するインターネットのレイヤ 4 のプロトコルを何と言うか。**

このプロトコルは最初にコネクションの確立を行い、それから必要なだけコネクション型の通信を行い、そしてコネクションを開放する。その間フロー制御、順序制御、再送制御、輻輳制御を巧妙に行う。このプロトコルが動作中にどのようなデータがイーサネットケーブル上を通過しているのかを調べたものが図 3 の上段である。これは c から a へ流れるデータを中段の図の\*を付けた部分で観測したものである。**設問**

**イ: 装置 a のレイヤ 2 からレイヤ 3 へ渡されるデータの範囲,**

**ロ: 装置 a のレイヤ 3 からレイヤ 4 へ渡されるデータの範囲,**

**ハ: 装置 a のレイヤ 4 からレイヤ 5, 6, 7 へ渡されるデータの範囲,**

**を例にならって記せ。**

**例: 装置 a が受け取るデータの範囲**

宛先 MAC アドレス	送信元 MAC アドレス	タイプ	送信元 IP アドレス	宛先 IP アドレス	プロト コル タイプ	送信元 ポート 番号	宛先 ポート 番号	データ	FCS
-------------------	--------------------	-----	-------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------	-----	-----

← 例 →

レイヤ 4 の動作を考えると、レイヤ 4 はレイヤ 5, 6, 7 からの要求を受けて通信相手のレイヤ 4 とそのレイヤの機能を実現するために交信している。ただしレイヤ 4 間には直接の通信路は存在しないのでレイヤ 4 はレイヤ 3 の機能を使うことでこの交信を行う。多様な通信の形態を統一的に扱うことが可能になるこのレイヤという考え方は非常に重要なものと考えられていて参照モデルと呼ばれている。**設問 レイヤ 5, 6, 7 をまとめて扱う 5 層の参照モデルの名前と 7 層の参照モデルの名前を記せ。**

5 層 : \_\_\_\_\_

7 層 : \_\_\_\_\_