

問7 デジタル補聴器の設計に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

H社は、デジタル補聴器を開発している会社である。開発するデジタル補聴器（以下、新補聴器という）は、ソフトウェアでの信号処理によって、入力された音を八つの周波数帯（以下、それぞれを帯域という）に分割し、帯域ごとの音量設定ができる。さらに、入力された音の大きさに応じて自動的に音量の調節を行う自動音量調節（以下、AVC という）の機能がある。想定される利用者は、特定の帯域の音が聞き取りにくい人などである。入力された音の帯域への分割を図1に示す。



図1 入力された音の帯域への分割

利用者は、スマートフォンのアプリケーションプログラム（以下、スマホアプリという）を使用して、帯域ごとの音量設定に必要な各種パラメタ（音量パラメタなど）を変更する。

[ハードウェア構成]

新補聴器のハードウェア構成を図2に示す。

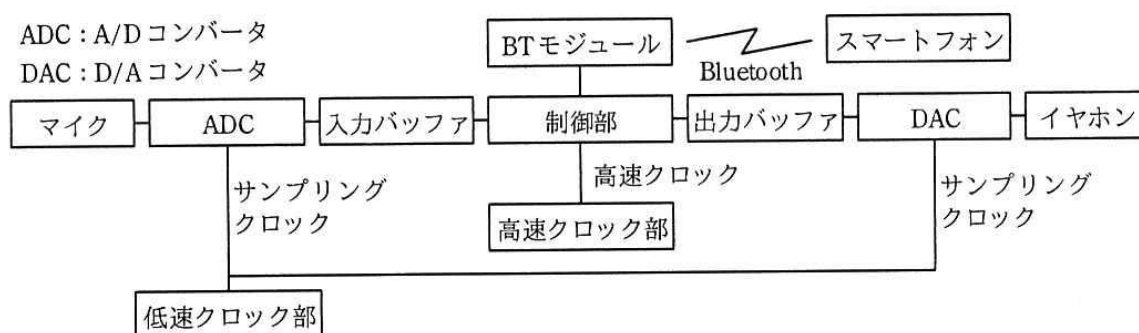


図2 新補聴器のハードウェア構成

- ・ BT モジュールは、Bluetooth を介してスマホアプリと通信する。
- ・ ADC は、マイクから入力されたアナログ信号を、1 秒間に 24,000 回サンプリングし、16 ビットの符号付き整数のデータに変換して入力バッファに書き込む。64 サ

ンプルのデータを 1 フレームとして書き込み、書き込みが完了したことを制御部に通知する。この通知を受信完了通知という。

- ・制御部は、受信完了通知を受けると 1 フレーム分のデータを処理して出力バッファに書き込む。演算は全て整数演算であり、浮動小数点演算は使用しない。
- ・DAC は、出力バッファに書き込まれた 16 ビットの符号付き整数のデータをアナログ信号に変換する。
- ・低速クロック部は、ADC 及び DAC に 24 kHz のサンプリングクロックを供給する。
- ・高速クロック部は、制御部に高速クロックを供給する。高速クロックの周波数は f_0 又はその整数倍で、ソフトウェアによって決定することができる。

[入力バッファ及び出力バッファ]

入力バッファ及び出力バッファは、それぞれ三つのブロックで構成されている。一つのブロックには 1 フレーム分のデータを格納できる。入力バッファ及び出力バッファのサイズはともに a バイトである。

ADC 及び DAC は、入力バッファ及び出力バッファの同じブロック番号のブロックにアクセスする。制御部は、ADC によるデータの書き込みが完了したブロックにアクセスする。ADC、DAC 及び制御部は、ブロック 3 にアクセスした後、ブロック 1 のアクセスに戻る。

バッファの使用例を図 3 に示す。(1) ADC 及び DAC がブロック 1 にアクセスしているとき、制御部はブロック 3 にアクセスする。次に、(2) ADC 及び DAC がブロック 2 にアクセスしているとき、制御部はブロック 1 にアクセスする。

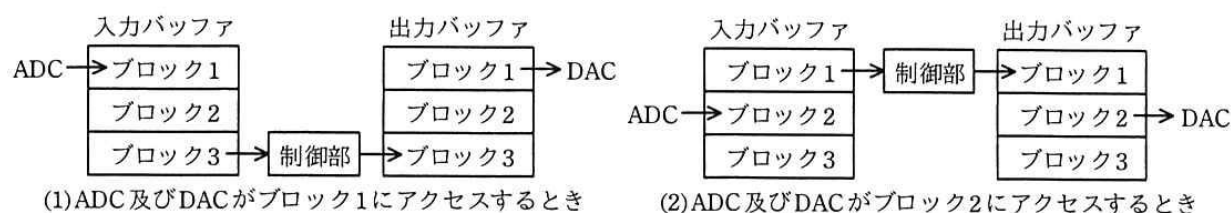


図3 バッファの使用例

マイクからのアナログ信号が ADC で処理されてから、イヤホンから出力されるまでの時間は b ミリ秒になる。

〔新補聴器のソフトウェア〕

制御部のソフトウェアの主な処理内容は、①信号処理、②合成、③AVC である。制御部が受信完了通知を受けると、次に示すように処理を行う。

- ① サンプリングしたデータから一つの帯域を抽出し、帯域に割り当てられた音量パラメタを乗じる。これを八つの帯域に対して行う。
- ② ①で得られたそれぞれの帯域のデジタル信号を合成して一つのデジタル信号にする。
- ③ 合成されたデジタル信号について、AVC で音量を調節して、出力バッファに書き込む。

新補聴器の消費電力をできるだけ抑えたい。新補聴器では、消費電力は供給される高速クロックの周波数に比例し、ソフトウェアの実行時間（以下、実行時間という）は高速クロックの周波数に反比例することが分かっている。

最適なクロック周波数を決定するために、高速クロックの周波数を用いて、①～③の実行時間を計測した。

1 フレーム分のデータを処理するとき、①の一つの帯域の最大実行時間を T_f 、②の最大実行時間を T_s 、③の最大実行時間を T_a としたとき、1 フレーム分のデータを処理する最大実行時間 T_d は、 $8 \times \boxed{c} + \boxed{d} + \boxed{e}$ で表すことができる。

受信完了通知から次の受信完了通知までの時間を T_{frame} とし、高速クロックとして周波数 f_0 を供給したときの各処理の実行時間を表 1 に示す。①～③の全ての処理が T_{frame} 内に完了し、かつ、消費電力が最も抑えられる周波数について、表 1 を基に決定する。

表 1 高速クロックとして周波数 f_0 を供給したときの各処理の実行時間

処理	実行時間
①の一つの帯域の処理	$T_f = 0.30 \times T_{\text{frame}}$
②の処理	$T_s = 0.05 \times T_{\text{frame}}$
③の処理	$T_a = 0.20 \times T_{\text{frame}}$

〔AVC 処理〕

〔新補聴器のソフトウェア〕の③の処理は、1 フレームごとに実行し、適切な音声
を出力するように音量を調節する。合成されたデジタル信号の大きさを確認して
所定の大きさよりも大きいときは音量を小さくし、所定の大きさよりも小さいとき
は音量を大きくする。

音量を変更するときは 1 フレームごとに音量を変化させ、M 又は M+1 フレーム
間で徐々に目標の音量にする。M は 2 以上の値でシステムの定数である。目標の音
量に到達したら、その次のフレームの合成された信号について目標の音量を決定し、
同様の音量調節を行う。

〔AVC 処理のソフトウェア〕

AVC の処理フローで使用する変数、関数、定数を表 2 に、AVC の処理フローを図
4 に示す。特定の条件では、目標の音量を決定したとき、直ちに音量を目標の音量に
する。そのための判定を網掛けした判定部で行っている。演算は全て整数演算であ
る。

表 2 AVC の処理フローで使用する変数、関数、定数

変数・関数・定数	形式	機能など
dv	静的変数	音量のフレームごとの変化分であり、初期値は 0
v	静的変数	現在の音量であり、初期値は利用者の設定した値
vt	静的変数	AVC の目標の音量
p	動的変数	合成されたデジタル信号の大きさ
getPower()	関数	合成されたデジタル信号の大きさを算出
getTarget(p)	関数	合成されたデジタル信号の大きさ (p) から目標の音量を算出
M	定数	目標の音量に変化させるフレーム数であり、2 以上の値の定数

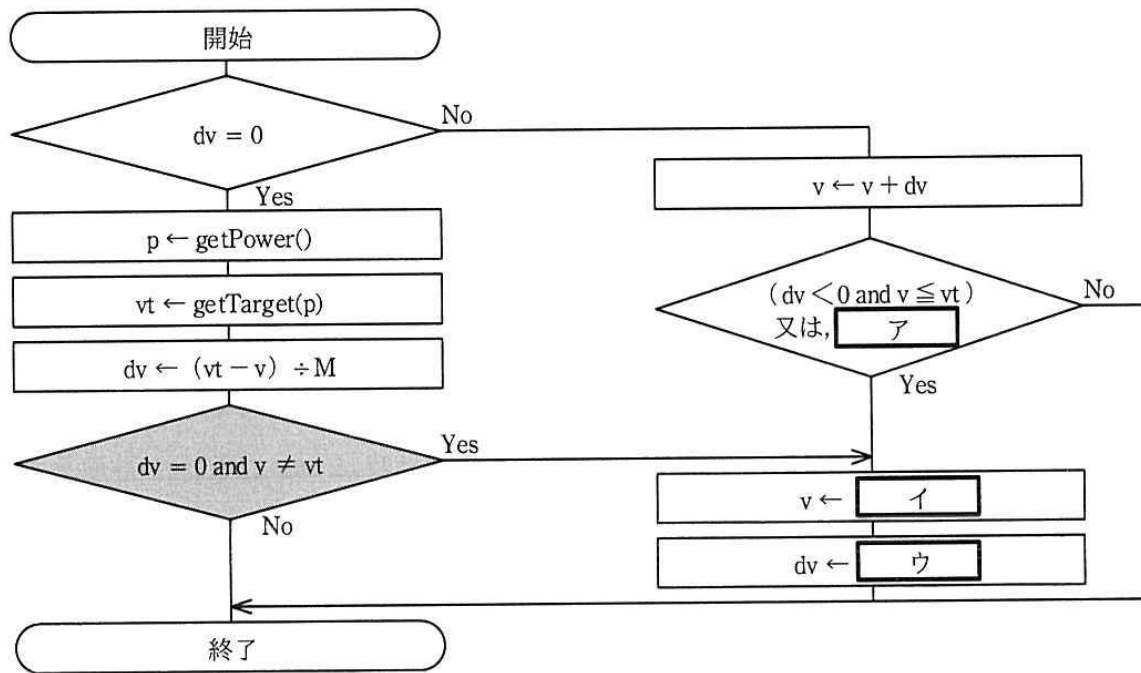


図 4 AVC の処理フロー

設問 1 入力バッファ及び出力バッファについて, (1), (2)に答えよ。

- (1) 本文中の a に入れる適切な数値を答えよ。
- (2) 本文中の b に入れる適切な数値を答えよ。答えは小数第 2 位を四捨五入して, 小数第 1 位まで求めよ。ここで, ADC の変換時間及び DAC の変換時間は無視できるものとする。

設問 2 新補聴器のソフトウェアについて, (1), (2)に答えよ。

- (1) 本文中の c ～ e に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 決定した高速クロックの周波数は f_0 の何倍か。適切な数値を整数で答えよ。

設問 3 AVC 処理のソフトウェアについて, (1), (2)に答えよ。

- (1) 図 4 中の ア ～ ウ に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 図 4 中の網掛けした判定部において, 判定結果が “Yes” となるのは, 音量がどのような場合か。40 字以内で述べよ。

問7 IoT を利用した養殖システムに関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

G 社は、海上の生け簀^すの中で良質な養殖魚の育成を支援する、IoT を利用した養殖システム（以下、スマート生け簀という）を開発している。

〔スマート生け簀のシステム構成〕

スマート生け簀の概観を図 1 に、スマート生け簀のシステム構成を図 2 に示す。

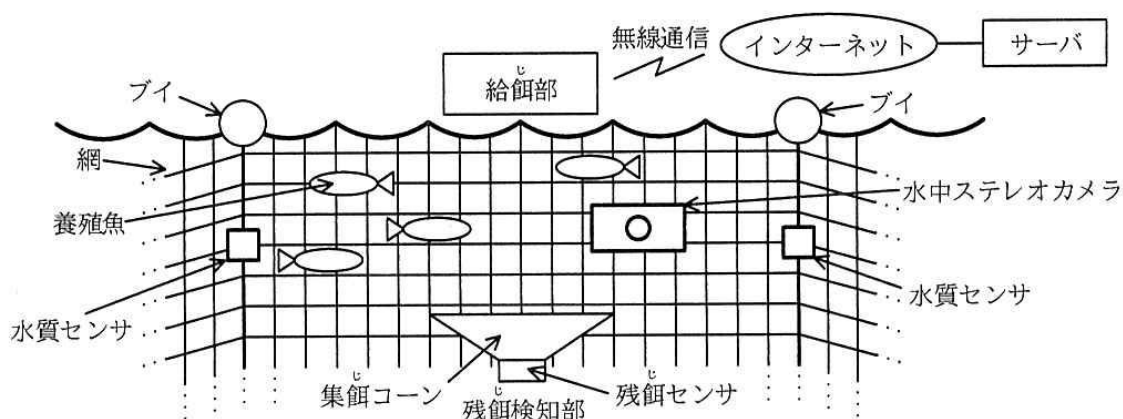


図 1 スマート生け簀の概観

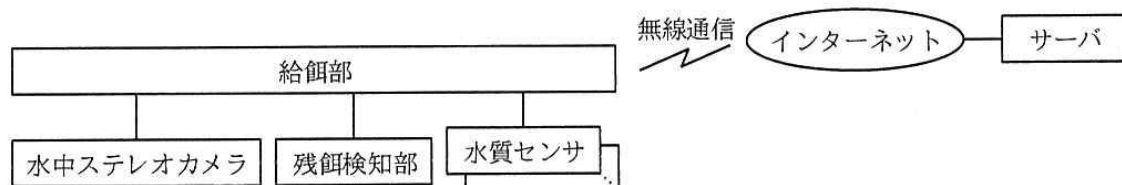


図 2 スマート生け簀のシステム構成

スマート生け簀は、網をつるすためのブイに接続された水質センサ、水中ステレオカメラ、残餌検知部、及び給餌部で構成される。給餌部は、海中へ^{えさ}の餌の投入（以下、給餌という）を行う。残餌検知部は、養殖魚が食べ残して沈んでいく餌（以下、残餌という）を収集する集餌コーン及び残餌センサで構成される。給餌部は、残餌検知部で取得した残餌の量を用いて求めた食べた餌の重量、水質センサの計測データ（以下、水質データという）、及び水中ステレオカメラで撮影された動画（以下、動画データという）をサーバに送信する。サーバは、蓄積したデータを基に AI で分析し、与える餌の重量（以下、給餌重量という）、及び餌を与える日時（以

下，給餌日時という）を決定し，給餌部に送信する。

〔給餌部の動作概要〕

- (1) 給餌部は，定期的に動画データ及び水質データを受信してフラッシュメモリに保存する。保存した動画データ及び水質データをサーバに送信する。
- (2) 給餌部は，給餌重量及び給餌日時をサーバから受信する。指示された給餌日時になると，給餌部は，給餌重量を基に，給餌を行う回数（以下，給餌予定回数という），1 回当たりの餌の重量を求める。さらに，給餌の終了判断に用いるしきい値を決定し，次の動作を開始する。
 - ・ 給餌部は，1 回目の給餌を開始するとともに，残餌検知部を動作させる。
 - ・ 残餌は，集餌コーンによって集められる。残餌センサは，通過する残餌を 1 個ずつカウントし，その値をカウント値とする。カウント方法は，アップカウントとする。
 - ・ 給餌部は，5 分間隔でカウント値を読み込み，単位時間当たりのカウント値（以下，Ct 値という）を求める。Ct 値がしきい値より少ないときは，養殖魚が餌を食べ続けていると判断する。Ct 値がしきい値以上のときは，養殖魚が餌を食べなくなったと判断する。
 - ・ 給餌部は，Ct 値がしきい値より少ないときは，給餌予定回数に達するまで給餌を繰り返す。
 - ・ 給餌予定回数に到達したとき，又は Ct 値がしきい値以上のとき，給餌を終了する。終了直前で読み込んだカウント値を，給餌終了時のカウント値とする。
 - ・ 給餌部は，給餌を行った回数を基に，実際に給餌した餌の重量を求める。求めた値を用いて，食べた餌の重量を求める。ここで，給餌を行う 1 個の餌の重量は均一とする。
 - ・ 給餌部は，食べた餌の重量をサーバに送信する。

〔サーバの動作概要〕

サーバは，動画データを基に，養殖魚の大きさ・形状・推定個体数を抽出し，水質データと食べた餌の重量を併せて蓄積する。サーバは，蓄積したデータを基に AI で分析し，良質な養殖魚を育成する上で適した給餌重量及び給餌日時を決定して，

給餌部に送信する。

〔装置の機能〕

スマート生け簀の構成要素の概要を表 1 に示す。

表 1 スマート生け簀の構成要素の概要

構成要素名	機能概要
給餌部	<ul style="list-style-type: none">・ 給餌重量及び給餌日時をサーバから受信する。・ 給餌重量を基に、給餌予定回数、1 回当たりの餌の重量を求める。・ 給餌の終了判断に用いるしきい値を決定し、給餌を行う。・ 動画データ及び水質データを受信すると、フラッシュメモリに保存し、サーバに送信する。・ 給餌終了時のカウント値を用いて、食べた餌の重量を求め、サーバに送信する。
残餌検知部	<ul style="list-style-type: none">・ 集餌コーンで残餌を収集し、残餌センサのカウンタで残餌を 1 個ずつカウントする。
水中ステレオカメラ	<ul style="list-style-type: none">・ 養殖魚を定期的に撮影し、動画データとして給餌部に送信する。
水質センサ	<ul style="list-style-type: none">・ 水温、海中の酸素濃度、塩分濃度を計測し、水質データとして給餌部に送信する。
サーバ	<ul style="list-style-type: none">・ 動画データを基に、養殖魚の大きさ・形状・推定個体数を抽出する。・ 水質データ、食べた餌の重量、及び養殖魚の大きさ・形状・推定個体数を蓄積する。・ 蓄積したデータを基に AI で分析し、給餌重量及び給餌日時を決定して給餌部に送信する。

給餌日時になったときの給餌処理フローを図 3 に示す。

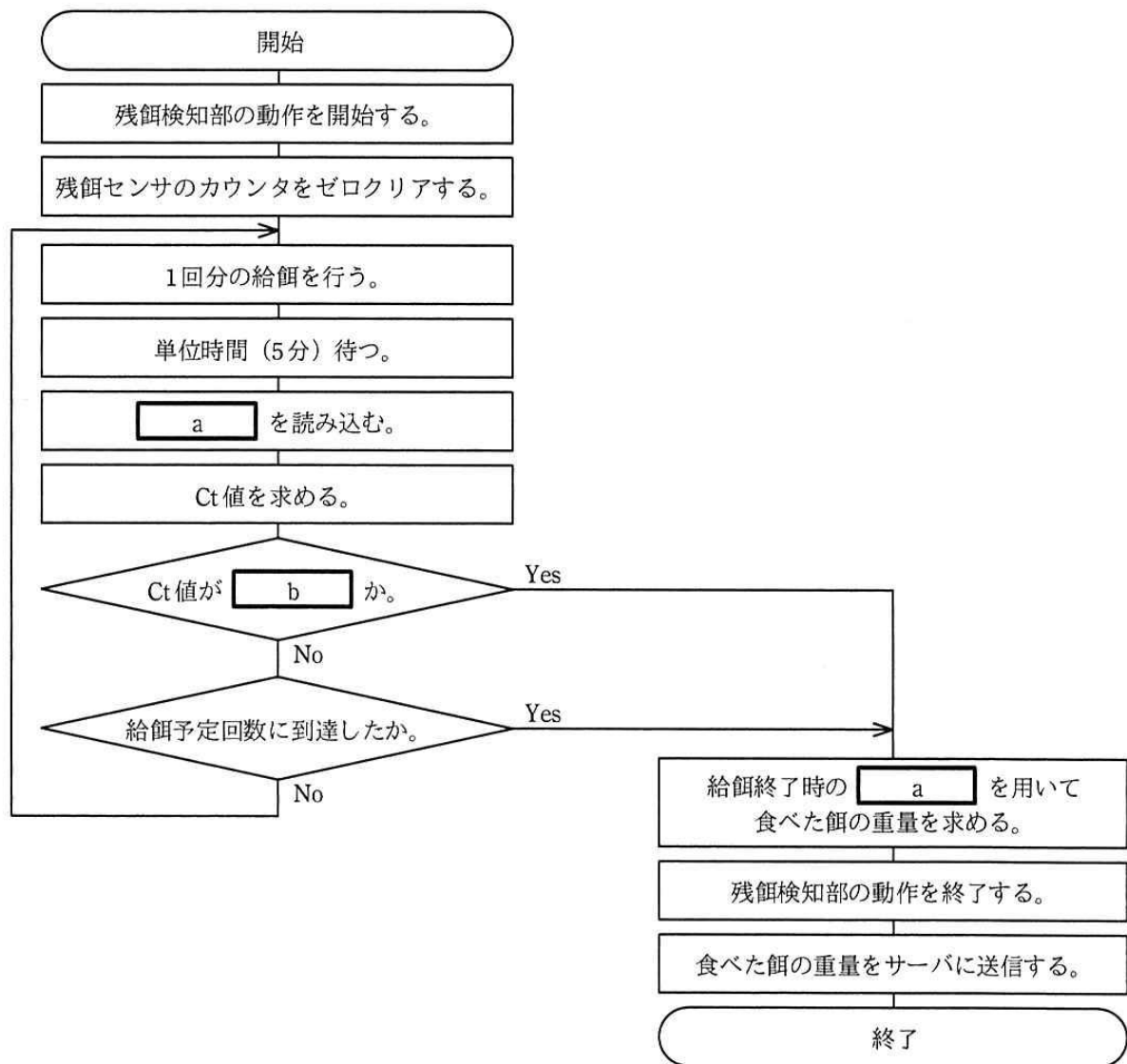


図3 給餌処理フロー

設問1 スマート生け簀の動作について、(1)，(2)に答えよ。

(1) サーバは良質な養殖魚を育成するために、AI で分析を行って養殖魚を管理している。AI の分析に用いるデータ中には、水質データ、食べた餌の重量、養殖魚の大きさ・形状・推定個体数がある。これらのデータをサーバに蓄積するときに付加すべきデータを答えよ。

(2) 給餌部が給餌を開始してから、カウント値を読み込むまでに単位時間待つ必要がある。その理由を30字以内で述べよ。

設問2 水中ステレオカメラの動画は、左右それぞれ20フレーム/秒であり、1フレームは800×600ピクセルの画素数で、1画素当たりのデータ長は24ビットである。1回当たり2分間の動画を撮影し、給餌部のフラッシュメモリに保存する。

この動画データについて、(1)、(2)に答えよ。ここで、1 G バイト = 10^9 バイトとする。

- (1) 撮影 1 回当たりの動画データのサイズは、何 G バイトか。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。
- (2) 動画データを給餌部のフラッシュメモリに保存するために、水中ステレオカメラ内で行う必要がある処理は何か。ここで、給餌部のフラッシュメモリの容量は 2 G バイトとする。

設問 3 給餌処理フローについて、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 図 3 中の , に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 養殖魚が食べた餌の重量の算出方法について、次の式中の ~ に入れる最も適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

$$\text{食べた餌の重量} = (\text{c} \times \text{d}) - (\text{e} \times \text{f})$$

解答群

ア Ct 値

ウ 1 個の餌の重量

オ 給餌終了時のカウント値

キ 給餌予定回数

イ 1 回当たりの餌の重量

エ 給餌開始時のカウント値

カ 給餌重量

ク 給餌を行った回数

問7 ワイヤレス防犯カメラの設計に関する次の記述を読んで、設問1～4に答えよ。

I社は、有線の防犯カメラを製造している。有線の防犯カメラの設置には通信ケーブルの配線、電源の電気工事などが必要である。そこで、充電可能な電池を内蔵して、太陽電池と接続することで、外部からの電力の供給が不要なワイヤレス防犯カメラ（以下、ワイヤレスカメラという）を設計することになった。

ワイヤレスカメラは、人などの動体を検知したときだけ、一定時間動画を撮影する。撮影の開始時にスマートフォン（以下、スマホという）に通知する。また、スマホから要求することで、現在の状況をスマホで視聴することができる。

〔ワイヤレスカメラのシステム構成〕

ワイヤレスカメラのシステム構成を図1に示す。ワイヤレスカメラはWi-Fiルータを介してインターネットと接続し、サーバ及びスマホと通信を行う。

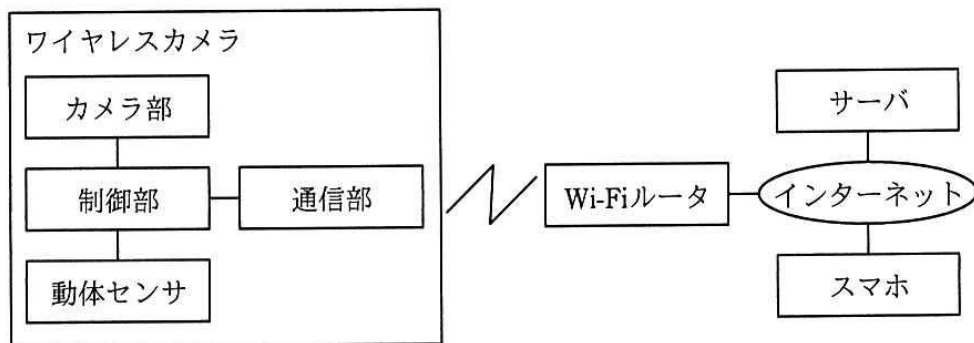


図1 ワイヤレスカメラのシステム構成

- ・カメラ部はカメラ及びマイクから構成される。動画用のエンコーダを内蔵しており、音声付きの動画データを生成する。
- ・動体センサは人体などが発する赤外線を計測して、赤外線の量の変化で人などの動体を検知する。
- ・通信部はWi-FiでWi-Fiルータを介してサーバ及びスマホと通信する。
- ・制御部は、カメラ部、動体センサ及び通信部を制御する。

〔ワイヤレスカメラの機能〕

ワイヤレスカメラには、自動撮影及び遠隔撮影の機能がある。

(1) 自動撮影

- ・ 動体を検知すると撮影を開始する。撮影を開始したとき、スマホに撮影を開始したことを通知する。
- ・ 撮影を開始してから T_a 秒間撮影する。ここで、 T_a はパラメタである。
- ・ 撮影した動画データは、一時的に制御部のバッファに書き込まれる。このとき、動画データはバッファの先頭から書き込まれる。 T_a 秒間の撮影が終わるとバッファの動画データはサーバに送信される。
- ・ 撮影中に新たに動体を検知すると、バッファにあるその時点までの動画データをサーバに送信し始めると同時に、更に T_a 秒間撮影を行う。このとき、動画データはバッファの先頭から書き込まれる。

(2) 遠隔撮影

- ・ スマホから遠隔撮影開始が要求されると撮影を開始する。
- ・ 撮影した動画データはスマホに送信され、そのままスマホで視聴することができる。
- ・ スマホから遠隔撮影終了が要求される、又は撮影を開始してから 60 秒経過すると撮影を終了する。
- ・ 撮影中に再度、遠隔撮影開始が要求されると、その時点から 60 秒間又は遠隔撮影終了が要求されるまで、撮影を続ける。
- ・ ワイヤレスカメラとスマホが通信するときに通信障害が発生すると、データの再送は行わず、障害発生中の送受信データは消滅するが、撮影は続ける。

〔ワイヤレスカメラの状態遷移〕

(1) 状態

ワイヤレスカメラの状態を表 1 に示す。

表 1 ワイヤレスカメラの状態

状態名	説明
待機状態	カメラ部には電力が供給されておらず、撮影していない状態
自動撮影状態	自動撮影だけを行っている状態
遠隔撮影状態	遠隔撮影だけを行っている状態
マルチ撮影状態	自動撮影と遠隔撮影を同時に行っている状態

(2) イベント

状態遷移のトリガとなるイベントを表 2 に示す。

表 2 状態遷移のトリガとなるイベント

イベント名	説明
遠隔撮影開始イベント	スマホから遠隔撮影開始が要求されたときに通知されるイベント
遠隔撮影終了イベント	スマホから遠隔撮影終了が要求されたときに通知されるイベント
動体検知通知イベント	動体センサで動体を検知したときに通知されるイベント
動画データ通知イベント	カメラ部からのエンコードされた動画データが生成されたときに通知されるイベント
自動撮影タイマ通知イベント	自動撮影で使用するタイマで T_a 秒後に通知されるイベント
遠隔撮影タイマ通知イベント	遠隔撮影で使用するタイマで 60 秒後に通知されるイベント

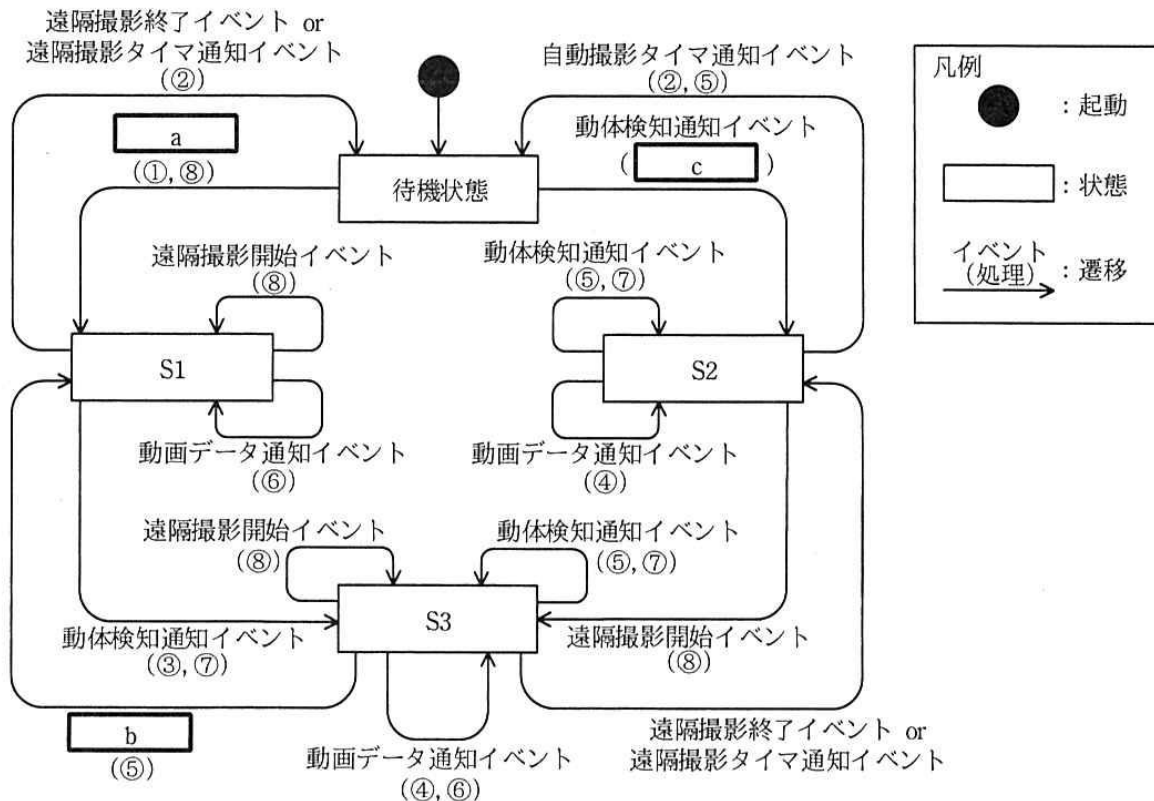
(3) 処理

状態遷移したときに行う処理を表 3 に示す。それぞれのタイマは新たに設定されると、直前のタイマ要求は取り消される。

表 3 状態遷移したときに行う処理

項番	処理名	処理内容
①	カメラ初期化	撮影を開始するとき、カメラ部に電力を供給して初期化する。
②	撮影終了	カメラ部の電力の供給を停止して撮影を終了する。
③	撮影開始	バッファを初期化して、スマホに撮影を開始したことを通知する。
④	バッファに書込み	動画データをバッファに書き込む。
⑤	サーバに動画データ送信	バッファの動画データをサーバに送信する。
⑥	スマホに動画データ送信	動画データをスマホに送信する。
⑦	自動撮影タイマ設定	自動撮影時の T_a 秒のタイマを設定する。
⑧	遠隔撮影タイマ設定	遠隔撮影時の 60 秒のタイマを設定する。

ワイヤレスカメラの状態遷移図を図 2 に示す。



注記 (処理) 内の数字は、表 3 の項番の処理を行うことを示す。ただし、該当する処理がないときは、(処理) は記述しない。

図 2 ワイヤレスカメラの状態遷移図

[サーバに送られた動画データの不具合]

自動撮影のテストを行ったとき、サーバに異常な動画データが送られてくる不具合が発生した。通信及びハードウェアには問題がなかった。

この不具合は、自動撮影中に動体を検知したときに発生しており、バッファの使い方に問題があることが判明した。

そこで、撮影中に新たに動体を検知した時点で、書き込まれているバッファの続きから動画データを書き込み、バッファの **d** まで書き込んだ場合は、バッファの **e** に戻る方式の **f** に変更した。

設問 1 時刻 t_1 に動体を検知して自動撮影を開始した。時刻 t_1 から時刻 t_2 まで途切れることなく自動撮影を続けており、時刻 t_2 に最後の動体を検知した。このとき

の自動撮影は何秒間行われたか。時間を表す式を答えよ。ここで、処理の遅延及び通信の遅延は無視できるものとする。

設問2 スマホから要求を行い動画の視聴を開始した。その 10 秒後に送受信の通信障害が 20 秒間発生した。通信障害が発生してから 5 秒後にスマホから遠隔撮影開始を要求した。スマホでの視聴が終了するのは視聴を開始してから何秒後か。整数で答えよ。ここで、処理の遅延及び通信の遅延は無視できるものとする。

設問3 「ワイヤレスカメラの状態遷移」について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 図2の状態遷移図の状態 S1, S2 に入れる適切な状態名を、表1中の状態名で答えよ。

(2) 図2中の , に入れる適切なイベント名を、表2中のイベント名で答えよ。

(3) 図2中の に入れる適切な処理を、表3中の項番で全て答えよ。

設問4 「サーバに送られた動画データの不具合」について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 不具合が発生した理由を 40 字以内で述べよ。

(2) 本文中の , に入れる適切な字句を答えよ。

(3) 本文中の に入れるバッファの名称を答えよ。