التوصيـــة ITU-R RS.1744

الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة مساعدة الأرصاد الجوية القائمة على الأرض والتي تعمل في مدى التردد 272-750 THz

(المسألة ITU-R 235/7)

(2006)

نطاق التطبيق

تعرض هذه التوصية الخصائص التقنية والتشغيلية لأنظمة مساعدة الأرصاد الجوية المعهودة التي تعمل في مدى التردد البصري 272-750 THz.

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن عمليات الرصد التي تُجرى في مدى التردد 272-750 THz (المشار إليها هنا على أنها بصرية) توفر معطيات بالغة الأهمية للأرصاد الجوية التشغيلية وللبحوث العلمية المتعلقة بالغلاف الجوي والمناخ؛

ب) أن الطيف في مدى التردد البصري يستعمل في أنظمة محاسيس الأرصاد الجوية النشيطة والمنفعلة، وفي تطبيقات أخرى كثيرة؛

ج) أن التكنولوجيا الخاصة بمحاسيس الأرصاد الجوية التي تستعمل الطيف البصري تتطور باستمرار على نحو يسمح بتقديم معطيات أكثر دقة واستبانة من حيث القياس؛

د) أن الترددات في مدى التردد البصري تستعمل حالياً في وصلات المعطيات، وأجهزة قياس المدى وغيرها من الأنظمة الفعالة الأخرى العاملة من منصات أرضية القاعدة أو مستندة إلى الفضاء، ونظراً لأن هذه الأنظمة آخذة في التوسع والتزايد العددي بسرعة، يحتمل أن يزداد التداخل بين المحاسيس البصرية الخاصة بالأرصاد الجوية والأنظمة البصرية الأخرى؛

هـ) أن العديد من تطبيقات الأنظمة النشيطة والمنفعلة التي تعمل في المدى البصري مماثلة إلى حد كبير للأنظمة المستعملة حالياً في مدى ترددات أخفض للطيف الكهرمغنطيسي؛

و) أنه آن الأوان للتفكير في طبيعة التدابير الوقائية وتشاطر الآراء على نحو يضمن استمرار اشتغال المحاسيس البصرية الأرضية القاعدة والخاصة بالأرصاد الجوية بدون تداخل؛

توصي

1 بأن يأخذ مشغلو أنظمة مساعدة الأرصاد الجوية التي تعمل في مدى التردد البصري في الحسبان، عند اختيارهم مواقع المراصد وتصميمهم للمحاسيس احتمال حدوث تداخل من مرسلات بصرية أخرى؛

2 بأن تراعي الدراسات المتعلقة بالتداخل في الأنظمة البصرية الخاصة بمساعدة الأرصاد الجوية ومن هذه الأنظمة، المعلمات التقنية والتشغيلية المنصوص عليها في الملحق 1.

الملحق 1

1 مقدمة

تعمل أنظمة تحسّس الأرصاد الجوية القائمة على الأرض باستخدام الطيف في مدى التردد البصري، على العموم، بين 272 و750 THz من جانب مجموعة شتى من خدمات الأرصاد الجوية ومنظمات أخرى مهتمة ببحوث الأرصاد الجوية وبحوث المناخ. ويعرض هذا الملحق الخصائص التقنية والتشغيلية لمجموعة معهودة من محاسيس الأرصاد الجوية المرسِلة والمستقبِلة لإشارات في مدى الترددات البصرية.

2 مقياس الليزر لارتفاع السحاب

1.2 الخصائص التقنية لمقياس ارتفاع السحاب

يحتوي مقياس الليزر لارتفاع السحاب على الليزر كمصدر للإرسال وكاشف ضوئي للمستقبل. ويتحسّس مقياس الليزر لارتفاع السحاب مستويات السحاب في الجو ويبلغ عنها عن طريق استعمال إشعاع ليزري غير مرئي لكشف مستويات السحاب ويعمل المقياس عن طريق إرسال نبضة ضوء ليزري في الجو ويتحسس عودة الضوء عندما ينعكس نحو مقياس ارتفاع السحاب من خلال أجسام توجد في مسيره. وبتحديد الوقت الفاصل بين الإرسال والاستقبال يحسب ارتفاع الجسيمات (مثل القطيرات المائية أو البلورات الثلجية في السحاب) فوق مقياس ارتفاع السحاب ويبلَّغ إلى مجموعة جمع المعطيات.

وتعتبر أجهزة قياس قاعدة ارتفاع السحاب أجهزة كشف وتحديد المدى (ليدار) (LIDAR). ويستند تحديد ارتفاع السحاب إلى التفسير الإلكتروني للإشارات العائدة المنتشرة خلفياً، التي تستند إلى معادلة (ليدار) (LIDAR):

$$Pr(h) = E_0 \times \frac{c}{2} \times \frac{A}{h^2} \times \beta(h) e^{-T} \quad (1)$$

حيث:

$Pr(h)$: القدرة الآنية المستقبلة من الارتفاع h (W)

E_0: طاقة نبضية فعلية معوِّضة لتوهين البصريات (J)

c: سرعة الضوء (m/s)

A: فتحة المستقبِل (m^2)

h: ارتفاع مصدر الإشارة العائدة المنتشرة خلفياً (m)

$\beta(h)$: معامل حجمي للانتثار الخلفي عند الارتفاع h، حصة الضوء التي يعكسها مقياس ارتفاع قاعدة السحاب (sr = steradian) ($m^{-1}sr^{-1}$)

T: الإرسال الجوي الذي يعطي القدرة المرسَلة والمنتشرة خلفياً حسب الإبطال عند ارتفاعات مختلفة بين المرسِل–المستقبِل وارتفاع الانتثار الخلفي، وهي تساوي 1 في الجو الصافي (أي حيث لا يوجد التوهين)؛ ويسمح هذا المصطلح في المعادلة LIDAR بتحديد أي الإشارات المنتشرة خلفياً من تفاعل السحب وأيُّها المنتشرة خلفياً نتيجة عوائق أخرى مثل الضباب أو الهواطل.

2.2 مقياس ارتفاع السحاب المعهود للنظام A

يسمح النظام A بقياس ارتفاع السحاب إلى حدود 3 700 m تقريباً. وهو يُستخدم إلى جانب أجهزة الرصد الجوي الأخرى، مثل محاسيس الرؤية والهواطل ودرجة الحرارة والندى، من أجل دعم عمليات الطيران وأنشطة التنبؤ بالأحوال الجوية.

ويحدد النظام A ارتفاع السحب بإرساله ليزراً نبضياً في الجو وقياس الوقت اللازم للإشارات المنتشرة خلفياً من جسيمات في الجو إن وُجدت، للوصول إلى مُستقبِل مجاور. وتُرسل نبضة ليزرية طول موجتها الاسمية (THz 331,8) 904 nm ومدتها

150 ns مرة واحدة لكل دورة قياس. ثم تُعالج قراءات المستقبِل كل 100 ns لـ 25,4 us، لتوفير 254 قيمة مخزونة لكل دورة قياس، وهو ما يمثل استبانة يبلغ ارتفاعها 15 m فوق 850 3 m. وفي كل دورة، يتم الحصول على ملمح عام للكثافة الفضائية بالنسبة لعمود الجو الرأسي الواقع مباشرة فوق مقياس ارتفاع السحاب، من 0 إلى 850 3 m، الذي يمكن تفسيره للحصول على المعطيات المتعلقة بارتفاع السحاب وطبقاته. ويحسب متوسط النتائج المستخلصة من دورات متعددة للتقليل إلى أدنى حد من آثار القراءات الخاطئة للمعطيات.

1.2.2 وحدة الإرسال

يرسل ديود ليزر بجاليوم زرنيخيد (GaAs) نبضات يبلغ طول موجتها 904 nm ويتراوح تردد تكرارها بين 620 Hz و1120 Hz. ويتحكم في تردد التكرار السليم جهاز معالجة بغية الحصول على متوسط ثابت للقدرة يبلغ 5 mW، مع ضبط اسمي في المصنع يبلغ 770 Hz.

وتُرسل كل نبضة ليزر تبلغ 30 درجة. وتُستخدم عدسة بقطر فعلي يبلغ 11,8 cm ومسافة بؤرية تبلغ 36,7 cm بهدف تبئير الحزمة الساقطة وتبلغ كثافة تدفق الإشعاع القصوى 50 $\mu W/cm^2$، وهي مقاسة بفتحة يبلغ قطرُها 7 mm.

وتزوّد وحدة الإرسال بجهاز لمراقبة الضوء يسمح بتحديد قدرة خرج الليزر وكذا قدرة ضوء السماء الواصل. وتستخدم صمام تأشير ثنائي ضوئي موجّه إلى الأسفل لمراقبة ناتج قدرة الليزر. ويكون تيار الضوء المحيط المسبب للتداخل في ذروة الاتساع، أقل بكثير من تيار نبضة الليزر، وبالتالي لا يؤثر على اشتقاق قدرة الليزر. وتبلغ ذروة قدرة الليزر المرسل 40 W. وتمثل إشارة خرج مراقبة قدرة الليزر دخلاً في لوحة المعالج الرئيسية، وتستعمل للحدّ من متوسط القدرة المرسلة بحيث تبلغ 5 mW. ويستخدم صمام تأشير ثنائي ضوئي موجه إلى الأعلى بانحراف أقصى عن الخط الرأسي البالغ 5,7 درجة، للتحكم في الضوء الواصل. وتُدخَل إشارة الصمام الثنائي الضوئي في مجموعة الدارات الشمسية الاختيارية ذات الغطاء المتحرك (إغلاقاً وفتحاً)، المناقشة أدناه، وفي جهاز المعالجة الرئيسي لأغراض المراقبة أيضاً. وتبلغ حساسية جهاز مراقبة ضوء السماء 0,4 A/W تقريباً. وتبلغ قدرة ضوء الشمس المباشر في سماء صافية الجو 200 1 W/m^2 تقريباً، مع تيار نموذجي يبلغ 1,1 mA. وتنتج السماء الزرقاء الصافية عادة تيار مراقبة ضوء السماء يبلغ 10 µA؛ في حين تنتج الأحوال المغلقة عادةً أقل من 1 µA.

وتزوَّد مقاييس ارتفاع السحاب المصمّمة وفقاً للنظام A والموضوعة في المناطق المدارية بين خط العرض 30 شمالاً وخط العرض 30 جنوباً بغطاء متحرك شمسي اختياري مركّب على وحدة الإرسال. ويحمي الغطاء ليزر الإرسال من التلف الذي ينجم عن ضوء الشمس المباشر. والغطاء مركّب على نحو يسمح بإغلاق عدسة الإرسال خلال الأوقات التي يمكن فيها لضوء الشمس المباشر الدخول إلى نظام العدسة. كما تزوَّد مقاييس ارتفاع السحاب، المجهزة بأغطية شمسية بوحدات استقبال خاصة بالمناطق المدارية، تشتمل على مرشاح وفدرة تثبيت مختلفين عن المرشاح والفدرة الموضوعين في وحدة المستقبل العادية.

2.2.2 وحدة الاستقبال

تُستخدم عدسة قطرها الفعلي يبلغ 11,8 cm وطولها البؤري 8,4 cm في تبئير الحزمات المنتشرة خلفياً من جُسيمات في الجو على ديود سليكون تأثل ايوني. وتتوقف حساسية الصمام الثنائي الضوئي على درجة الحرارة. ويُعوَّض ذلك بتحكم قائم على درجة الحرارة في فلطية انحيازية في مجموعة دارات المستقبل وهي مضبوطة في المصنع على درجة حرارة الغرفة من أجل الحصول على استجابة اسمية تبلغ 40 A/W.

ويُركَّب مرشاح للتداخل عرض نطاقه 5 nm على عدسة المستقبل لمنع إرسال ضوضاء إشعاع الخلفية. ويُركَّب مرشاح خاص على وحدات مزودة بغطاء متحرك شمسي اختياري.

3.2 النظام B لمقياس ارتفاع السحاب المعهود

إن مبادئ تشغيل مقياس ارتفاع السحاب على النظام A مطابقة لمبادئ تشغيل المقياس على النظام B مع بعض الاختلافات المشار إليها في النص التالي. فالنظام B يمكن استخدامه لتحديد ارتفاع السحاب وكذا الرؤى الرأسية على ارتفاع 300 7 m؛ كما يمكنه كشف ثلاث طبقات من السحب في نفس الوقت، وبالإضافة إلى ذلك يمكن تحديد وجود هواطل أو عوائق أخرى للرؤية.

1.3.2 وحدة الإرسال

يرسل ديود ليزر Indium Gallium Arsenide (InGaAs) نبضات طول موجتها 905 ± 5 nm (331,5 THz) خلال مدة تبلغ 100 ns، وبتردد متكرر يبلغ 5,57 kHz، وتبلغ ذروة قدرة الإرسال 16 W، وهو ما يسمح بالحصول على متوسط قدرة يساوي 8,9 mW.

2.3.2 وحدة الاستقبال

إن الغرض من تركيب مرشاح للتداخل عرض نطاقه 35 nm، ومركَّز على 908 nm، على عدسة مستقبل النظام B هو منع إرسال ضوضاء الإشعاع الخلفية، وتُضبط مقدرة الاستجابة في المصنع عند 65 A/W، و905 nm.

الجدول 1

خصائص مقاييس ارتفاع السحاب

المعلمة	النظام A	النظام B
الليزر والمقدرة البصرية للمرسل		
القدرة القصوى	40 W	10–20 W
المدة الزمنية (المستوى 50%)	135 ns (نموذجي)	20–100 ns (نموذجي)
الطاقة (القطر = 118 mm)	6,6 µWs	
تردد التكرار	120–620 Hz 1	5–10 kHz
المصدر	Gallium Arsenide (GaAs) Diode	Indium Gallium Arsenide (InGaAs) Diode
طول الموجة	904 nm	855/905/910 nm عند 25 °C
أسلوب التشغيل	نبضي	نبضي
طاقة النبضة المُرسلة	6 µJ ± 10%	1–2 µJ ± 20%
متوسط القدرة	5 mW	5–10 mW (مقياس كامل النطاق)
الكثافة القصوى لتدفق الإشعاع	50 meas. µW/cm^2 مع aperture ø 7 mm	170– 760 meas. µW/cm^2 مع aperture 7 mm
الطول البؤري لنظام البصريات	36,7 cm	35–40 cm
القطر الفعلي للعدسة	11,8 cm	6–15 cm
انحراف حزمة المرسل	2,5± mrad على الأكثر	0,4± - 0,7± mrad
إرسال العدسة	90% قيمة نموذجية	96% قيمة نموذجية
إرسال النافذة	97% (نموذجي، نظيف)	98% (نموذجي، نظيف)
بصريات المستقبِل		
الكاشف	Silicon avalanche photodiode	Silicon avalanche photodiode
المقدرة على الاستجابة	40 A/W, at 904 nm	65 A/W عند 905 nm
قطر المساحة	0,8 mm	0,5 mm
مرشاح تداخل	940 nm	908 nm طول الموجة المركزية (نموذجي)
مرشاح تمرير النطاق 50%	880–940 nm (نموذجي)	35 nm عند 880–925 nm (نموذجي)
مقدرة المرشاح على الإرسال في 904 nm	85% (قيمة نموذجية) 60% (على الأقل)	80% (قيمة نموذجية)، 70% (على الأقل)
الطول البؤري	15,0 cm	
القطر الفعلي لعدسة الاستقبال	11,8 cm	
انحراف عن مجال الرؤية	2,7± mrad	0,66± mrad
إرسال العدسة	90% (قيمة نموذجية)	96% (قيمة نموذجية)
إرسال النافذة	97% (قيمة نموذجية، نافذة نظيفة)	98% (قيمة نموذجية، نافذة نظيفة)

الجدول 1 (*نهاية*)

خصائص مقاييس ارتفاع السحاب

المعلمة	النظام A	النظام B
النظام البصري		
مسافة العدسة بين المُرسل والمستقبِل	cm 30,1	
المسافة التي تدخل عندها حزمة الليزر مجال رؤية المستقبِل	m 30	
المسافة التي تشغل عندها حزمة الليزر 90% من مجال رؤية المستقبِل	m 300	
Performance		
مدى القياس	0 إلى m 3 700	0 إلى 300 7–13 000 m
الاستبانة	m 15	m 15-3
مدة الحيازة	30 ثانية على الأكثر، (بالنسبة لمسافة تبلغ 3 658 متراً)	s 120-2
عرض نطاق النظام (dB 3)	MHz 10 مع كسب منخفض، MHz 3 مع كسب مرتفع	MHz 3
الهواطل المسموح بها	تصل إلى mm 7,5 في الساعة، مدى – محدود	

3 المحاسيس الخاصة بقابلية الرؤية

1.3 الخصائص التقنية لمحاسيس تحديد قابلية الرؤية

تستخدم محاسيس تحديد قابلية الرؤية في توفير أداة لحساب مستوى الرؤية الجاري بشكل تلقائي، وكذا للإشارة إلى حالة الرؤية في النهار/الليل. ويتمثل أسلوب الرصد الجوي المعهود لقياس الرؤية في تحديد المسافة القصوى التي يمكن عندها رؤية هدف أسود عبر خلفية من الضباب/السحاب. وتوفر محاسيس تحديد قابلية الرؤية قياساً أوتوماتياً لقابلية الرؤية. وبمحساس لتحديد قابلية الرؤية يُقاس المدى البصري للأحوال الجوية (الرؤية) باستخدام تقنية الانتثار الأمامي. وتنطوي هذه التقنية على إرسال منصة ضوء زنون عبر قسم من الجو (ينثر الضوء) وقياس مستوى الضوء المنتثر لتحديد الخسارة. ويُحسب معامل الانطفاء انطلاقاً من كمية الضوء المستقبَلة من مصدر الضوء المنتثر من مصباح الزينون المُطلِق للوميض. ثم يُحوّل هذا المعامل إلى قيمة خاصة بالرؤية. كما يقوم المحساس بإجراء عمليات الحساب ويقدم بياناً في النهار أو الليل مستمداً من محساس للضوء المحيط.

2.3 أنظمة محاسيس تحديد قابلية الرؤية المعهودة

يستطيع المحساس المعهود تقديم معامل انطفاء مكافئ لقابلية الرؤية لمسافة تصل إلى km 16 وتشمل km 16. وتشير وحدة النهار/الليل إلى الأحوال بالنهار أو الليل بحسب مستويات الضوء المحيط وتعمل في مستويات ضوء محيط تصل إلى lux 540. ويشير محساس النهار/الليل إلى طلوع النهار عندما تتجاوز الإضاءة Lux 32 وإلى حلول الليل عندما تقل الإضاءة عن lux 5. ويحدث الانتقال من الإشارة إلى النهار إلى الإشارة إلى الليل مرة واحدة في المنطقة عندما تنتقل الإضاءة من lux 32 إلى lux 5 (مع تناقص الإضاءة)، بينما يحدث الانتقال من الإشارة إلى الليل إلى الإشارة إلى النهار عندما تنتقل الإضاءة مرة واحدة في المنطقة من lux 5 إلى lux 32 (مع تزايد الإضاءة). وتكون إشارة المحساس الخاصة بالنهار/الليل في نفس اتجاه المستقبِل.

ويمتلك المحساس إما مرشاحاً أو اثنين لمنع التداخل الكهرمغنطيسي (بحسب النموذج) الكائن في العلبة الإلكترونية.

1.2.3 وحدة الإرسال

ترسل وحدة الإرسال ومضات مصباح زنّون لإطلاق ضوء مرئي من أجل انتشاره. ويُركّز الضوء في منطقة الانتشار بواسطة عدسة ثابتة مدمجة في وحدة الإرسال.

2.2.3 وحدة الاستقبال

تكشف وحدة الاستقبال ضوء زنّون المرسل بعد انتشاره في الجو. والكاشف عبارة عن ديود ضوئي PIN مركب في علبة المستقبل. ويُركز الضوء على الديود بواسطة عدسة ثابتة مدمجة في وحدة الاستقبال. ويحوِّل الديود الضوئي الطاقة الضوئية إلى تيار كهربائي بغرض معالجة الإشارة.

والوحدة نهار/ليل عبارة عن فوتومتر (مقياس ضوئي) يكشف الضوء بواسطة ديود ضوئي مركب وراء نافذة نظيفة. ويوضع الديود الضوئي على نحوٍ يكون مجال الرؤية فيه يبلغ 6 درجات فوق الأفق.

الجدول 2

محاسيس تحديد قابلية الرؤية

المعلمة	النظام A	النظام B
المصدر	مصباح وميض بالزنّون	مصباح LED بالأشعة تحت الحمراء
طول الموجة	100-400 nm 1	100-400 nm 1
تردد تكرار النبضات	1-0,1 Hz	1 Hz
محساس مُستقبِل	ديود ضوئي PIN	ديود ضوئي سيليكون
اتجاه التسديد الرئيسي	أفقي	20 درجة تحت خط الأفق
مجال الرؤية	6° فوق خط الأفق	9 mrad
عرض نطاق المستقبِل	700-400 nm	700-400 nm
مستوى تلف المحساس البصري	أكبر من ضوء الشمس المباشر	أكبر من ضوء الشمس المباشر
مدى قياس المحساس لقابلية الرؤية	يصل إلى 16 km	يصل إلى 75 km

4 محاسيس الهواطل

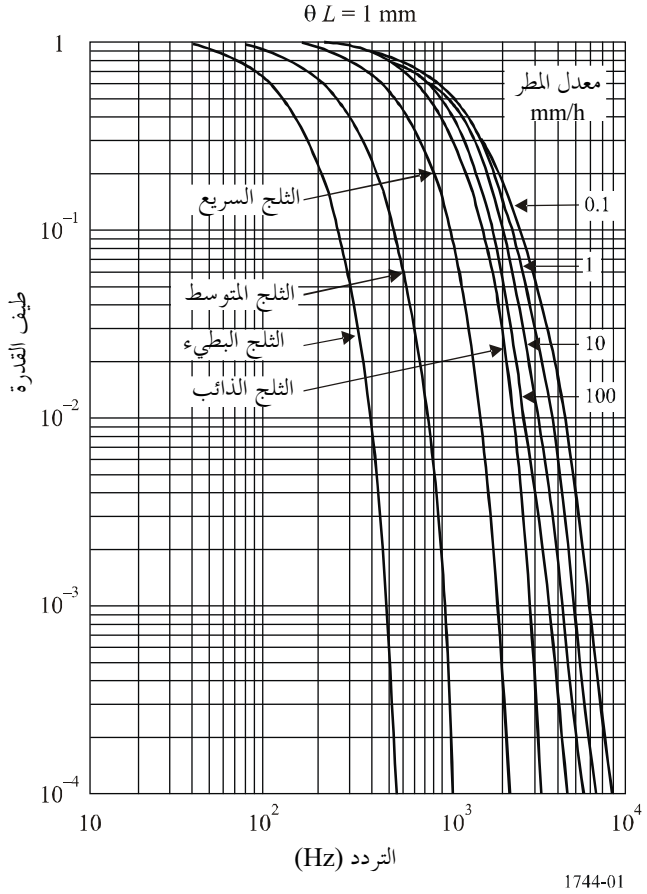
1.4 الخصائص التقنية

تستخدم محاسيس الهواطل، المعروفة أيضاً باسم محاسيس الانتشار الأمامي لتوفير تقييم لحدوث الهواطل (الحقيقي وغير الحقيقي)، وفي حالة حدوثها، تقييم خصائص تلك الهواطل (المطر والثلج وما إلى ذلك) إن وُجدت. كما تستخدم لقياس القابلية للرؤية. وقد ركّزت أساليب قياس معلمات الهواطل على استعمال التكنولوجيات البصرية أو تكنولوجيات الموجات الصغرية. وتختلف المعلمات المقاسة تبعاً للتوهين (أو الانطفاء)، أو الانتشار، أو تأثير دوبلر، أو ومض مصادر الطاقة من المرسل إلى المستقبِل.

وتستفيد محاسيس الهواطل المذكورة في هذه الوثيقة من تأثير الانتشار الذي يحدث عندما تتفاعل جُسَيمة مسببة للتداخل (هاطل) مع مصدر ضوئي متماسك إلى حد ما. وتؤدي عمليات انتشار الضوء الساقط المستحثة بجسيمات إلى ومضات على المستقبِل. وتسقط الومضات المستحثة بجسيمات الطقس عبر حزمة بصرية وتُستَشعَر، ويُحسب متوسطها لقياس معلمات الهواطِل. ويختلف طيف الترددات الزمنية للومضات المستحثة حسب حجم وسرعة الهواطل. ويبين الشكل 1 أطياف القدرة المنطبقة على مختلف معدلات الأمطار وأنماط الثلج.

الشكل 1

طيف القدرة الزمنية للوميض المستحث ثلجياً–أطياف القدرة لمعدلات الأمطار المختلفة مبينة لغرض المقارنة



لا تكشف تكنولوجيا الوميض إلا الإشارات المستحثة بفعل جُسيمات متحركة، ومن ثم فهي محصنة من أنواع التلوث التي يسببها الضباب أو السديم أو التراب أو الدخان. ويعزز استعمال فتحة الاستقبال الأفقية أيضاً التمييز بين الحركة الأفقية والحركة الرأسية التي هي المكوِّن الأولي للهواطل الساقطة. وتُستعمل شدة الإشارة الحاملة داخل الحزمة لمعايرة الومضات من أجل استبعاد الأخطاء التي تسببها تغيرات شدة المصدر والقذارة على الأجهزة البصرية، وما إلى ذلك.

2.4 نظام استشعار الهواطل المعهود

تستعمل محاسيس الهواطل وميض مصدر الضوء المستحثّ بفعل الطقس أو الجُسيمات من مثل نظام ديود المُرسل بالأشعة تحت الحمراء (IRED) لتحديد حالة ونمط الهواطل (المطر، الثلج، الرذاذ، وما إلى ذلك). ولقياس شدة الهواطل. ويحتوي المحساس عادة على وحدتين رئيسيتين: إطار على شكل حرف U وعلبة كهربائية رئيسية. ويُثبت رأسا المرسل والمستقبِل على الحواف المقابلة للإطار المُشكَّل على هيئة حرف U وتبلغ المسافة بين الرأسين، بوجه عام، عادة متراً واحداً.

ويُحسب طيف القدرة الزمنية للوميض المكتشف من خلال معالِج داخلي ويُقارن بالقيم المرجعية المعايَرة لتحديد معلَمَات الهواطل الجارية. وتنتج أطياف القدرة المستحثّة بالهواطل في إطار هذا النظام طاقة دنيا تكون عادة أكبر من 5 kHz، ثم يُشكَّل البث المُرسل بإشارة موجة حاملة لضمان إصدار إشارة ملائمة إلى نسبة الضوضاء في إطار شتى أنماط تلوث الضوء الخلفية. وهذه الإشارة المشكّلة بالموجة الحاملة هي الاتساع المشكَّل بفعل الجُسيمات الساقطة من خلال الحزمة. وتستعمل الوحدة البصرية للمستقبِل فتحة خط أفقي لكي تكون حساسة إزاء الحركة الرأسية للهاطل.

وللحد من مخاطر المشاكل المرتبطة بأنماط التداخل الكهرمغنطيسي (EMI/ *التداخل الكهرمغنطيسي*) أو أنواع التداخل الراديوكهربية (RFI/ *تداخل الترددات الراديوية*)، فإن حماية العلبة الإلكترونية الرئيسية تُضمن من خلال طوق من مطاط السيليكون لمنع التسرُّب يُثبّت في أسلاك موجهة مصنوعة من المونيل.

1.2.4 وحدة الإرسال

يُستعمل محساس الهواطل عادة ديود إرسال تحت الأحمر باعتباره مصدر إرساله. ويتم تركيز مصدر الإرسال من خلال عدسة كائنة في وحدة الإرسال.

2.2.4 وحدة الاستقبال

يُكتشف الضوء المشكَّل عادة عن طريق ديود ضوئي PIN. وتُستعمل زاوية استقبال أكثر اتساعاً بالنسبة لجهاز الاستقبال للتقليل إلى أدنى حد من تقلُّبات الإشارات التي يسببها اهتزاز جهاز التثبيت. ويستعمل المستقبِل نمط العدسة ذاته الذي يستعمله المُرسل.

الجدول 3

خصائص محساس الهواطل

المعلمة	النظام A	النظام B
مصدر الإرسال	LED بالأشعة تحت الحمراء	ديود
طول موجة المصدر	nm 880	nm 920-870
القدرة المُرسَلة	Wm 10	Wm 20-2
خصائص العدسة	f3,5/nm 175	غير محددة
تردد التشكيل	غير محدد	kHz 4,0-2,0
محساس المستقبِل	ديود ضوئي PIN	ديود ضوئي سيليكون
عرض النطاق المستقبِل	nm 1 100-780	nm 1 100-780
حجم قالب التشكيل	mm^2 2,75	غير محدد
خصائص العدسة	f3,5/mm 175	غير محددة
جهاز تثبيت المرشاح	فاصل 1 مم موجه أفقياً من مرشاح أشعة تحت الحمراء 87C	مرشاح IF
مستوى تلف محساس الاستقبال	أعلى من مستوى ضوء الشمس المباشر	أعلى من مستوى ضوء الشمس المباشر
اتجاه الرؤية الرئيسية	أفقي	º20 أدنى من خط الأفق
مجال رؤية المستقبِل	mrad 100	mrad 100
طول المسير البصري	m 0,5	m 3,0-1,0

5 محاسيس أشعة الشمس

محاسيس أشعة الشمس هي أجهزة استشعار منفعلة تستعمل للقياس الأوتوماتي للإشعاع الشامل والمنتشر من الشمس وكذلك مدة أشعة الشمس الساطعة أثناء النهار. وتستعمل محاسيس أشعة الشمس في طائفة واسعة من التطبيقات التي تعتمد جميعاً على كشف حالة أشعة الشمس الساطعة و/أو مستوى الإشعاع الشمسي. وتعريف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) لأشعة الشمس الساطعة هو مستوى الضوء أعلى 120 W/m^2 في الحزمة الشمسية المباشرة. وتستعمل محاسيس أشعة الشمس بوضوح بالنسبة للأرصاد الجوية التشغيلية وفي بحوث الأرصاد الجوية، لكنها تستعمل أيضاً في تطبيقات من مثل تدفئة/تبريد المباني، وإدارة ظل الشمس، والهندسة الزراعية، والزراعة وعلم المناخ.

وهناك أنماط محاسيس مختلفة عديدة قيد الاستعمال لكنها جميعاً تعمل استناداً إلى المبدأ الأساسي ذاته. وتحتوي وحدة المحساس على ديود ضوئي أو أكثر وتحتوي بعض الوحدات على عدد كبير من الديودات الطيفية. ويكمُن الاختلاف في التصميم بين الأنظمة في الكيفية التي يُكتشف بها قياس ضوء الشمس المنتثر والمباشر. ولكشف المعلَمَتين، ينبغي أن يكون المحساس قادراً على وضع محساس في ضوء الشمس المباشر في أي وقت أثناء النهار، وينبغي أن يكون قادراً أيضاً على حجب محساس واحد على الأقل عن ضوء الشمس المباشر. وتختلف الطريقة التي تُحجَب بها المكاشيف الضوئية عن ضوء الشمس. فبعض الأجهزة يستعمل حلقة حجب توضع بين المحساس والقوس الذي تعبره الشمس أثناء النهار. وتقوم أجهزة أخرى بتدوير المحساس على محور بحيث يتعرض بصورة متعاقبة لضوء الشمس المباشر والمنتثر، وثمة نمط ثالث يحتوي على صفيفة من المحاسيس ذات ستار حاجب يوضع بحيث يكون أحد المحاسيس محجوباً على الدوام والآخر معرضاً بشكل مباشر للشمس في أي وقت أثناء النهار.

الجدول 4

خصائص محاسيس أشعة الشمس

المعلَمَة	النظام A
نمط المِكشاف	ديود ضوئي
نمط نظام الحجب	شبكة من الديود الضوئي
مدى الحساسية PAR	0-2 500 µmol/m^{2}s
استبانة قياس PAR	0,6 µmol/ m^{2}s
مدى حساسية الطاقة	1 250 W/m^2
استبانة قياس الطاقة	0,3 W/m^2
مدى حساسية النصوع	0-200 klux
استبانة قياس النصوع	0,06 klux
عرض نطاق الاستجابة الطيفية	400-700 nm
وقت الاستجابة	200> ms

6 محاسيس النصوع

محاسيس النصوع هي أنظمة لقياس نصوع خلفية الجو. ويؤثر هذا النصوع على تقييم القابلية للرؤية التي تُقاس بالمحاسيس المحددة لقابلية الرؤية (transmissometers). وهي أجهزة منفعلة مماثلة لمحاسيس أشعة الشمس إلى حد كبير.

الجدول 5

خصائص محاسيس النصوع

المَعلَمة	النظام A	النظام B
نمط المِكشاف	ديود ضوئي سيليكون	ديود ضوئي سيليكون
مدى حساسية النصوع	غير محدد	2-40 000 cd/m^2
استبانة قياس النصوع	غير محددة	1 cd/m^2
عرض نطاق الاستجابة الطيفية	400-700 nm	400-700 nm
اتجاه الرؤية الرئيسي	30º فوق خط الأفق	30º فوق خط الأفق
مجال رؤية المستقبِل	87 Mrad	105 mrad
مستوى انطفاء المحساس	أعلى من مستوى ضوء الشمس المباشر	أعلى من مستوى ضوء الشمس المباشر