

令和2年度
エンベデッドシステムスペシャリスト試験
午後Ⅱ 問題

試験時間

14:30～16:30 (2時間)

注意事項

1. 試験開始及び終了は、監督員の時計が基準です。監督員の指示に従ってください。
2. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いて中を見てはいけません。
3. 答案用紙への受験番号などの記入は、試験開始の合図があってから始めてください。
4. 問題は、次の表に従って解答してください。

問題番号	問1，問2
選択方法	1問選択

5. 答案用紙の記入に当たっては、次の指示に従ってください。
 - (1) B又はHBの黒鉛筆又はシャープペンシルを使用してください。
 - (2) 受験番号欄に受験番号を、生年月日欄に受験票の生年月日を記入してください。
正しく記入されていない場合は、採点されないことがあります。生年月日欄については、受験票の生年月日を訂正した場合でも、訂正前の生年月日を記入してください。
 - (3) 選択した問題については、次の例に従って、選択欄の問題番号を○印で囲んでください。○印がない場合は、採点されません。2問とも○印で囲んだ場合は、はじめの1問について採点します。
 - (4) 解答は、問題番号ごとに指定された枠内に記入してください。
 - (5) 解答は、丁寧な字ではっきりと書いてください。読みにくい場合は、減点の対象になります。

〔問2を選択した場合の例〕

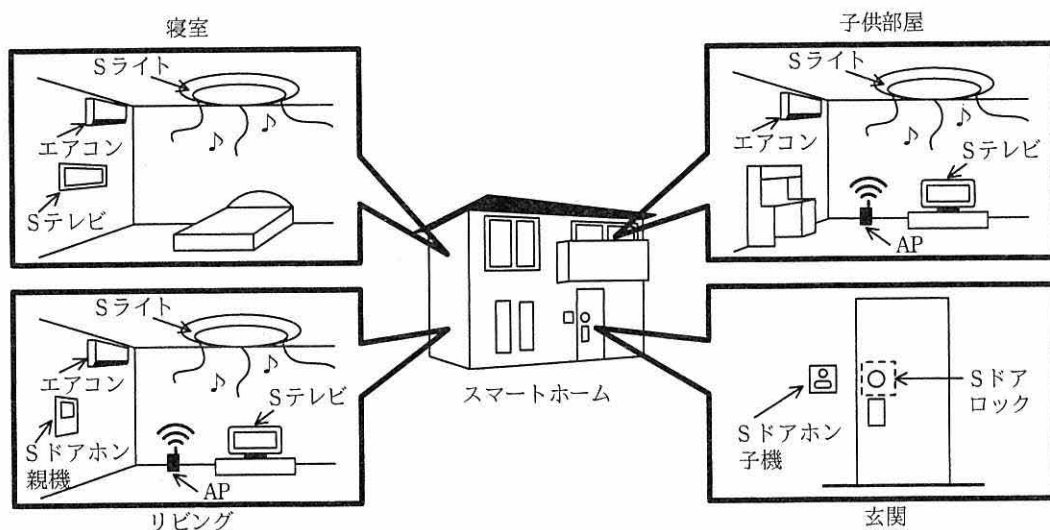
選択欄	
1問選択	問1
	問2

注意事項は問題冊子の裏表紙に続きます。
こちら側から裏返して、必ず読んでください。

問 1 IoT を利用したスマートホームに関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

D 社は、家電の遠隔操作、音楽配信などを可能にする家電・照明器具（以下、S デバイスという）を開発している。S デバイスは、IoT 機器の一つであり、インターネットを介して提供されるサービス（以下、提携サービスという）と連携し、各種機能を実現できる。S デバイスは、S ライト、S テレビ、S ドアロックのようにそれぞれの機器名の先頭が S で始まる。

スマートホームは、家電・照明器具がネットワークにつながることによって、快適な暮らしを実現する。スマートホームは、S デバイスのほか、赤外線リモートコントローラ（以下、赤外線リモコンという）の赤外線通信（以下、IR 通信という）で制御される従来型のエアコンディショナ（以下、エアコンという）、スマートフォン（以下、スマホという）などで構成される。スマートホームの概要を図 1 に、S デバイス及び関連する機器の一覧を表 1 に示す。



注記 1 APは無線 LAN アクセスポイントを示す。

注記 2 スマホの記載は省略している。

注記 3 スマートホームには、ペットはいないものとする。

図 1 スマートホームの概要

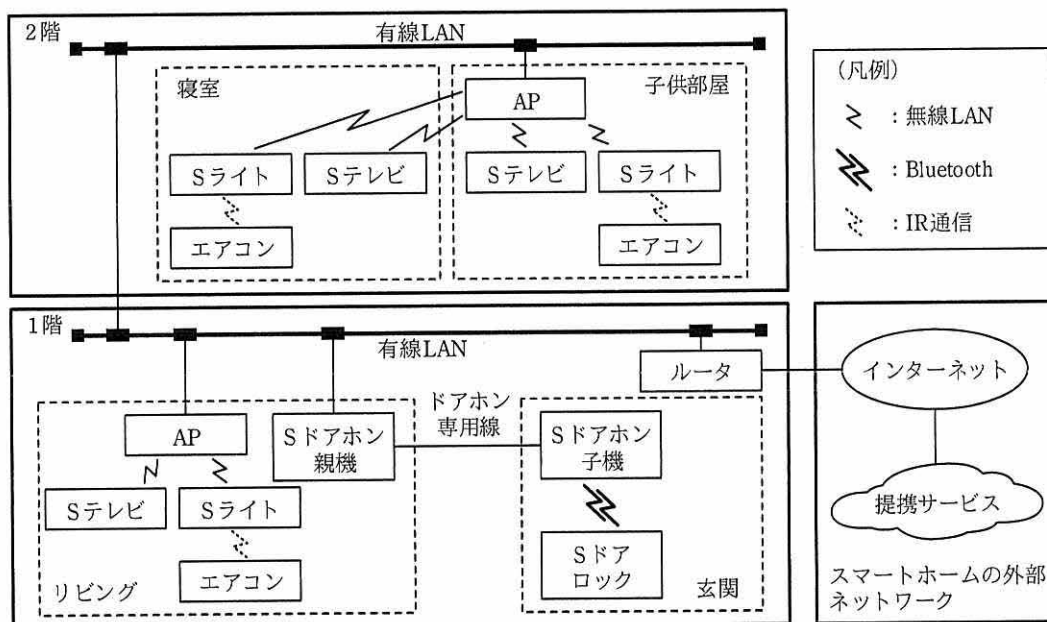
表 1 S デバイス及び関連する機器の一覧

機器名	概要	通信手段
S ライト	・音声再生及び音声認識機能をもつ LED 照明器具であり、昼白色相当の白色 LED、電球色相当のオレンジ色 LED、マイク、スピーカ、人感センサなどで構成される。各部屋の天井に設置されている。 ・PWM 制御によって、LED の明るさ・色合いの調節（以下、調光という）の機能を実現している。 ・利用者¹⁾の音声による指示（以下、音声操作という）で、調光をしたり、音楽を再生したり、提携サービスに通知したりすることができる。 ・エアコンの赤外線リモコン機能を内蔵している。IR 通信によって、エアコンに指示できる。 ・内蔵の人感センサで部屋にいる人を検知することができる。 ・S ドアホン子機を介して訪問者と通話ができる。	・無線 LAN ・IR 通信
S テレビ	・S ライト及びスマホからの音声操作によって、操作が可能なテレビである。各部屋に設置されている。 ・S ドアホン子機で撮影した画像（以下、防犯画像という）を映すことができる。	・無線 LAN
S ドアロック	・電動で玄関のドアを施錠・解錠できる器具である。 ・S ドアホン子機から Bluetooth で施錠・解錠の指示を受ける。	・Bluetooth
S ドアホン子機	・玄関の外側に設置されたカメラ付きインターホンであり、防犯画像を撮影することができる。 ・玄関前にいる人を検知できる人感センサを内蔵している。 ・訪問者が S ドアホン子機のボタンを押すと、利用者が在宅の場合、S ドアホン親機、S テレビ及び S ライトに訪問者がいることを通知する。利用者が不在である場合、利用者のスマホに通知する。 ・Bluetooth で、スマホからの通知を受けたり、S ドアロックに指示したりする。	・ドアホン専用線 ・Bluetooth
S ドアホン親機	・リビングに設置されたモニタ付きインターホンであり、防犯画像を記録することができる。 ・モニタで防犯画像を見ながら、S ドアホン子機を介して訪問者と通話ができる。 ・S ドアホン親機のボタンを押すと、施錠・解錠の指示を S ドアホン子機に通知する。 ・音声操作によって施錠・解錠の指示を受けると、その指示を S ドアホン子機に通知する。	・有線 LAN ・ドアホン専用線
エアコン	・各部屋に設置されている。 ・赤外線リモコン及び S ライトから IR 通信で指示を受ける。	・IR 通信
スマホ	・S ライト、S テレビなどに対して音声操作ができる。 ・S ドアホン子機を介して訪問者と通話ができる。 ・後述の〔防犯機能〕で示す侵入者検知及び外来者検知の通知を受けることができる。 ・S ドアホン子機に Bluetooth で通知することができる。	・無線 LAN ・Bluetooth ・携帯電話網

注¹⁾ 利用者はスマートホームの居住者である。

〔スマートホームのネットワーク〕

スマートホームのネットワーク構成を図2に示す。



注記 スマホの記載は省略している。

図2 スマートホームのネットワーク構成

スマートホームの内部ネットワークにおける機器間では、最大8ミリ秒の遅延で通信することができる。一方、外部ネットワークにある提携サービスとのインターネットを介した通信では、最大3秒の遅延が発生する。

〔スマートホームの機能〕

スマートホームには、音声操作、音楽配信が可能な提携サービスとの連携、訪問者への対応、防犯、Sライトの調光、エアコンの操作、及び玄関のドアの施錠・解錠の機能がある。

〔音声操作とスマートホームの動作〕

利用者は、音声操作によってSデバイスに指示したり、提携サービスに通知したりすることができる。

S ライトは常時、マイクで音を取り込み、マイクで取り込んだ音を明瞭な音声にするために、次の三つの信号処理を行う。

- ・エコーキャンセル：スピーカから出力した音を除去する。
- ・ノイズリダクション：音声周波数以外の帯域をノイズとして除去する。
- ・ビームフォーミング：特定の方向からの音声を強調する。

S ライトは、十数個のキーワードが登録された“辞書データ”を保持している。信号処理後の音声を用いて、辞書データの中から対応するキーワードかどうかを S ライトの音声認識機能で識別する。キーワードには、登録操作キーワードと起動キーワードの 2 種類がある。

登録操作キーワードは、S ライト自体に対する操作指示であり、“照明をつけて”、“照明を消して”などがある。登録操作キーワードとして識別した場合、S ライトが単独で調光などの動作をする。

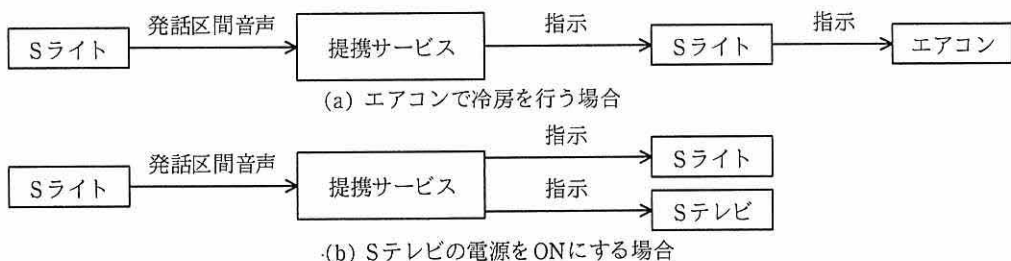
起動キーワードには、“OK, S デバイス”などがあり、起動キーワードとして識別した場合、S ライトは、起動キーワードの後に続く音声（以下、発話区間音声という）を録音し、提携サービスに発話区間音声を送信する。

提携サービスでは、AI を使用することによって、発話区間音声を文字列に変換したり、利用者を声紋認証したりする。また、音声操作によって指示された処理を S デバイスに指示する。

指示を受けた S デバイスは、次のような処理を行う。

- ・エアコンで冷房を行う場合、提携サービスから指示を受けた S ライトが IR 通信でエアコンを操作し、冷房を行う。
- ・S テレビの電源を ON にする場合、提携サービスは、S ライト及び S テレビに指示する。S ライトは、S テレビの画面が見やすくなるように調光を行う。S テレビは、電源を ON にする。

音声操作のデータフローの例を図 3 に示す。



注記 スマートホームの外部ネットワークとの通信は全て、セキュアな通信プロトコルを使用する。

図3 音声操作のデータフローの例

〔音楽配信〕

S ライトでは、提携サービスから配信された音楽をスピーカで再生することができる。提携サービスから配信される音楽データの通信には、遅延が生じることがあるので、提携サービスからダウンロードする音楽データを S ライトでバッファリングして対処している。また、S ライトは、複数の S ライトと連携することによって、複数の部屋で音楽を同時に再生させる機能（以下、マルチルームオーディオという）をもつ。この機能では、再生音のずれによる違和感をなくすために、S ライト間の再生音のずれを 10 ミリ秒以下にする必要がある。

〔防犯モードと訪問者への対応〕

スマートホームには、利用者が在宅の場合に使用する在宅モードと不在である場合に使用する不在モードの二つの防犯モードがある。

在宅モードの場合、訪問者が S ドアホン子機のボタンを押すと、S ドアホン親機及び人がいる部屋の S ライトから呼出し音が鳴り、S ドアホン親機及び人がいる部屋の S テレビに防犯画像を映し出す。S ドアホン親機又は S ライトを用いて訪問者と通話できる。

不在モードの場合、訪問者が S ドアホン子機のボタンを押すと、利用者のスマホに通知され、スマホで防犯画像を見たり、訪問者と通話したりできる。

〔防犯機能〕

防犯機能では、スマートホーム内への侵入者を検知する侵入者検知、及び利用者以外の人（以下、外来者という）の来訪を検知する外来者検知を行う。防犯モード

によって、検知後の動作がそれぞれ異なる。

侵入者検知は、不在モードの場合だけ行われる。S ライトの人感センサが人を検知すると、侵入者検知として利用者のスマホに通知する。このとき、スマホから一定時間内に応答がなければ、利用者と契約している警備会社に侵入者検知を自動で通知する。

外来者検知は、在宅モードでも不在モードでも行われる。S ドアホン子機は、内蔵の人感センサで人を検知している間、S ドアホン親機に対人検知信号を出力する。

S ドアホン親機は、対人検知信号を検出すると、対人検知信号が未検出になるまで防犯画像を動画として内蔵のフラッシュメモリに保存する。また、防犯画像を提携サービスに送信して画像解析することによって、外来者かどうかを判定する。ここで、利用者の画像はあらかじめ提携サービスに登録されている。外来者と判定した場合で、かつ、在宅モードの場合は、人がいる部屋の S テレビに防犯画像を表示する。外来者と判定した場合で、かつ、不在モードの場合は、外来者検知を利用者のスマホに通知するとともに、利用者と契約している警備会社にも自動で通知する。

なお、外来者と判定した防犯画像は、警備会社にも送信され、警備会社のサーバに1週間保存される。

防犯画像は、MPEG4 形式にエンコードされて、S ドアホン親機に内蔵しているフラッシュメモリの画像データの記憶領域に保存される。S ドアホン子機のカメラの性能（画像データ）を表2に示す。

表2 S ドアホン子機のカメラの性能（画像データ）

項目	性能
1 フレーム当たりの画素数	2,000×1,000 ピクセル
1 画素当たりのデータ量	24 ビット
フレームレート	10 フレーム／秒

〔玄関のドアの施錠・解錠〕

防犯モードの状況にかかわらず、物理的な金属製の鍵を使用して玄関のドアを施錠・解錠する操作（以下、物理操作という）によって、又は S ドアホン子機から Bluetooth で施錠・解錠の指示を S ドアロックに通知することによって、玄関のドア

を施錠・解錠できる。

(1) 在宅モード

- ① 玄関の外側では、利用者がスマホから Bluetooth で施錠・解錠の指示を S ドアホン子機に通知することによって、玄関のドアを施錠・解錠できる。
- ② スマートホーム内では、利用者が音声操作によって、玄関のドアを施錠・解錠できる。音声操作では、提携サービスによる利用者の声紋認証を行う。認証に成功すると、その音声操作によって施錠・解錠の指示を S ドアホン親機に通知し、S ドアホン子機経由で玄関のドアを施錠・解錠する。
- ③ 利用者が S ドアホン親機のボタンを押すことによって、施錠・解錠の指示を S ドアホン子機に通知し、玄関のドアを施錠・解錠できる。

(2) 不在モード

- ① (1)在宅モードの①と同じ動作ができる。
- ② ①の操作及び物理操作以外の操作で解錠を試みると、利用者のスマホに“不正な解錠の疑い”を通知するとともに、利用者と契約している警備会社にも自動で通知する。

[S ライトの調光]

S ライトの主な構成要素を図 4 に示す。

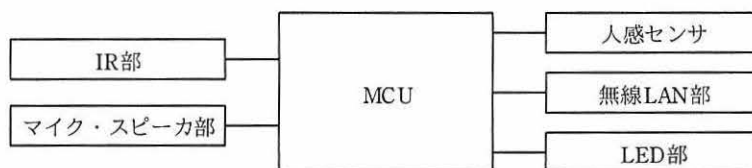


図 4 S ライトの主な構成要素

S ライトの調光は、18 段階の明るさの調節、及び 6 段階の白色からオレンジ色までの色合いの調節によって行う。これらの調節は、MCU から出力する二つの PWM 信号のデューティ比を変化させることによって、LED 輝度を 0～255 の 256 段階で制御して行う。

明るさの調節は 2 種類の LED の LED 輝度の総和で行う。LED 輝度の総和が一定であれば、S ライト全体の明るさは変わらないものとする。また、色合いの調節は 2

種類の LED の LED 輝度の割合によって行う。2 種類の LED の調光の例を図 5 に示す。

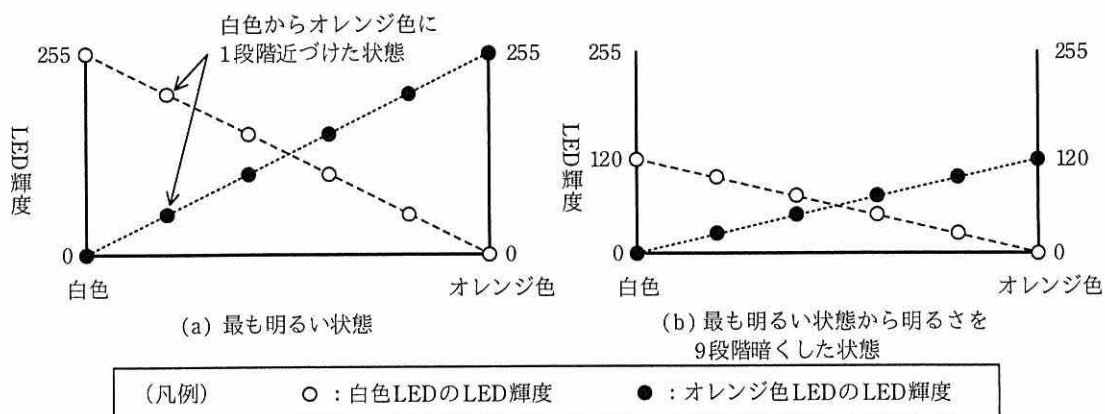
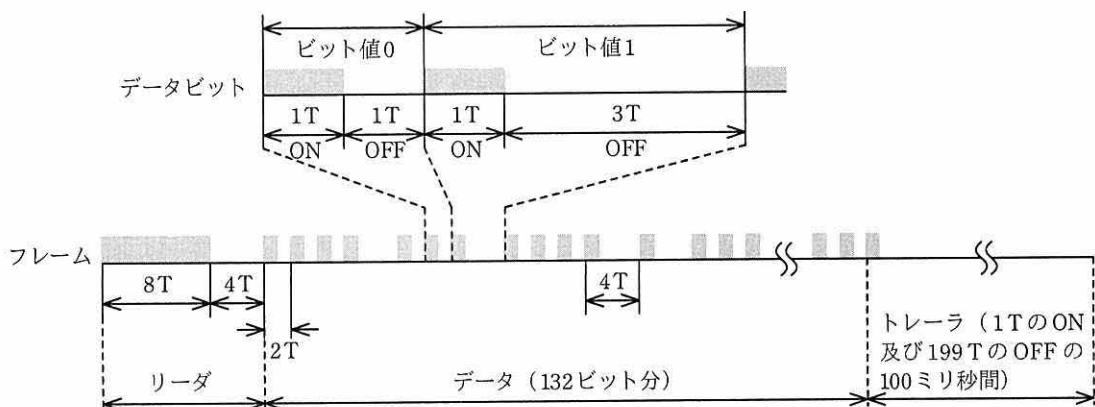


図 5 2 種類の LED の調光の例

例えば、白色で最も明るい状態では白色 LED の LED 輝度を 255 に、オレンジ色 LED の LED 輝度を 0 に設定する。このときの設定値を $(255, 0)$ と表記するものとする。オレンジ色で最も明るい状態では、設定値は $(0, 255)$ に設定する。最も明るい状態で色合いを変化させる場合、2 種類の LED を同時に点灯させ、LED 輝度の総和を 255 に保つ。例えば、白色で最も明るい状態からオレンジ色に 1 段階近づけた状態では、それぞれ最大の LED 輝度の $1/5$ ずつ上下するので、設定値は、a に設定する。同様に、白色で最も明るい状態からオレンジ色に 3 段階近づけた中間の状態（昼光色相当）では、設定値は、b に設定する。また、明るさを 1 段階ずつ暗くする場合は、その色合いでの最も明るい状態の LED 輝度から $1/17$ ずつ下げればよいので、例えば、白色で最も明るい状態からオレンジ色に 3 段階近づけた中間の状態（昼光色相当）で明るさを 1 段階暗くするには、設定値は、c に設定する。

[IR 通信によるエアコンの操作]

S ライトは、IR 部の赤外線発光素子からパルス位置変調 (PPM) で IR 通信の信号を送信し、エアコンを操作する。IR 通信の信号の例を図 6 に示す。



注記1 1Tは500マイクロ秒を示す。例えば、3Tは、1,500マイクロ秒である。

注記2 網掛けの部分、38kHzの信号を示す。

図6 IR通信の信号の例

S ライトの MCU は、タイマ割込みを使って、図6のONとOFFを切り替える。ONの場合、38kHzの信号で赤外線を出力する。OFFの場合、赤外線を出力しない。

データは132ビットである。ビット値が0と1では時間が異なる。

IR通信の信号は、リーダー、データ及びトレーラを一つの信号波形とする。ほかの赤外線リモコンから発信された信号と干渉を起こすことがあるので、S ライトによるIR通信では、同じ信号波形を2回連続して送信することによって信頼性を高めている。

[玄関のドアの施錠・解錠で使用する Bluetooth]

スマホから Bluetooth で指示して玄関のドアの施錠・解錠を行う場合、不正アクセス防止対策としてスマホから認証情報を送信する。

Bluetooth の仕様（一部）を表3に示す。

表3 Bluetooth の仕様（一部）

クラス	Class 1	Class 2	Class 3
出力 (ミリ W)	100	2.5	1
電波到達距離 (メートル)	0~100	0~10	0~1

注記 電波到達距離は参考値である。

Bluetooth は、表 3 のように出力が規定されている。スマホと S ドアホン子機間、及び S ドアホン子機と S ドアロック間では、Class3 を使用する。

設問 1 スマートホームの機能について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 「音声操作とスマートホームの動作」について、(a)～(c)に答えよ。

(a) S テレビから人の音声出力されているときでも、利用者の音声を明瞭にすることができる S ライトの信号処理を、本文中の字句を用いて答えよ。

(b) スマートホームでは、利用者個人を特定する処理を行うとき、必ず発話区間音声を提携サービスに送信している。セキュリティに配慮し、発話区間音声を利用して、提携サービスで実現している機能は何か。10 字以内で答えよ。

(c) 音声操作では、起動キーワードを別の起動キーワードに変更したい場合、何を変更すればよいか。本文中の字句を用いて答えよ。

(2) スマホに防犯画像が表示されるのは、外来者検知を除いて、どのような場合があるか。30 字以内で述べよ。

(3) スマホと S ドアホン子機間の Bluetooth では表 3 中の Class 3 を使用する。その理由をセキュリティの観点から、35 字以内で述べよ。

設問 2 スマートホームの設計について、(1)～(4)に答えよ。

(1) 「S ライトの調光」について、本文中の a ～ c に入れる適切な設定値を答えよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。

(2) 「IR 通信によるエアコンの操作」の IR 通信の信号について、1 回目のリーダの送信開始から 2 回目のデータの送信終了まで、最小及び最大何ミリ秒掛かるか。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。

(3) 提携サービスの利用について、(a)、(b)に答えよ。

(a) リビングの S ライトから取り込んだ音声操作を使用して子供部屋の S ライトを遠隔で消灯する場合の処理の流れを、図 7 に示す二つの方法で検討した。方法 1 に対して方法 2 の S ライトには、S ライトの部屋を区別する情報を新たにキーワードとして辞書データに登録するほか、追加が必要な機能がある。どのような機能か。20 字以内で述べよ。

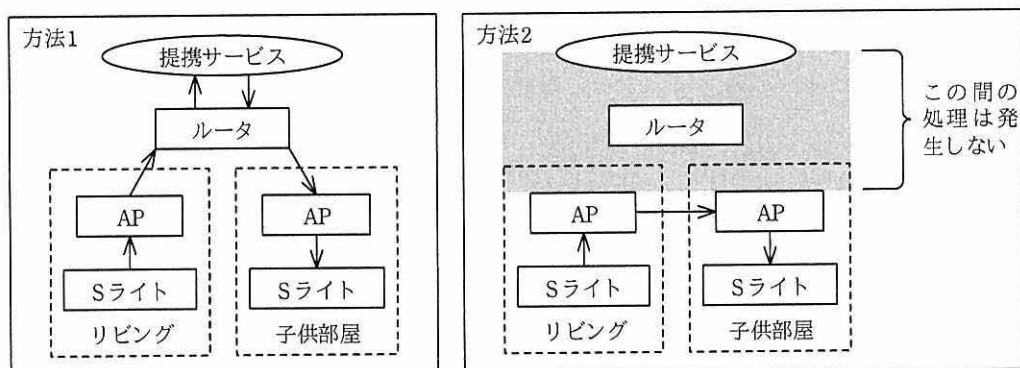


図7 遠隔処理のアーキテクチャ検討の例

- (b) 〔音楽配信〕について、S ライト 1 台で音楽を再生する場合、S ライトは提携サービスから音楽データを直接ダウンロードする。しかし、マルチルームオーディオでは、複数の S ライトが提携サービスから同時にダウンロードすると、ある要件を満たせないで、1 台の S ライトが提携サービスからダウンロードした音楽データを、ほかの S ライトに転送することになっている。ある要件とは何か。25 字以内で述べよ。
- (4) 〔防犯機能〕について、S ドアホン親機に内蔵しているフラッシュメモリに画像データを保存する。MPEG4 の圧縮率を、 $1/600$ とした場合、最大何分間保存可能か。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ここで、フラッシュメモリの画像データの記憶領域は、480 G バイトとする。また、1 k ビット=1,000 ビット、1 M ビット=1,000 k ビット、1 G ビット=1,000 M ビットとする。

設問3 スマートホームへの構成機器の追加について、(1)～(4)に答えよ。

プライバシー保護を考慮するとともに、子供の利用者が安心・安全に留守番できるための機能を実現するために、スマートホームに S カメラと S ホームサーバを追加し、防犯モードに留守番モードを追加する。追加する S デバイスを表 4 に示す。

表 4 追加する S デバイス

機器名	概要	通信手段
S カメラ	・リビングに設置されたカメラであり、リビングの室内を撮影する。 ・不在モード及び留守番モードでは、撮影した画像を S ホームサーバだけに送信する。在宅モードでは、撮影を行わない。	・無線 LAN
S ホームサーバ	・1 階に設置されたサーバであり、S カメラで撮影した画像及び防犯画像を保存する。 ・S カメラで撮影した画像を画像解析して人の検出を行う。 ・S カメラで撮影した画像及び防犯画像を画像解析して、子供の利用者の画像認証を行う。 ・音声認識機能によって、S ライトを介して取り込んだ音から利用者を声紋認証する。 ・あらかじめ登録した音声の再生指示を S ライトに通知する。	・有線 LAN

不在モードから留守番モードへの遷移は、次のように行われる。

子供の利用者は、子供用のスマホ（以下、子スマホという）を持っている。帰宅してきた子供の利用者は、玄関のドアの前に来ると、子スマホと S ドアホン子機を通信させる。その後、S ドアホン子機のボタンが押されると、防犯画像は提携サービスには送信されず、S ホームサーバだけに送信され、防犯画像から S ホームサーバによる子供の利用者の画像認証を行う。認証に成功すると、玄関のドアが解錠され、不在モードから留守番モードに遷移する。

留守番モードでは、次の動作を行う。ほかの動作は、不在モードと同じ動作を行う。

- ・利用者のスマホに、子供の利用者が帰宅したことを通知する。
- ・侵入者検知を、S ライトの人感センサを使用しない（ア）“新しい侵入者検知”に変更する。新しい侵入者検知では、リビングの S ライトは“あなたの名前は何ですか”などの音声を（イ）必要なときだけ再生し、S ホームサーバは、その応答の音声を声紋認証することによって子供の利用者と侵入者とを区別する。
- ・（ウ）帰宅した子供の利用者に向けて、リビングの S ライトから伝言を再生する。

なお、“不在モードから留守番モードへの遷移”以外の防犯モードの遷移については、説明を省略する。

- (1) 新たに追加した S ホームサーバで子供の利用者の画像認証を行うようにしている。その利点をプライバシー保護の観点から、55 字以内で述べよ。
- (2) 留守番モードの侵入者検知について、(a)、(b)に答えよ。
- (a) 下線（ア）について、従来の侵入者検知から変更した理由を、35 字以内で述べよ。
- (b) 下線（イ）について、必要なときとは、どのようなときか。50 字以内で述べよ。
- (3) 防犯モードに留守番モードを追加した後の不在モードにおいて、子供の利用者以外の方が子スマホを拾い、S ドアホン子機と通信させ、S ドアホン子機のボタンを押しても、S ドアロックの解錠を行うことができない。解錠を行うことができない理由を、25 字以内で述べよ。また、このときスマートホームの機能の中で、どの機能によって、どのような動作がされるか。35 字以内で述べよ。
- (4) 下線（ウ）について、帰宅した子供の利用者がリビングに入室したとき、S カメラで撮影した画像から人を検出できないこともある。このことを考慮して、S ライトからの伝言の再生を開始させる条件を、40 字以内で述べよ。

問2 スマートバスシステムに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

E社は、バスの運行管理及び運転状況を監視して安全運転支援を行うスマートバスシステムを開発している。スマートバスシステムのシステム構成を図1に示す。

スマートバスシステムは、次に示す機器及び設備から構成される。

- ・ 車載通信機（以下、車載器という）を搭載したバス（以下、スマートバスという）
- ・ スマートバスの運行経路上に配置され、車載器と無線通信を行う路側通信機（以下、路側機という）
- ・ バス停に設置され、タッチパネルを有する表示機を備え、スマートバスの運行情報の表示などを行う端末（以下、バス停表示機という）
- ・ スマートバスの情報を収集、分析し、スマートバスの運行を管理する管理サーバ

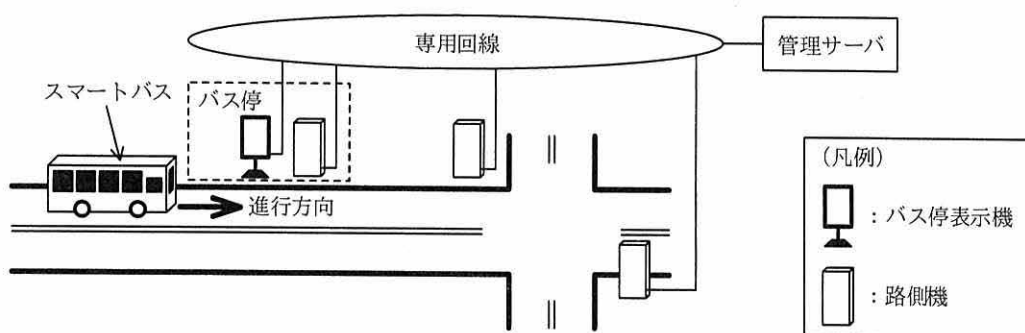


図1 スマートバスシステムのシステム構成

路側機は、スマートバスの運行経路上の各交差点の直前に設置されている。また、バス停には、バス停表示機及び路側機が設置されている。

バス停表示機及び路側機は、専用回線を介して管理サーバに接続する。

車載器及び路側機は固有のIDをもち、それぞれ車載器ID、路側機IDと呼ぶ。バス停に設置された路側機の路側機IDには0～999、交差点に設置された路側機の路側機IDには1,000～4,999、車載器IDには5,000～5,999の範囲内の値が設定される。

〔スマートバスの概要〕

スマートバスは、従来のバスの車両に、運転席カメラ、車載器などが搭載されたバスであり、運賃の精算は交通系ICカードに限る。スマートバスの主な構成要素を

表 1 に示す。制御部以外の各構成要素は全て、制御部と接続されている。

表 1 スマートバスの主な構成要素

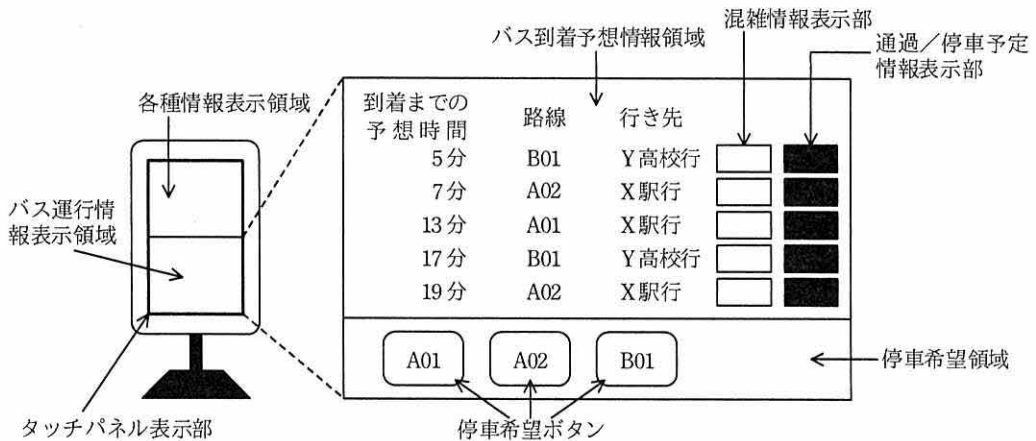
構成要素名	説明
制御部	・ MPU, RAM, リアルタイムクロック, フラッシュメモリなどを内蔵しており, スマートバス全体を制御する。
車載器	・ 路側機などの外部と通信を行う。アンテナは, スマートバスの前部に設置される。
運転席カメラ	・ 運転中は, 20 フレーム/秒で運転手の顔を撮影する。オートフォーカス及び自動露出機能をもっており, 夜間でも撮影が可能である。 ・ 撮影した画像は 300,000 画素で, 1 画素当たり 3 バイトである。
運転席モニタ	・ 制御部から指示された内容を表示する。
運転席マイク	・ 入力された音声信号を制御部に送信する。
運転席スピーカ	・ 制御部からの指示に従って, 警告音を出力する。
乗客用スピーカ	・ 制御部からの指示に従って, 音声を出力する。
降車ボタン	・ 乗客が, 次のバス停での降車希望を運転手に伝えるときに使用する。
乗客用モニタ	・ 制御部から指示された内容を表示する。
緊急停車装置	・ 車両制御ネットワークである CAN を介して, ブレーキやハンドルなどの車両制御装置と接続されている。 ・ 制御部から緊急停車指示を受信すると, ハザードランプを点滅させ, ハンドル及びブレーキを操作し, 定められたシーケンスに従って, スマートバスを安全に停車させる (以下, 緊急停車という)。緊急停車の後, 制御部から緊急停車解除通知を受信するまでは, 運転手によるハンドル及びアクセルの操作を受け付けない。
デジタル式運行記録計	・ 各履歴情報 (速度, アクセル操作, ブレーキ操作, ハンドル操作), 走行距離, 乗降口のドアの開閉情報などを記録する。
乗車リーダ	・ 交通系 IC カードをタッチすることによって通信し, 読取り及び書込みができる。読み取った交通系 IC カードの ID (以下, カード ID という) を制御部に送信する。
運賃機	・ 交通系 IC カードをタッチすることによって通信し, 読取り及び書込みができる。カード ID を基に, 制御部に問い合わせて乗車料金を精算する。
緊急停車ボタン	・ 運転席及び乗客席に設置されており, 押されると, 制御部に緊急停車ボタン押下を送信する。
解除ボタン	・ 運転席に設置されており, 押されると, 制御部に解除ボタン押下を送信する。

注記 交通系 IC カードは一人 1 枚の利用とし, 乗車時には乗車リーダに, 降車時には運賃機にタッチすることによって, 乗客の人数を正確に把握する。

スマートバスは始発のバス停の出発前に, 管理サーバから経路情報と運賃情報を受信して, フラッシュメモリに保存する。経路情報には, 始発のバス停から終着のバス停まで順に並んだ, 路側機 ID 及びバス停の名称 (X 駅, Y 高校など) が含まれている。

[バス停表示機]

バス停表示機の外観を図 2 に示す。バス停表示機のタッチパネル表示部は、上側の各種情報表示領域と、下側のバス運行情報表示領域の二つの領域に分かれている。さらに、バス運行情報表示領域は、バス到着予想情報領域と停車希望領域の二つの領域に分かれている。



注記 路線は、ほかの経路と区別するための路線番号を示す。

図 2 バス停表示機の外観

各種情報表示領域は、管理サーバから送信される路線情報（時刻表、路線図など）を表示できる。

バス到着予想情報領域には、直近に到着予定であるスマートバスの、到着までの予想時間、路線及び行き先が最大 5 件表示される。さらに、“満員”、“混雑”、“空いている”のいずれかで示される混雑情報と、“通過予定”、“停車予定”のいずれかで示される通過／停車予定情報が、領域の右側に表示される。

停車希望領域には、スマートバスへの乗車を希望する人が押すための停車希望ボタンが、路線ごとに表示される。

[管理サーバ]

管理サーバは、スマートバス間の間隔調整及び乗客の人数の平準化のために、次の処理を行う。

- ・ 外部のシステムから収集した道路の渋滞情報と、各スマートバス及び各バス停表示機から収集した情報を保存し、分析する。
- ・ 必要に応じて、分析結果に基づく指示・情報を、各バス停表示機に送信し、また、路側機を経由して各スマートバスに送信する。

〔スマートバスシステムの各機器間の通信概要〕

車載器と路側機間の通信は、伝送距離 30 メートル以下、伝送速度 4 M ビット／秒の無線通信を用いる。また、車載器及び路側機は、車載器と路側機間の通信の衝突を回避する仕組みをもつ。スマートバスシステムの各機器間の通信概要を次に示す。

- ・ 路側機は、0.5 秒周期で自身の路側機 ID を送信し続けており、スマートバスからの返信を待つ。スマートバスからの返信を受けると、受信した情報を管理サーバに送信する。さらに、管理サーバからそのスマートバスへの指示を受信していたときは、その指示をそのスマートバスに送信し、その後、管理サーバに送信完了を送信する。
- ・ スマートバスは、路側機から路側機 ID を受信すると、自身の車載器 ID を路側機に送信する。このとき、乗客の人数、降車ボタン押下など、送信する情報があれば、その情報も併せて路側機に送信する。ここで、スマートバスが路側機に送信する情報をまとめて、バス情報という。ただし、バス情報に含まれる乗客の人数は、バス停を出発するときだけ、送信される。
- ・ 管理サーバは、スマートバスに指示が必要な場合、該当する車載器 ID のスマートバスが次に通過する予定の路側機と、その次に通過する予定の路側機それぞれに対して、その指示を送信する。その後、一方の路側機から送信完了を受信すると、他方の路側機に指示取消を送信する。
- ・ 管理サーバは、必要に応じて、バス停表示機に表示する情報を送信する。例えば、路側機からバス情報を受信すると、そのバス情報を送信したスマートバスの運行経路上にある各バス停の“到着までの予想時間”を計算し、表示の更新が必要なバス停表示機に計算結果を送信する。
- ・ バス停表示機は、停車希望ボタンが押されると、該当する路線番号を管理サーバに送信する。

管理サーバと路側機間の主な通信メッセージを表 2 に、スマートバスと路側機間

の主な通信メッセージを表3に示す。

表2 管理サーバと路側機間の主な通信メッセージ

メッセージ名	送信元	説明
スマートバスへの送信指示	管理サーバ	指定した車載器 ID のスマートバスに対して、表3に示す指示メッセージ又はモニタ表示情報メッセージを送信するように指示する。ここで、バス停待機指示メッセージはスマートバス間の間隔調整に用い、バス停停車指示メッセージは停車希望ボタンが押されたときに用いる。
送信完了	路側機	該当するスマートバスへの送信指示メッセージの送信が完了したことを示す情報を送信する。
指示取消	管理サーバ	該当するスマートバスへの送信指示メッセージの指示を取り消す。
バス情報転送	路側機	スマートバスから受信したバス情報を転送する。

表3 スマートバスと路側機間の主な通信メッセージ

メッセージ名	送信元	説明
路側機 ID 情報	路側機	自身の路側機 ID を送信する。
バス停待機指示	路側機	次のバス停に停車し、指定時間（秒）だけ待機するように指示する。
バス停通過指示	路側機	次のバス停を通過するように指示する。
バス停停車指示	路側機	次のバス停に停車するように指示する。
モニタ表示情報	路側機	運転席モニタ及び乗客用モニタに表示する情報を送信する。
バス情報通知	スマートバス	バス情報を送信する。

注記 スマートバスは、バス停に停車（待機を含む）しているとき、乗降口のドアを開けている。

〔安全運転支援〕

スマートバスシステムは、スマートバスがバス停に停車中以外のとき、次に示す安全運転支援を行う。

- ・スマートバスの制御部は、運転席カメラからの画像、及びデジタル式運行記録計からの情報を解析して、運転手の異常を検知すると、必要に応じて運転手又は乗客に警告したり、バスを緊急停車させたりする。
- ・運転席カメラからの画像の解析では、運転手の目の開閉状況を検出し、眠気及び居眠りを判定する。目が0.5秒以上2秒以下連続して閉じたことを、20秒以内に5回検出すると、眠気と判定する。目が2秒以上連続して閉じていることを検出すると、居眠りと判定する。また、目を1.5秒間検出できなかった場合には、脇見と判定する。

- ・デジタル式運行記録計からの情報の解析では、各履歴情報を基に、急加速、急減速及び蛇行を判定することができる。

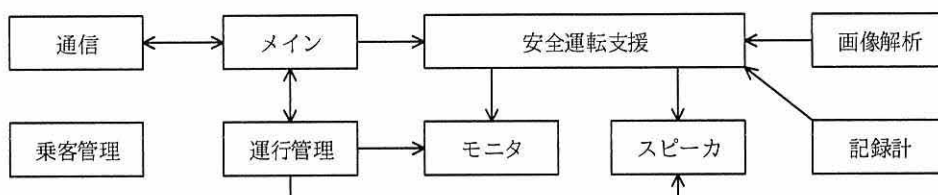
運転手の異常のレベルとして、異常なしを示す異常レベル 0 と異常レベル 1～3 の、合計 4 段階がある。異常レベル 1～3 への移行条件及び異常レベル 1～3 の制御部の処理内容を表 4 に示す。異常レベル 1～3 への移行は、表 4 に示す移行条件のいずれか一つを満たし、異常レベルが低いレベルから高いレベルへ移行する場合に行われる。

表 4 異常レベル 1～3 への移行条件及び異常レベル 1～3 の制御部の処理内容

異常レベル	移行条件	制御部の処理内容
1	・ 1 分間に急加速又は急減速を 3 回検知 ・ 眠気と判定	・ 運転席モニタに警告を表示する。5 秒経過すると、警告を消去して、異常レベル 0 に移行する。
2	・ 脇見と判定 ・ 蛇行と判定	・ 運転席スピーカから警告音を出力する。 ・ 運転席モニタに最大 5 秒間、警告を表示する。5 秒経過する前に解除ボタン押下を受信すると、警告を消去して、異常レベル 0 に移行する。
3	・ 居眠りと判定 ・ 異常レベル 2 で 5 秒間解除なし ・ 緊急停車ボタン押下を受信	・ 緊急停車を知らせる音声を、乗客用スピーカから出力する。 ・ 運転席モニタに警告を表示する。 ・ 緊急停車装置に緊急停車指示を送信する。 ・ 緊急停車の後、解除ボタン押下を受信すると、警告を消去して、緊急停車装置に緊急停車解除通知を送信し、異常レベル 0 に移行する。

[スマートバスの制御部のソフトウェア構成]

スマートバスの制御部のソフトウェアには、リアルタイム OS を用いる。制御部の主なタスク構成を図 3 に、制御部の主なタスクの処理概要を表 5 に示す。



注記 実線の矢印は、メールボックスを使用したタスク間のメッセージ通信の方向を示す。

図 3 制御部の主なタスク構成

表 5 制御部の主なタスクの処理概要

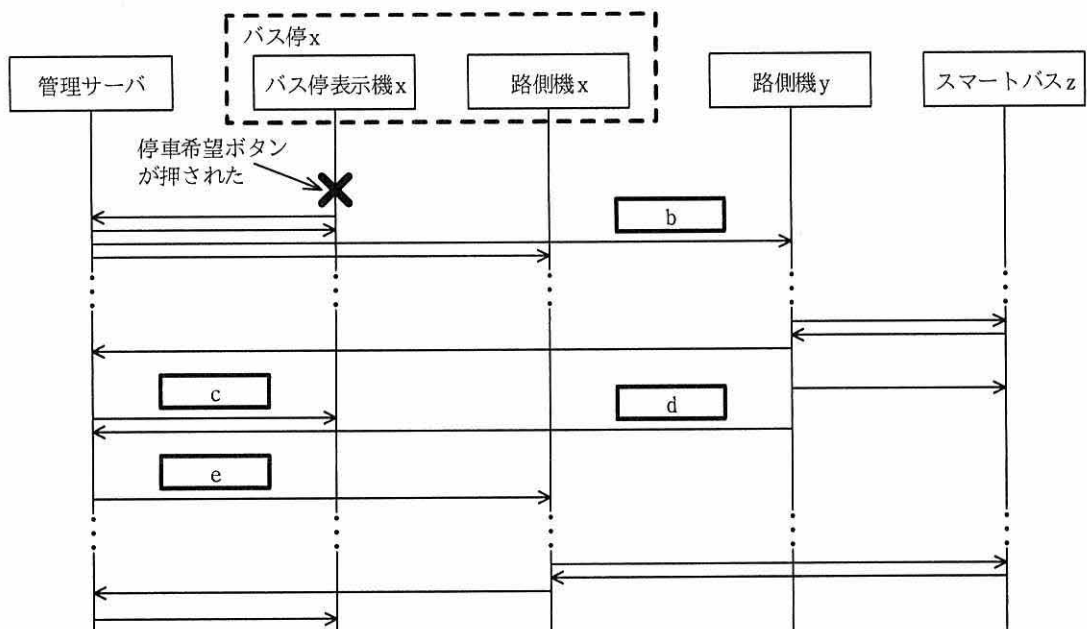
タスク名	処理概要
メイン	・制御部全体の制御、及びバス情報の管理を行う。 ・通信タスクから路側機 ID 情報メッセージの通知を受けると、路側機 ID をフラッシュメモリに記録し、バス情報通知メッセージの送信を通信タスクに通知する。 ・通信タスクから表 3 に示す指示メッセージの通知を受けると、運行管理タスクに転送する。 ・通信タスクからモニタ表示情報メッセージの通知を受けると、フラッシュメモリに記録する。 ・運行管理タスクから通知を受けると、必要に応じてバス情報を更新する。 ・定期的にフラッシュメモリ内に記録されたデジタル式運行記録計の情報を参照して、スマートバスが走行中か、①バス停に停車中かを判断し、次の処理を行う。 - “バス停に停車中” から “走行中” に遷移した場合、安全運転支援タスクに動作開始を通知するとともに、運行管理タスクにそのことを通知する。さらに、②乗客の人数を更新し、バス情報通知メッセージの送信を通信タスクに通知する。 - “走行中” から “バス停に停車中” に遷移した場合、安全運転支援タスクに動作停止を通知するとともに、運行管理タスクにそのことを通知する。
乗客管理	・乗車リーダからカード ID を受信すると、そのカード ID と乗車したバス停の路側機 ID をフラッシュメモリに記録する。 ・運賃機からカード ID を受信すると、運賃情報を基に乗車料金を計算して、運賃機に送信し、フラッシュメモリから該当するカード ID の情報を削除する。
通信	・車載器を介して、外部と通信を行う。
記録計	・定期的に起動し、デジタル式運行記録計の情報を取得し、フラッシュメモリに記録するとともに、③必要な情報を安全運転支援タスクに通知する。
安全運転支援	・動作開始の通知を受けると、安全運転支援機能を有効にし、異常レベルを 0 にする。動作停止の通知を受けると、安全運転支援機能を無効にする。 ・安全運転支援機能が有効な場合は、次のように動作し、その動作中に受けた通知及び異常レベルの更新の情報をフラッシュメモリに記録する。 - 記録計タスク若しくは画像解析タスクから通知を受けた場合、異常レベル 2 に移行して 5 秒経過した場合、又は a 場合、④関連するタスクに必要な情報を通知し、必要に応じて緊急停車装置に緊急停車指示を送信して、異常レベルを更新する。 - 異常レベル 1 に移行して 5 秒経過した場合、又は異常レベル 2 で解除ボタン押下を受信した場合、モニタタスクに通知して、異常レベルを 0 に更新する。 - 緊急停車の後に解除ボタン押下を受信した場合、⑤関連するタスクに必要な情報を通知し、緊急停車装置に緊急停車解除通知を送信して、異常レベルを 0 に更新する。
画像解析	・運転席カメラから 1 フレームの画像データを得るごとに起動され、その画像データを解析する。眠気、居眠り又は脇見と判定したときは、その判定結果を安全運転支援タスクに通知する。
運行管理	・次のバス停におけるスマートバスの運行予定（通過、停車又は待機のいずれか）をバス停運行予定として管理する。 ・メインタスクから通知を受けると、必要に応じて、バス停運行予定を更新し、モニタタスクに通知する。バス停運行予定が停車の場合に、メインタスクからバス停通過指示メッセージの通知を受けたときは何も行わない。 ・降車ボタンが押されたことを検知すると、メインタスク、モニタタスク及びスピーカタスクに通知し、さらに、バス停運行予定が通過の場合は、停車に変更する。
モニタ	・ほかのタスクから通知を受けると、適切な情報を運転席モニタ又は乗客用モニタに表示する。 ・乗客用モニタの表示を 10 秒ごとに、経路情報、運賃情報を交互に切り替える。
スピーカ	・通知を受けると、音声又は警告音を適切なスピーカから一定時間出力する。

設問 1 スマートバスシステムの仕様について、(1)～(3)に答えよ。

(1) スマートバスシステムの通信について、(a)～(c)に答えよ。

スマートバスシステムの通信シーケンスの例を図 4 に示す。図 4 は、次に示す状況において、スマートバス z の路線番号を示す停車希望ボタンが、バス停表示機 x で押された時点からの通信シーケンスの例である。

- ・スマートバス z は、路側機 y、バス停 x の順で正常に走行し、かつ、降車ボタンが押されていない。
- ・路側機 x、y には、スマートバス z への指示の情報、運転席モニタ及び乗客用モニタに表示する情報がない。
- ・管理サーバには、バス停表示機 x の各種情報表示領域の表示を更新する情報がない。



注記 路側機 x、y から周期的に送信される路側機 ID 情報メッセージは、一部省略している。

図 4 スマートバスシステムの通信シーケンスの例

(a) 図 4 中の **b** で示す通信メッセージを、表 2 中のメッセージ名で答えよ。また、その通信内容を表 3 中のメッセージ名を用いて、35 字以内で述べよ。

(b) 図 4 中の c で示す通信内容を、35 字以内で述べよ。

(c) 図 4 中の d , e で示す通信メッセージを、表 2 中のメッセージ名で答えよ。

(2) スマートバスと路側機間の通信について、(a)～(c)に答えよ。

(a) 路側機 ID 情報メッセージを受信したスマートバスが、車載器 ID の情報だけを送信するのは、どのような場合か。25 字以内で述べよ。

(b) 次に示す状況を全て満たしているときに、スマートバス m が始発のバス停及び終着のバス停以外のバス停 n で停車する場合がある。どのような場合か。25 字以内で述べよ。

- ・バス停 n で乗車を希望する人はおらず、バス停 n のバス停表示機で、スマートバス m の路線番号を示す停車希望ボタンが押されていない。
- ・スマートバス m では、バス停 n で降車する乗客はおらず、バス停 n で降車ボタンが押されていない。
- ・スマートバス m では、運転手の異常レベルが 0 となっている。

(c) スマートバスがバス停を出発するときだけ、スマートバスが送信する情報を答えよ。

(3) 運転手の異常検知について、(a)～(c)に答えよ。

運転席カメラにおいて一つのフレームの画像データがそろったとき、制御部は、そのフレームの画像データを取り込んで、次のフレームの画像データがそろう前に異常レベルの判定処理を完了する。

なお、目が閉じているフレームが n 個連続したとき、目が閉じている時間は、フレーム n 個分の時間とする。

(a) 異常レベルの判定処理に通信処理も含めて最大 10 ミリ秒掛かるとき、1 フレームの画像データの取込みに必要な転送速度は、何 M ビット/秒以上か。答えは、小数第 1 位を切り上げて、整数で求めよ。ここで、1 M ビット = 10^6 ビットとする。

(b) 0.5 秒以上 2 秒以下の時間で、目が連続して閉じたことを検出した回数が 0 回である。このとき、異常レベル 1 に移行するまでには、目が閉じているフレームの数は最少幾つ必要か。整数で答えよ。

(c) 異常レベル 0 の状態において、目を検出できないフレームが 36 フレーム

連続した後、目が閉じているフレームが 50 フレーム連続したとき、異常レベル 2 に移行し、さらに、異常レベル 3 に移行した。異常レベル 2 に移行したフレームの次のフレームから数えて何フレーム後に異常レベル 3 になったか。整数で答えよ。

設問 2 制御部のタスクについて、(1)～(3)に答えよ。

(1) メインタスクについて、(a)、(b)に答えよ。

(a) 表 5 中の下線①について、メインタスクは、スマートバスの速度情報、通信タスクから受信した路側機 ID、及び乗降口のドアの開閉情報を用いて、スマートバスがバス停に停車中かどうかを判定している。この判定において、乗降口のドアの開閉情報が必要な理由を、45 字以内で述べよ。

(b) 表 5 中の下線②の乗客の人数は、フラッシュメモリ内の情報を基に算出できる。その情報を、表 5 中の字句を用いて答えよ。

(2) 表 5 中の下線③について、必要な情報とは何か。本文中の字句を用いて答えよ。

(3) 安全運転支援タスクについて、(a)、(b)に答えよ。

(a) 表 5 中の

a

 に入れる適切な内容を、20 字以内で答えよ。

(b) 表 5 中の下線④と下線⑤の処理では、通知先のタスクが一部異なる。下線④で通知を受けることがあるが、下線⑤では通知を受けることがないタスクを、表 5 中のタスク名で答えよ。

設問 3 スマートバスシステムの追加機能について、(1)～(4)に答えよ。

バス停から一つ前の路側機とバス停との距離が長い区間において、同じ運行経路のスマートバスが 2 台続いて車間距離が短くなったときも、スマートバス間で車車間通信を行うことによって、スマートバス間の間隔調整及び乗客の人数の平準化ができるシステムにすることを検討した。

車車間通信及び 2 台のスマートバスの制御内容について検討した結果を、次に示す。

- ・ 後方のスマートバスと通信を行う車載器（以下、後方車載器という）を新たに追加し、後方車載器のアンテナは、スマートバスの後部に設置する。
- ・ 後方車載器は固有の ID をもち、後方車載器 ID と呼ぶ。後方車載器 ID には 6,000～6,999 の範囲内の値が設定される。

- ・スマートバスは、バス停から一つ前の路側機を通過すると、後方車載器を使用して、後方車載器 ID を送信する。後方のスマートバスからの応答を受信しなければ、一定間隔で後方車載器 ID の送信を繰り返す。後方車載器が後方のスマートバスからの応答を受信した場合、又は既存の車載器（以下、前方車載器という）がバス停に設置された路側機から路側機 ID を受信した場合は、後方車載器からの後方車載器 ID の送信を停止する。
- ・後方のスマートバスは、前方車載器で 6,000 番台の ID を受信すると、前方車載器を使用して、前方車載器の車載器 ID、経路情報などの情報（以下、後車情報という）を送信する。
- ・前方のスマートバスは、後方車載器で受信した ID が 5,000 番台で、かつ、後方のスマートバスと運行経路が同じであれば、次の処理を行う。
 - 後方のスマートバスに対して、バス停停車指示メッセージ、又はバス停待機指示メッセージの送信可否を判断し、必要に応じて送信する。
 - 自身のバス停の通過可否を判断する。

例えば、前方のスマートバスが、管理サーバから路側機経由でバス停停車指示メッセージを受信しているが、自身の降車ボタンが押されていない場合、後方のスマートバスの乗客の人数、又は降車ボタン押下の有無によっては、前方のスマートバスはバス停を通過と判断し、後方のスマートバスにバス停停車指示メッセージを送信することもある。

制御部のソフトウェアの変更について検討した結果、車車間運行判定タスク、後方通信タスクを新たに追加し、既存のメインタスク及び運行管理タスクを変更することにした。制御部のタスクの追加・変更概要を表 6 に示す。

表 6 制御部のタスクの追加・変更概要

タスク名	追加・変更概要
メイン	・バス停から一つ前の路側機を通過すると、動作開始を車車間運行判定タスクに通知する。 ・通信タスクから路側機 ID 情報メッセージの通知を受けると、受けた通知が f の場合、動作停止を車車間運行判定タスクに通知する。 ・通信タスクから g の通知を受けると、h を通信タスクに通知する。
運行管理	・バス停運行予定の停車を、降車ボタンによる停車と、管理サーバからの指示による停車に区別して管理する。 ・車車間運行判定タスクから通知を受けると、バス停運行予定を、受けた内容に更新し、モニタタスクに通知する。
車車間運行判定	・動作開始の通知を受けると、後方車載器 ID の送信を後方通信タスクに通知し、その応答を待つ。 ・後方通信タスクから応答がなければ、一定間隔で後方車載器 ID の送信の通知を繰り返す。 ・後方通信タスクから応答の通知を受けると、受けた h とスマートバス自身のバス停運行予定などの情報を基に、必要に応じて次の処理を行う。 - 後方のスマートバスへの、バス停停車指示メッセージ又はバス停待機指示メッセージの送信要否を判断し、判断結果が“送信要”のときは、後方通信タスクに通知する。 - バス停運行予定が降車ボタンによる停車以外の場合、次のバス停の通過要否を判断する。判断結果が通過のときは、運行管理タスクに通知する。 ・動作停止の通知を受けると、後方車載器 ID の送信の通知を終了する。
後方通信	・後方車載器を介して、後方のスマートバスとの通信を行う。

(1) 後車情報に必要な情報として前方車載器の車載器 ID 及び経路情報のほか、何が必要になるか。二つ答えよ。

(2) 表 6 中の f に入れる適切な内容を答えよ。

(3) 表 6 中の g , h に入れる適切な字句を答えよ。

(4) 追加機能の動作検証について、(a), (b)に答えよ。

追加機能の動作検証を実施したところ、前方のスマートバスの降車ボタンが押されたにもかかわらず、前方のスマートバスの運転席モニタに“バス停通過”と表示される事象が発生することが分かった。

(a) どのようなタイミングで降車ボタンが押されたことを検知すると今回の事象が発生するか。35 字以内で述べよ。

(b) 今回の事象を解消するために、表 5 中に示すタスクの処理を変更することにした。どのタスクを、どのように変更すればよいか。変更するタスク名を、表 5 中のタスク名で答えよ。また、変更内容を 65 字以内で述べよ。

〔 メ モ 用 紙 〕

6. 退室可能時間中に退室する場合は、手を挙げて監督員に合図し、答案用紙が回収されてから静かに退室してください。

退室可能時間	15:10 ～ 16:20
--------	---------------

7. 問題に関する質問にはお答えできません。文意どおり解釈してください。
8. 問題冊子の余白などは、適宜利用して構いません。ただし、問題冊子を切り離して利用することはできません。
9. 試験時間中、机の上に置けるものは、次のものに限ります。
- なお、会場での貸出しは行っていない。
- 受験票、黒鉛筆及びシャープペンシル（B 又は HB）、鉛筆削り、消しゴム、定規、時計（時計型ウェアラブル端末は除く。アラームなど時計以外の機能は使用不可）、ハンカチ、ポケットティッシュ、目薬
- これら以外は机の上に置けません。使用もできません。
10. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ることができます。
11. 答案用紙は、いかなる場合でも提出してください。回収時に提出しない場合は、採点されません。
12. 試験時間中にトイレへ行きたくなったり、気分が悪くなったりした場合は、手を挙げて監督員に合図してください。

試験問題に記載されている会社名又は製品名は、それぞれ各社又は各組織の商標又は登録商標です。

なお、試験問題では、TM 及び [®] を明記していません。